

ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Evaluación de la eficacia de fungicidas en el control de *Fusarium* spp. en el híbrido de maíz DK-8023

Evaluation of the efficacy of fungicides in the control of *Fusarium* spp. in the DK-8023 maize hybrid

Autor 1: Cedeño Zamora Gonzalo Alejandro¹, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4895-3394>

Autor 2: Tito Xavier Bohórquez Barros², ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3224-0326>

Autor 3: Wimper Manuel Santana Troya³, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5702-730X>

Autor 4: Liza Beatriz Sánchez Pisco⁴, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2121-2553>

Autor 5: Katty Michell Cruz Remache⁵, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-3561-8699>

Autor 1: alezamora723@gmail.com; Técnico Agrícola Independiente, Ecuador

Autor 2: xbohorquez@utb.edu.ec; Docente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo, Ecuador

Autor 3: wsantana_87@hotmail.com; Supervisor de Departamento Técnico de Insiyth Banano, Ecuaquímica, Ecuador

Autor 4: lizas29102@gmail.com; Asesora Técnica comercial, Agroiintegral Azogue, Ecuador

Autor 5: kattymichellcruzremache2000@gmail.com; Técnico Independiente, Ecuador

* **Autor correspondencia:** xbohorquez@utb.edu.ec

Recibido: 04/mayo/2026

Aprobado: 03/junio/2026

Publicado: 15/junio/2026

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficacia de fungicidas en el control de *Fusarium* spp. en el híbrido de maíz DK-8023. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar con 11 tratamientos y 3 repeticiones. La muestra estuvo conformada por las plantas que presentaron síntomas de la enfermedad. Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey al 5% utilizando el software estadístico Infostat. Las variables evaluadas fueron: porcentaje de incidencia, severidad según escala (a los 5, 7 y 15 días), porcentaje de severidad, eficacia de control y análisis económico. La incidencia y la severidad fueron significativamente superiores en el testigo sin aplicación, lo que evidencia el

alto impacto de *Fusarium* spp. en condiciones de campo en el cultivo de maíz. El mayor promedio de eficacia se presentó en el tratamiento Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl (0.50 L/ha) con 82.44%, seguido del tratamiento Pyraclostrobin – Epoxiconazol (0.50 L/ha) con 80.64%, siendo estadísticamente superiores a los demás tratamientos. El menor promedio de eficacia se obtuvo en el testigo sin aplicación (0.00%). Se demuestra que las mezclas de triazoles y estrobirulinas aplicadas oportunamente son altamente efectivas para reducir la incidencia y severidad de *Fusarium* spp. en maíz. El tratamiento más eficaz (Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl, 0.50 L/ha) presentó un mayor costo de aplicación (\$116.00/ha), pero su



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

efectividad justifica la inversión en condiciones de alta presión del patógeno. Fungicidas como Difenoconazole (0.35 L/ha), con menor costo (\$82.00/ha) y eficacia moderada, pueden ser alternativas viables para agricultores con recursos limitados o en zonas con baja incidencia inicial.

Palabras clave: cultivo, *Fusarium* spp., fungicida, maíz.

Abstract

This research aimed to evaluate the efficacy of fungicides in controlling *Fusarium* spp. in the DK-8023 corn hybrid. A completely randomized block design with 11 treatments and 3 replications was used. The sample consisted of plants exhibiting symptoms of the disease. To detect significant differences between treatments, Tukey's test at the 5% level was applied using the Infostat statistical software. The variables evaluated were: percentage of incidence, severity according to a scale (at 5, 7, and 15 days), percentage of severity, control efficacy, and economic analysis. Incidence and severity were significantly higher in the untreated control, demonstrating the high impact of *Fusarium* spp. under field conditions in corn cultivation. The highest average efficacy was observed in the Epoxiconazole-Kresoxim-Methyl treatment (0.50 L/ha) at 82.44%, followed by the Pyraclostrobin-Epoxiconazole treatment (0.50 L/ha) at 80.64%, both statistically superior to the other treatments. The lowest average efficacy was obtained in the control group (0.00%). This demonstrates that timely applications of triazole and strobilurin mixtures are highly effective in reducing the incidence and severity of *Fusarium* spp. in corn. The most

effective treatment (Epoxiconazole-Kresoxim-Methyl, 0.50 L/ha) had the highest application cost (\$116.00/ha), but its effectiveness justifies the investment under high pathogen pressure. Fungicides such as difenoconazole (0.35 L/ha), with lower cost (\$82.00/ha) and moderate efficacy, can be viable alternatives for farmers with limited resources or in areas with low initial incidence.

