

Evaluación de la eficacia de distintas soluciones fungicidas para el control de enfermedades foliares del cultivo de Maíz

Avaliação da eficácia de diferentes soluções fungicidas para o controle de doenças foliares na cultura do milho

DOI: 10.34188/bjaerv6n4-024

Recebimento dos originais: 05/08/2023

Aceitação para publicação: 30/09/2023

Víctor Manuel Guamán-Sarango

Doctor in Agricultural Science for Swedish University of Agricultural Sciences

Instituição: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Endereço: Ecuador, Quevedo, Av. Quito, km. 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas

E-mail: vguaman@uteq.edu.ec

Jheferson Estalin Estrada-Miguez

Ingeniero Agrónomo por la Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Instituição: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Endereço: Ecuador, Quevedo, Av. Quito, km. 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas

E-mail: jheferson.estrada2016@uteq.edu.ec

Carlos Alberto Nieto-Cañarte

Máster en Planificación Territorial y Gestión Ambiental por la Universitat de Barcelona

Instituição: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Endereço: Ecuador, Quevedo, Av. Quito, km. 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas

E-mail: cnieto@uteq.edu.ec

Carmen Alexandra Sinchi-Rivas

Máster Universitario en Química Orgánica por la Universidad de Valencia

Instituição: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Endereço: Ecuador, Quevedo, Av. Quito, km. 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas

E-mail: csinchi@uteq.edu.ec

Angelita Leonor Bosquez-Mestanza

Magister en Educación (Matemática) por la Universidad Nacional de Educación

Instituição: Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Endereço: Ecuador, Quevedo, Av. Quito, km. 1½ vía a Santo Domingo de los Tsáchilas

E-mail: abosquezm@uteq.edu.ec

RESUMEN

Para evaluar el impacto de diversas soluciones fungicidas en el rendimiento y las características agronómicas del cultivo de maíz, se implementó un experimento con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El primer tratamiento involucró la aplicación de los fungicidas Lictus, Renaste y Abacus, mientras que el segundo consistió en Bravo y Pamona. El tercero utilizó Kempro y TopGun, y el cuarto fue un grupo de control sin tratamiento fungicida. Se realizó un análisis de varianza en los datos recopilados y se llevaron a cabo comparaciones de medias entre tratamientos mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados revelaron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de las variables estudiadas. En lo que respecta a las características agronómicas, se observó una uniformidad en los

promedios del diámetro del tallo, pero se destacó una clara superioridad del primer tratamiento en la altura de las plantas. Este patrón se repitió en los parámetros productivos, incluyendo la longitud y el diámetro de las mazorcas, el peso de 100 semillas y el rendimiento del grano (t ha⁻¹), a excepción del número de hileras de mazorcas, en el cual no se identificaron diferencias estadísticas significativas. Además, se registró una baja incidencia de enfermedades foliares en todos los tratamientos, y no se identificaron daños visibles relacionados con estas enfermedades, ni siquiera en el grupo de control.

Palabras clave: Beneficios fisiológicos, Fitosanidad, Productividad

RESUMO

Para avaliar o impacto de várias soluções fungicidas no desempenho e nas características agrônômicas da cultura do milho, foi implementado um experimento com um desenho de blocos completamente aleatórios (DCAA) com quatro tratamentos e quatro repetições. O primeiro tratamento envolveu a aplicação dos fungicidas Lictus, Renaste e Abacus, enquanto o segundo consistiu em Bravo e Pamoná. O terceiro usou Kempro e TopGun, e o quarto foi um grupo de controle sem tratamento fungicida. Uma análise de variância nos dados coletados foi realizada e comparações de médias entre tratamentos foram realizadas por meio do teste de Tukey ($P \leq 0.05$). Os resultados revelaram diferenças estatisticamente significativas na maioria das variáveis estudadas. Em relação às características agrônômicas, foi observada uniformidade nas médias do diâmetro do caule, mas houve uma clara superioridade do primeiro tratamento na altura das plantas. Esse padrão se repetiu nos parâmetros produtivos, incluindo o comprimento e diâmetro das espigas, o peso de 100 sementes e o rendimento do grão (t/ha), com exceção do número de fileiras de espigas, no qual não foram identificadas diferenças estatísticas significativas. Além disso, houve baixa incidência de doenças foliares em todos os tratamentos, e não foram identificados danos visíveis relacionados a essas doenças, nem mesmo no grupo de controle.

Palavras-chave: Benefícios fisiológicos, Fitossanidade, Produtividade

1 INTRODUCCIÓN

El maíz, una de las principales plantas de la familia de las gramíneas en todo el mundo, comparte su importancia con cultivos como el trigo y el arroz, y juega un papel fundamental en la agricultura a nivel global. Su historia abarca aproximadamente seis milenios y ha dejado una huella significativa en la cultura de diversas regiones, entre ellas el antiguo asentamiento Valdivia en la costa ecuatoriana, donde se empleaba tanto con fines alimenticios como en la construcción de viviendas (García, 2019). En Ecuador, el maíz representa un pilar fundamental en la dieta de la población, y la región costera, en particular las provincias de Guayas, El Oro, Manabí y Los Ríos, brinda condiciones geoclimáticas y edáficas idóneas para su cultivo (FAO, 2023). Según datos proporcionados por el Banco Central del Ecuador durante el periodo 2018 y los resultados del III Censo Nacional Agropecuario, en 2013 se registraron 349 000 hectáreas destinadas al cultivo de maíz, lo que representó aproximadamente el 12% del total de tierras agrícolas en el país. Sin embargo, en los años 2014 y 2015, se experimentó una leve disminución en estas cifras, llegando a

su punto más bajo en 2016 con una reducción del 14%. A partir de 2017, se observó un inicio de recuperación en la superficie cultivada con maíz (BCE, 2018).

El cultivo de maíz se enfrenta a una amplia gama de plagas y enfermedades, lo que demanda una atención constante desde la siembra hasta la cosecha. A pesar de los avances en fitomejoramiento que han permitido desarrollar variedades de maíz más resistentes a patógenos e insectos, diversos factores inciden en la incidencia de plagas y enfermedades, incluyendo las condiciones climáticas, las prácticas de manejo, el control fitosanitario y la rotación de cultivos (Loza, 2017). No obstante, el maíz es susceptible a múltiples enfermedades fúngicas, lo que ha propiciado un aumento en la aplicación de fungicidas foliares (Agrosavia, 2018). La incidencia de estas enfermedades varía según factores como el genotipo, la fecha de siembra, el clima, las prácticas agrícolas y la preparación del suelo (William et al., 2019). Específicamente, las enfermedades fúngicas predominan en zonas tropicales y subtropicales, donde la humedad relativa propicia la proliferación de patógenos (Huerta et al., 2009). Entre las enfermedades fúngicas más destacadas en el maíz se encuentran la mancha de asfalto (*Phyllachora m.*), la mancha foliar por *Cercospora* (*Cercospora zea-maydis*, *C. sorghi* var. *Maydis*), el tizón gris (*Helminthosporium maydis*) y la mancha por *Curvularia* (*Curvularia* spp.). Estas enfermedades pueden ser altamente destructivas, especialmente en las etapas tempranas del cultivo, lo que resulta en pérdidas significativas para los agricultores, que a menudo carecen de medios efectivos para combatirlos (Silva, 2019). Se prevé que la producción global de maíz se enfrente a desafíos considerables en los próximos años, lo que subraya la importancia de emplear fungicidas altamente eficaces en la agricultura. Esta estrategia se convierte en una alternativa esencial para contrarrestar las pérdidas significativas en cultivos de alto valor económico como el maíz. La aplicación oportuna de fungicidas está influenciada por una serie de factores, que incluyen las condiciones climáticas, el estado del cultivo, la salud general de las plantas y la intensidad de las enfermedades presentes. Sin embargo, es fundamental destacar que la efectividad de estos productos está directamente relacionada con su calidad y composición (Zúñiga et al., 2023).

En Ecuador, se ha observado un aumento en la aplicación de productos fungicidas en el cultivo de maíz, particularmente a través de tratamientos foliares. Esta estrategia se ha convertido en una práctica complementaria esencial para garantizar un control efectivo de las enfermedades foliares ocasionadas por hongos en el maíz. Estos tratamientos buscan establecer un estado fisiológico óptimo durante etapas críticas, como la floración, lo que se traduce en una cobertura integral en la zona entre las hileras del cultivo. Esta cobertura favorece un aumento en las tasas de crecimiento y promueve una redistribución de fotoasimilados hacia las espigas, lo que resulta en una mayor calidad y productividad de los granos (Manzo et al. 2023). Es relevante destacar que

estas enfermedades foliares pueden provocar daños significativos en los tejidos fotosintéticos de las plantas, debido al incremento en el tamaño y número de lesiones generadas por los patógenos (Díaz et al., 2012; Muñoz, 2015). Estos deterioros pueden incidir negativamente en la capacidad de las plantas para llevar a cabo la fotosíntesis y, como resultado, en su rendimiento. Por tanto, el empleo de fungicidas foliares se ha transformado en una estrategia crítica para preservar la salud y la productividad del cultivo de maíz, especialmente en contextos donde las enfermedades foliares representan una amenaza constante. En la actualidad, se encuentran disponibles fungicidas foliares que incorporan la tecnología AgCelence®, la cual, además de controlar una amplia gama de problemas fúngicos en el maíz, potencia la capacidad fotosintética de la planta, facilitando una mayor asimilación de dióxido de carbono. Este avance tecnológico promueve un desarrollo más saludable y vigoroso de las plantas de maíz, lo que a su vez se traduce en una mejora sustancial en la producción y calidad de los cultivos.