Keywords: crop, *Fusarium* spp., fungicide, corn.

Introducción

En el mundo, el maíz es valorado para la humanidad en base a su volumen de producción y al rol que representa, ya que se considera un alimento indispensable para la seguridad alimentaria mundial y también por el valor que tiene para la producción de productos alimenticios e industriales en las diferentes áreas que existen (García, 2017).

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, tanto por su valor económico como por su relevancia en la seguridad alimentaria. Sin embargo, su producción se ve afectada por diversas enfermedades, entre las cuales las causadas por hongos del género *Fusarium* ocupan un lugar destacado. Este género incluye múltiples especies fitopatógenas, como *Fusarium verticillioides*, *Fusarium graminearum* y *Fusarium proliferatum*, que pueden provocar enfermedades como la pudrición de la raíz, la pudrición del tallo y la pudrición de la mazorca (Moreno et al., 2022). Las condiciones climáticas cálidas y húmedas favorecen la proliferación de *Fusarium* spp., siendo comunes en regiones tropicales y subtropicales como América Latina. En



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Ecuador, estudios han documentado la presencia frecuente de *Fusarium verticillioides* y *Fusarium subglutinans* en maíz almacenado, con niveles preocupantes de contaminación (Revelo, 2021).

Las infecciones por *Fusarium* spp. no solo reducen el rendimiento del cultivo, sino que también comprometen la calidad del grano debido a la producción de micotoxinas, especialmente fumonisinas, que son altamente tóxicas para humanos y animales. Estas toxinas representan una amenaza para la inocuidad alimentaria, ya que persisten incluso después de procesos de almacenamiento y procesamiento (Logrieco et al., 2018).

La importancia de *Fusarium* spp. también radica en su persistencia en el suelo y su capacidad para infectar a través de residuos de cultivos anteriores, lo que dificulta su erradicación. Las prácticas agrícolas como la rotación de cultivos, el uso de híbridos resistentes y el manejo adecuado del riego y la fertilización pueden contribuir a reducir la incidencia de la enfermedad (Torres et al., 2022).

Fusarium spp. es una de las enfermedades más devastadoras en el cultivo de maíz; los daños foliares que provoca reducen los procesos básicos que realiza la planta para producir mazorcas de calidad. En nuestro país, el manejo de *Fusarium* spp. presenta carencias en los métodos que se emplean, por lo cual no es eficaz y refleja pérdidas económicas para los agricultores (Morán, 2022).

El género *Fusarium* comprende un grupo de hongos fitopatógenos de gran importancia económica, ya que afecta a una amplia variedad de cultivos, entre ellos el maíz (*Zea mays* L.). En este cereal, *Fusarium* spp. puede provocar enfermedades como la pudrición de raíz,

pudrición de tallo y pudrición de mazorca, lo que genera importantes pérdidas en rendimiento y calidad del grano (Torres et al., 2022).

La infección por *Fusarium* puede ocurrir en diferentes etapas del desarrollo del maíz, desde la emergencia hasta la madurez fisiológica. Las condiciones ambientales, como alta humedad relativa, temperaturas moderadas y suelos mal drenados, favorecen el desarrollo del hongo (Castañeda et al., 2021). Además, prácticas como la siembra continua de maíz, el uso de semillas infectadas y la presencia de residuos de cosecha son factores que incrementan la incidencia de la enfermedad (González-Torres et al., 2023).