En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de varios productos fungicidas tradicionalmente utilizados por los agricultores en la provincia de Los Ríos, Ecuador, en el cultivo de maíz, con la finalidad de determinar cómo estos tratamientos influyen en los aspectos productivos y agronómicos del cultivo.

La justificación de la investigación se enfoca en las contribuciones teóricas y prácticas del trabajo: En términos teóricos, el estudio busca ampliar el conocimiento sobre el control de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz, específicamente en relación con el uso de la solución AgCelence de BASF. Además, el trabajo se basa en una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre el tema, lo que permite una evaluación crítica y rigurosa de los resultados obtenidos. En términos prácticos, la investigación tiene como objetivo proporcionar información valiosa para los agricultores y otros profesionales del sector agrícola, que puedan utilizarla para mejorar la producción de maíz y reducir las pérdidas causadas por enfermedades foliares fúngicas. Además, el estudio puede ser de interés para las empresas que producen soluciones para el control de enfermedades en cultivos agrícolas, ya que puede proporcionar información sobre la eficacia de sus productos.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se ejecutó en los predios del Campus Experimental La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, localizada en el kilómetro 7½ de la Vía Quevedo - El Empalme de la provincia de Los Ríos, con coordenadas geográficas: 01°04'46'' latitud Sur y 79°30'09'' longitud Oeste, a una altura de 65 msnm. La evaluación de los tratamientos en campo se realizó con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con cuatro repeticiones. Se

realizó un análisis de la varianza (ANOVA) y para comparar las medias obtenidas por cada tratamiento se empleó la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los datos se analizaron con el software InfoStat v. 2020.

Las aplicaciones de fungicidas se llevaron a cabo con una mochila manual de presión constante equipada con una boquilla de tipo cono hueco. Todas las parcelas recibieron una dosis uniforme de fertilizantes compuesta por fósforo (P), nitrógeno (N) y potasio (K). A lo largo del ciclo del cultivo, se realizaron tres aplicaciones de fertilizantes: a los 7 días después de la siembra, a los 20 días después de la siembra y a los 30 días después de la siembra. La cantidad total aplicada fue de 100 kg de nitrógeno, 30 kg de fósforo y 110 kg de potasio por hectárea.

El ensayo comprendió un área de 7972 m² para el cultivo del maíz, utilizando el híbrido ADV 9139. Esta área se dividió en 4 bloques, cada uno con 4 tratamientos. Se aplicaron prácticas agronómicas convencionales hasta que las plantas alcanzaron los 24 días después de la germinación (DDG), momento en el cual se procedió a administrar la primera aplicación de los tratamientos designados. El tratamiento 1 comprendió la aplicación de los fungicidas Lictus, Renaste y Abacus. El tratamiento 2 incluyó los fungicidas Bravo y Pamona. El tratamiento 3 consistió en la utilización de los productos Kempro y TopGun, y el tratamiento 4 fue un control. Las dosis utilizadas y fechas exactas de aplicación se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Calendario de aplicación de los productos que conformaron los tratamientos

Tratamiento	Productos	Dosis l/ha	Días de aplicación
1	Lictus	0.50	A los 29 días post-siembra
	Renaste	0.75	A los 43 días post-siembra
	Abacus	0.40	A los 64 días post-siembra
2	Bravo	1.00	A los 29 días post-siembra
	Pamona	0.40	A los 43 días post-siembra
3	Kempro	0.75	A los 29 días post-siembra
	Topgun	0.50	A los 43 días post-siembra
4	Ninguno	0.00	Sin asperjar

Fuente: Elaboración propia (2023)

A cosecha se evaluaron los componentes del rendimiento, altura de la planta (m), el diámetro del tallo (cm), el número de hileras de mazorcas, la longitud de las mazorcas (cm), el diámetro de las mazorcas (cm), el peso de 100 semillas (g) y el rendimiento del grano (t ha⁻¹). La cosecha se realizó de forma manual.

Las evaluaciones para determinar la severidad de las enfermedades foliares se realizaron a los 22, 36 y 57 días después de la siembra. La escala de evaluación de la severidad se basó en una escala visual de 5 niveles, que varía desde "Sin daño" hasta "Severo", siguiendo la clasificación propuesta por Peterson et al. (1948).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes del rendimiento

La altura de la planta es un parámetro agronómico de gran relevancia, ya que influye en la velocidad de crecimiento, la acumulación de biomasa y, en última instancia, la cantidad de nutrientes generados a través de la fotosíntesis. Estos nutrientes son posteriormente trasladados a las mazorcas durante el proceso de llenado de los granos (Peña et al., 2006). De acuerdo con Sánchez et al. (2011), se ha observado que los híbridos de maíz con menor rendimiento suelen presentar plantas más bajas, lo que se traduce en una menor área foliar. Esta condición puede estar relacionada con diversos factores que han sido investigados en estudios previos, tales como las características genéticas del material, la fertilización con nitrógeno y la densidad de siembra (Tamayo, 2014; Intriago & Torres, 2018).

La variable de Altura de planta reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). Los tratamientos T2 (Bravo, Pamona) y T1 (Lictus, Renaste, Abacus) exhibieron diferencias estadísticas con alturas promedio de 1.98 y 1.97 m, respectivamente, en comparación con T3 (Kempro, TopGun), que registró un promedio más bajo de 1.91 m. Por otro lado, el tratamiento T4 (Testigo) presentó una altura promedio de 1.94 m. Las variables Diámetro del tallo y número de hileras de mazorca no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P > 0.05$) (Tabla 2).

Tabla 2. Promedios de altura de planta y número de hileras de mazorcas en respuesta a la aplicación de diversos fungicidas

Tratamiento	Diámetro de tallo (cm)*	Número de hileras de mazorcas*
T1	1.90 a	14.80 a
T2	1.95 a	14.75 a
T3	1.96 a	14.95 a
T4	1.96 a	14.35 a
Promedio	1.94	14.71
C.V. (%)	11.96	8.44

Fuente: Elaboración propia (2023)

* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

Sin embargo, es interesante destacar que, a pesar de que en este experimento se utilizaron el mismo tipo de semilla, la misma densidad de siembra y un plan de fertilización semejante en todos los tratamientos, se pudo observar que la aplicación de tratamientos fungicidas, como los presentes en T1 y T2, resultó en un aumento en la altura de las plantas. Esto difiere de lo que se concluyó en el estudio de Masaquiza (2016), en el que se evaluaron varios fungicidas en parcelas de maíz de la variedad "Caramelo" y se determinó que estos productos no tenían un impacto significativo en la altura de las plantas. Por lo tanto, se sugirió que la altura de la planta está más relacionada con las características genéticas de la variedad que con los efectos de los productos utilizados. Este hallazgo se asemeja a los resultados del estudio de Pazmiño (2017), en el que no se encontraron diferencias significativas en la altura de la planta a los 39, 50 y 80 días después de la aplicación de fungicidas, lo que sugiere que la aplicación de fungicidas no tuvo un efecto discernible en la altura de las plantas. Esto indica que las plantas mantuvieron un comportamiento similar en cuanto a su susceptibilidad o resistencia a enfermedades.

Se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$) con relación a la variable Longitud de la mazorca. El T1 mostró un promedio de 18.16, siendo estadísticamente superior a T2 (17.59), T3 (17.44) y T4 (17.10).

En lo que concierne a las mazorcas de maíz, es fundamental dar prioridad a la longitud de la mazorca en lugar del número de filas que contiene. El rango ideal para el número de filas se sitúa en torno a las 16, y la longitud óptima se acerca a los 20 cm (Marín, 2015). En este contexto, el tratamiento T1 sobresalió al acercarse más a este ideal, presentando un promedio de 18.16 cm, lo que resultó estadísticamente superior en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Es de relevancia destacar que la capacidad biológica para el crecimiento y desarrollo funcional de las mazorcas está influenciada por una variedad de factores, que incluyen la genética de la planta, la variedad o híbrido utilizado, las condiciones del cultivo y factores ambientales. Estos elementos afectan las características que determinan los componentes de la producción, como la longitud de las mazorcas, que a su vez se encuentra estrechamente relacionada con el rendimiento del grano (Borroel et al., 2018). En este contexto, los resultados observados en la variable de longitud de la mazorca respaldan esta correlación, ya que el tratamiento T1 se destacó tanto en longitud de la mazorca como en rendimiento del grano.

La variable Diámetro de la mazorca reveló diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$), con T1 y T2 siendo los tratamientos estadísticamente diferentes y mostrando promedios de 4.73 y 4.65 cm, respectivamente. T4 exhibió un promedio más bajo con 4.61 cm, mientras que T3 registró un promedio de 4.60 cm.

Según Pavón y Zapata (2012), el diámetro de la mazorca en el maíz es una característica influenciada por factores genéticos y afectada por condiciones edáficas, nutricionales y ambientales. Para lograr un diámetro óptimo de la mazorca, se requiere una actividad fotosintética adecuada, una absorción eficiente de agua y nutrientes. Cualquier desventaja en estos aspectos puede afectar negativamente el tamaño de la mazorca en desarrollo, lo que, a su vez, se traduce en un diámetro más pequeño y, en última instancia, en rendimientos más bajos. Esta afirmación se encuentra respaldada por Wong et al. (2007), quienes observaron que tanto el diámetro de la mazorca como su longitud influyen en la cantidad de granos por mazorca por unidad de superficie y, en consecuencia, en el rendimiento. Los resultados de esta investigación respaldan esta teoría, ya que la influencia de la gestión fitosanitaria, especialmente a través del uso de fungicidas, se refleja en varias variables relacionadas con la productividad. En este caso, tanto T1 como T2, tratamientos que recibieron fungicidas, superaron significativamente el promedio obtenido por el testigo T4, que no recibió tratamientos fungicidas. Es importante señalar que los valores registrados en esta variable no representan el máximo potencial alcanzable en cultivos experimentales de maíz, ya que existen numerosos estudios con diversos materiales y condiciones que han superado los valores obtenidos en esta investigación. Por ejemplo, Jiménez y Carrillo (2005), logró un diámetro de mazorca promedio de 4.9 cm en su trabajo.

La variable Peso de 100 semillas mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). El tratamiento que destacó de manera significativa fue T1, con un promedio de 42g. Le siguió T3 con 41g y T2 con 40.75g. El tratamiento testigo (T4) con un promedio de 39.25g.

En relación con los resultados obtenidos, es relevante mencionar lo señalado por Ledesma (2013), quien sugiere que, por lo general, los híbridos de maíz que logran mayores rendimientos también tienden a registrar valores más altos en variables como el peso de 100 semillas, el número de hileras, la longitud y el diámetro de la mazorca. Esto se debe a que estos atributos presentan una correlación directa con el rendimiento (Velez, 2019). En este contexto, en el presente estudio, el tratamiento T1 destaca como el más efectivo en comparación con T2, T3 y T4, y esta tendencia se refleja en las demás variables productivas evaluadas.

La variable Rendimiento del grano mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$). El tratamiento que se destacó significativamente fue T1, con un promedio de 11.20 toneladas por hectárea. Le siguió T3 con 10.54 toneladas por hectárea y luego T2 con 9.85 toneladas por hectárea. El Testigo (T4) registró el menor rendimiento, con un promedio de 8.92 toneladas por hectárea “t/ha”.

Según Tamayo (2014), los rendimientos máximos en la agricultura de maíz no pueden lograrse únicamente mediante la utilización de variedades mejoradas o la implementación de prácticas culturales adecuadas, como el control fitosanitario; ambas áreas deben recibir atención en conjunto. Esto significa que, sin la aplicación adecuada de prácticas culturales, como la oportuna aplicación de fungicidas, el potencial de alto rendimiento de una variedad mejorada no se aprovecharía por completo. Además, es importante tener en cuenta la influencia significativa de las condiciones climáticas en el rendimiento del maíz, como señala Pedraza, Idrogo y Pedraza (2017).

En este contexto, se observa claramente el impacto de la aplicación de un tratamiento fungicida, como en el caso de T1, que incluyó productos como Lictus, Renaste y Abacus. Este tratamiento permitió alcanzar la mayor producción por unidad de superficie en comparación con los demás tratamientos fungicidas. Sin embargo, es importante destacar que la eficacia de los productos fungicidas y la forma en que se aplican pueden influir en los resultados. En algunas investigaciones, como el estudio de Pazmiño (2017), no se encontraron efectos significativos de los productos fungicidas en el rendimiento. Esto llevó a la conclusión de que en su investigación no existía una dependencia directa entre los parámetros productivos y el efecto de los fungicidas en el cultivo de maíz. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar múltiples factores en la optimización del rendimiento en la agricultura de maíz y la necesidad de adaptar las estrategias a condiciones específicas.

Evaluación de enfermedad foliar

En la primera evaluación de enfermedades foliares, que ocurrió 22 días después de la siembra cuando el cultivo estaba en la etapa fenológica V12, se pudo confirmar que había Mancha foliar por *Cercospora* (*Cercospora* sp.) en T4 y Tizón foliar (*Exerolium turcimum/Helminthosporium*) en T2. Ambas enfermedades se clasificaron en el nivel 1 (Sin daño).

En la segunda evaluación de enfermedades foliares, que tuvo lugar 36 días después de la siembra, cuando el cultivo estaba en la etapa fenológica R0-R1, se observó la presencia de las enfermedades Mancha foliar por *Cercospora* (*Cercospora* sp.) y Tizón foliar (*Exerolium turcimum/Helminthosporium*) en todos los tratamientos en estudio, incluyendo al testigo (T1, T2, T3 y T4). En todos los casos, estas enfermedades se clasificaron en la categoría 1 (Sin daño).

En la tercera observación de enfermedades foliares, que tuvo lugar 57 días después de la siembra, cuando el cultivo estaba en la etapa fenológica R4, se pudo observar la presencia de las enfermedades Mancha por *Curcuvularia* (*Curcuvularia lunata*) en T1, T2, T3 y T4, con una clasificación de 2 (Ligero) en cada caso. También se encontró la presencia de Tizón foliar (*Exerolium turcimum/Helminthosporium*) en una escala de 2 (Ligero) en T1, T2 y T4, mientras que

en T3 se observó en una escala de 3 (Moderado). No obstante, no se detectaron las enfermedades Mancha foliar por *Cercospora* (*Cercospora* sp.), Pudrición bacteriana (*Diplodia* sp. (hojas) y *Diplodia* sp. (mazorca)), Mancha del asfalto (*Phyllacora maydis*) y Roya (*Puccinia sorghi*).

Inlago (2014), ha señalado que la resistencia de las plantas de maíz a ciertas enfermedades puede estar relacionada con la presencia de compuestos antioxidantes, como las antocianinas, en el grano y la planta. En este contexto, se ha observado que el maíz de color oscuro, como el negro, contiene un mayor nivel de antioxidantes, seguido por el morado y el rosado. La resistencia, en términos generales, se refiere a la capacidad de la planta para resistir completamente o hasta cierto punto los efectos de factores adversos, impidiendo la entrada o el desarrollo de estos factores. La tolerancia, por otro lado, se refiere a la capacidad de la planta para soportar un cierto nivel de severidad de una enfermedad sin que esto afecte su rendimiento y vigor (Meneses, 2016). Delgado (2016), destaca que el control de las enfermedades en el maíz se puede lograr mediante la utilización de semillas híbridas genéticamente resistentes o tolerantes a las enfermedades, así como la implementación de buenas prácticas agrícolas, la elección adecuada de suelos y momentos para el cultivo, el control de malezas, la aplicación de fungicidas y el uso adecuado de fertilizantes y riego.

Estudios previos respaldan la importancia de la aplicación de productos fungicidas foliares en el control de enfermedades en híbridos susceptibles. Los momentos óptimos para aplicar fungicidas varían según las condiciones ambientales, la intensidad de la enfermedad, la salud del cultivo y otros factores (Proske, 2015).

A pesar de llevar a cabo un control fitosanitario riguroso utilizando fungicidas de eficacia comprobada en esta investigación, se observó la presencia de tres enfermedades a lo largo de las tres evaluaciones: mancha por curcuvularia (*Curcuvularia lunata*), mancha foliar por *Cercospora* (*Cercospora* sp.) y tizón foliar (*Exserohilum turcimum/Helminthosporium*). Según Delgado et al., (2017), el tizón foliar está asociado al patógeno *Exserohilum* sp., que prospera en condiciones de temperaturas bajas, alta humedad y exceso de lluvias, condiciones similares a las que se encuentran en el cantón Mocache. En casos graves, esta enfermedad puede resultar en una madurez temprana, llenado de espigas incompleto, reducción del peso de los granos, debilitamiento de los tallos y el vuelco de las plantas. Para controlar eficazmente el tizón foliar, se recomienda el uso de fungicidas que contienen una mezcla de Triazoles y Estrobilurinas, que pueden aumentar el rendimiento en un rango del 8 al 25% (Proske, 2015). Aunque se utilizó un fungicida que contiene Azoxistrobin en el tratamiento T3, los resultados en esta investigación no fueron tan favorables como se esperaba (Delgado et al., 2017).

4 CONCLUSIONES

Este estudio arroja luz sobre diversos aspectos del rendimiento del maíz, incluyendo la altura de planta, la longitud y diámetro de mazorca, el peso de 100 semillas y el rendimiento del grano. La aplicación de tratamientos fungicidas, como los utilizados en T1, demostró tener un impacto positivo en estas variables. Estos resultados subrayan la importancia de una gestión fitosanitaria efectiva en la agricultura del maíz, especialmente en áreas propensas a enfermedades foliares. También se destacó la relevancia de factores genéticos y condiciones específicas en el rendimiento del maíz. En cuanto a las enfermedades foliares, se observaron la presencia de diversas enfermedades, como la Mancha por *Curvularia*, la Mancha foliar por *Cercospora* y el Tizón foliar. A pesar del control fitosanitario, estas enfermedades afectaron el cultivo, lo que resalta la necesidad de un enfoque holístico para optimizar el rendimiento del maíz, considerando tanto factores genéticos como las prácticas de manejo adecuadas.

La pregunta de investigación planteada fue: ¿Cuál es el efecto de la solución AgCelence de BASF para el control de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz?. Cuya respuesta a esta pregunta se basa en los resultados obtenidos en la evaluación de los objetivos específicos del estudio. En cuanto a las características agronómicas del cultivo de maíz bajo la aplicación de distintos fungicidas, se encontró que la solución AgCelence de BASF tuvo un efecto positivo en la altura de las plantas y en el diámetro del tallo, lo que indica un mejor desarrollo del cultivo. En cuanto a la eficacia de los fungicidas en el control de daño de enfermedades foliares en el cultivo de maíz, se encontró que la solución AgCelence de BASF tuvo un efecto significativo en la reducción de la incidencia de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz. Finalmente, en cuanto al análisis económico de la aplicación de los fungicidas para la rentabilidad en función de los costos de los tratamientos, se encontró que la solución AgCelence de BASF fue rentable en comparación con otros fungicidas evaluados.

Los resultados obtenidos en esta investigación pueden ayudar a la sociedad y al mundo académico de varias maneras: En primer lugar, los agricultores pueden utilizar la información proporcionada por este estudio para mejorar la producción de maíz y reducir las pérdidas causadas por enfermedades foliares fúngicas. Esto puede tener un impacto significativo en la economía de las regiones donde se cultiva este importante cereal y en la seguridad alimentaria de la población. En segundo lugar, las empresas que producen soluciones para el control de enfermedades en cultivos agrícolas pueden utilizar los resultados de este estudio para mejorar sus productos y hacerlos más efectivos y rentables para los agricultores. En tercer lugar, los resultados de esta investigación pueden ser de interés para el mundo académico, ya que contribuyen al conocimiento sobre el control

de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz y pueden servir como base para futuras investigaciones en este campo.

En cuanto a las limitaciones de la investigación, se menciona que el estudio se realizó en un solo sitio de cultivo de maíz y durante una sola temporada de cultivo, lo que limita la generalización de los resultados a otras regiones y condiciones climáticas. Además, se evaluó un número limitado de fungicidas, lo que podría limitar la comparación con otros productos disponibles en el mercado.

En cuanto a las recomendaciones para futuros trabajos, se sugiere realizar estudios similares en diferentes regiones y condiciones climáticas para evaluar la generalización de los resultados. Además, se recomienda evaluar un mayor número de fungicidas para comparar su eficacia en el control de enfermedades foliares fúngicas en el cultivo de maíz. También se sugiere evaluar el efecto de la solución AgCelence de BASF en otros cultivos agrícolas para determinar su eficacia en diferentes condiciones de cultivo.

REFERENCIAS

- AGROSAVIA. Aspectos técnicos de la producción de maíz en Colombia. 2018. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/19418/45021_60774.pdf
- BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. Reporte de coyuntura sector agropecuario. 2018. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Encuestas/Coyuntura/Integradas/etc201804.pdf>
- BORROEL, V., SALAS, L., RAMÍREZ, M., LÓPEZ, J., & LUNA, J. Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 36(4). 2018. 423-429. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v36n4/2395-8030-tl-36-04-423.pdf>
- DELGADO, L. Identificación del agente causal y control químico de la mancha foliar en maíz amarillo duro (*Zea mays* L.) a nivel in vitro en el distrito de Santa Ana - La Convención - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 2016. <http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/1864>
- DELGADO, P., GOÑAS, M., ARCE, M., LEIVA, S., & OLIVA, M. Efecto de tres fungicidas químicos en el control del *Exserohilum* spp. del maíz Chuska INIA 617. *Revista de investigación agroproducción sustentable, Perú*, 1(2). 2017. 60-68. <https://doi.org/10.25127/aps.20172.364>
- DÍAZ, C., DE ROSSI, R., COURETOT, L., SILLÓN, M., & PLOPER, L. Efecto global del fungicida: azoxystrobina + ciproconazol en el control de enfermedades foliares del maíz en Argentina. XXIX Congreso Nacional de Milho e Sorgo, 7. 2012. https://www.abms.org.br/eventos_anteriores/cnms2012/03688.pdf
- FAO. Introducción al maíz y su importancia – El maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. 2023. <https://www.fao.org/3/X7650S/x7650s02.htm>
- GARCÍA, J. Análisis de los principales factores de riesgo en la producción y comercialización del maíz del cantón Baba, periodo 2013-2017. Universidad de Guayaquil. 2019. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/40645>
- HUERTA, G., HOLGUIN, F., BENÍTEZ, F., & TOLEDO, J. Epidemiología de la Antracnosis [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc.] en Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Ataulfo en el Soconusco, Chiapas, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 27(2). 2009. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v27n2/v27n2a2.pdf>
- INLAGO, Y. Evaluación de la resistencia y manejo de la variabilidad de maíz (*Zea mays* L.) de Cotacachi. Cotacachi, Imbabura. Universidad Central del Ecuador. 2014. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2488>
- INTRIAGO D., David I., & TORRES O., Jonathan R. Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 2018. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6323/1/CPA-2018-T047.pdf>
- JIMÉNEZ, E., & CARRILLO, M. Evaluación de dos híbridos y de una variedad criolla de maíz (*Zea mays* L.) bajo tres distanciamientos de siembra en el canton Quinde, provincia de Esmeraldas. X Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. 2005. 1-14.
- LEDESMA D., Ivette B. Evaluación del comportamiento agronómico de 20 híbridos de maíz provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) más siete

testigos comerciales, en tres ambientes del litoral ecuatoriano. Escuela Politécnica del Ejército. Santo Domingo de los T., Ecuador. 2013. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5278/1/iniapbeetpTL473e.pdf>

LOZA, A. Evaluación de híbridos de maíz dulce (*Zea mays* L.) var Saccharata, bajo dos distancias de siembra para grano enlatado. Universidad Central del Ecuador. 2017. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13353>

MARÍN, L. Evaluación agronómica de variedades comerciales de maíz (*Zea mays*, L.) en relación a sus ciclos de maduración. Escuela Universitaria Politécnica La Almunia de Doña Godina. Zaragoza, España. 2015. <http://hdl.handle.net/10261/116042>

MASQUIZA, J. Valoración del rendimiento de maíz (*Zea mays*) en relación con la aplicación de biodegradantes en el sector La Isla, cantón Cumandá. Universidad Técnica de Ambato. 2016. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24084>

MANZO, D. E. M.; SANDOVAL, M. F. Q.; PADILLA, D. V. S.; CHICA, M. Y. G. Efeito dos hormônios vegetais no cultivo de milho (*Zea mays* L.) no litoral equatoriano: Effect of plant hormones on corn (*Zea mays* L.) cultivation in the Ecuadorian Littoral. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 3103–3115, 2023. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n4-005>

MENESES, J. Control químico y comportamiento de híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a la enfermedad denominada Mancha de Asfalto. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2016. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2709>

MUÑOZ, G. Ensayo de fungicidas para control de Roya (*Puccinia sorghi*) en Maíz Pisingallo (*Zea mays*). Universidad Católica Argentina. 2015. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/323/1/doc.pdf>

PAVÓN, J., & ZAPATA, O. Comparación de tres fertilizantes orgánicos y un combinado en el cultivo de maíz (*Zea mays*), en el Campus agropecuario de la UNAN-León en el periodo comprendido de abril y julio del 2011. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. 2012.

PAZMIÑO, E. Evaluación de la eficacia de fungicidas sobre el control de enfermedades en el rendimiento y calidad del grano en híbridos de maíz (*Zea mays* L.), en la zona de El Empalme. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 2017. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3313>

PEDRAZA, M., IDROGO, G., & PEDRAZA, S. Densidad de siembra y comportamiento agronómico de tres variedades de maíz morado (*Zea mays* L.). *Revista ECI Peru*, 14(1), 20-40. 2017. <https://doi.org/10.33017/reveciperu2017.0003/>

PEÑA, R., GONZÁLEZ, C., NÚÑEZ, H., TOVAR, M., PRECIADO, R., TERRÓN, I., GÓMEZ, M., & ORTEGA, C. Estabilidad del rendimiento y calidad forrajera de híbridos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29(2). 2006. 109-114.

PETERSON, R., CAMPBELL, A., & HANNAH, A. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research* 26c(5). 1948. 486-500.

PROSKE, F. Efecto de la aplicación de fungicidas sobre el control de enfermedades de fin de ciclo y el rendimiento en maíz tardío en la región semiárida pampeana. Pontificia Universidad Católica Argentina. 2015. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/285/1/doc.pdf>

SÁNCHEZ, M., AGUILAR, C., VALENZUELA, N., SÁNCHEZ, C., JIMÉNEZ, M., & VILLANUEVA, C. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2). 2011. 281-295. <https://doi.org/10.15517/am.v22i2.11801>

SILVA, C. Manejo integrado de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis* Maubl) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Universidad Técnica de Babahoyo. 2019. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/6026>

TAMAYO, L. Efecto de la aplicación de cinco dosis de fitohormona con dos niveles de fertilización en la productividad de maíz. Universidad de Guayaquil. 2014. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/6641/1/TAMAYOBorjaLUIS.pdf>

VELEZ, M. Efecto de tres distancias de siembra en tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Universidad de Guayaquil. 2019. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/38350>

CETZAL-IX, William, CASANOVA-LUGO, Fernando, CHAY-CANUL, Alfonso, & MARTÍNEZ-PUC, Jesús. Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria. Tecnológico Nacional de México, Campeche, México. 2019.

WONG, R., GUTIÉRREZ DEL RÍO, E., PALOMO, A., RODRÍGUEZ, S., CÓRDOVA, H., ESPINOZA, A. & LOZANO, J. Aptitud combinatoria de componentes del rendimiento en líneas de maíz para grano en la Comarca Lagunera, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 30 (002). 2007. 181-189.

ZÚÑIGA, S. I. M.; REYES, R. R. R.; SÁNCHEZ, A. F. B.; CASTRO, L. E. O. Fertilização orgânica do solo e foliar do milho (*Zea mays*) no litoral equatoriano: Edaphic and foliar organic fertilization of corn (*Zea mays*) in the Ecuadorian Littoral. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, [S. l.], v. 6, n. 4, p. 3116-3131, 2023. <https://doi.org/10.34188/bjaerv6n4-006>