Uno de los principales problemas asociados a la infección por *Fusarium* spp. es la producción de micotoxinas, como fumonisinas, que representan un riesgo para la salud humana y animal (FAO, 2020). Las fumonisinas, producidas principalmente por *Fusarium verticillioides*, pueden contaminar el grano incluso sin manifestación visible de la enfermedad, lo que dificulta su detección (Marín et al., 2022).

La incidencia de *Fusarium* en el maíz varía según la región geográfica, las condiciones climáticas y las prácticas agrícolas. En estudios realizados en Ecuador, se ha reportado una alta prevalencia de *Fusarium* spp. (Torres et al., 2023).

Las especies de *Fusarium*, en particular *Fusarium verticillioides* y *Fusarium oxysporum*, son patógenos de importancia económica en el cultivo de maíz, ya que infectan diversos órganos de la planta, incluyendo las raíces y el tallo; la infección por estos hongos suele iniciarse a través del suelo o de semillas contaminadas (Cruz-Ortega et al., 2020).



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

En las raíces, los primeros síntomas incluyen una coloración parda o negruzca, acompañada de necrosis progresiva en las raíces finas y secundarias. Estas lesiones dificultan la absorción de agua y nutrientes, provocando clorosis foliar y retraso en el crecimiento de la planta; también es común observar un marchitamiento prematuro, especialmente en condiciones de estrés hídrico o compactación del suelo (Téliz et al., 2021).

En cuanto al tallo, *Fusarium* spp. puede ocasionar la denominada "podredumbre del tallo", caracterizada por un reblandecimiento interno y un tejido esponjoso de color marrón o rosado en la médula; al cortar longitudinalmente el tallo se observa una decoloración vascular evidente, que puede extenderse desde la base hasta los nudos superiores; este daño reduce la resistencia mecánica del tallo, haciendo que la planta se doble o colapse fácilmente, especialmente cerca de la cosecha (Muñoz et al., 2022).

La infección fúngica también puede inducir la producción de micotoxinas, como las fumonisinas, que además de afectar el rendimiento agronómico representan un riesgo para la salud humana y animal (García-Díaz et al., 2023).

El ataque de *Fusarium* spp. a las raíces del maíz produce pudriciones que reducen significativamente la capacidad de absorción de agua y nutrientes. Las raíces infectadas presentan necrosis, decoloración marrón oscura y una estructura debilitada, lo que conduce al marchitamiento de la planta y una deficiente nutrición (González et al., 2020). Esta pudrición radicular puede iniciar desde la germinación, afectando la emergencia de las plántulas y disminuyendo la densidad de población en el campo (García et al., 2019).

En el tallo, *Fusarium* spp. causa principalmente pudrición basal y del tallo medio, provocando pérdida de integridad estructural, debilitamiento y, en casos severos, el acame (quiebre o caída del tallo); las lesiones internas se manifiestan como áreas de color marrón rojizo o pardo, acompañadas de vaciado del tejido vascular; esto compromete el transporte de agua y fotoasimilados, disminuyendo el rendimiento y la calidad del grano. Las plantas afectadas también se vuelven más susceptibles a otros agentes patógenos o plagas secundarias (Czembor et al., 2022).

El control efectivo de *Fusarium* spp. a nivel de campo depende de la implementación de un conjunto de estrategias, donde el uso de productos químicos fungicidas se destacaría como la opción ideal, especialmente en casos de híbridos comerciales como el DK-8023, que, aunque muestra alta tolerancia, tiende a ser sensible en condiciones de estrés ambiental, lo que lo hace susceptible al ataque de patógenos como *Fusarium* spp. (Espinoza et al., 2018).

El control químico es una de las estrategias más utilizadas para reducir la incidencia de *Fusarium* spp. en los sistemas agrícolas; se ha demostrado que ciertos fungicidas, especialmente los triazoles y estrobilurinas, pueden tener efecto sobre especies del género *Fusarium*; sin embargo, su eficacia puede ser variable debido a la naturaleza endófitas de estos hongos y su presencia en el suelo (Leslie & Summerell, 2020).

Los fungicidas con ingredientes activos como tebuconazol, prothioconazol y azoxystrobin han mostrado efectos positivos en la reducción de la infección y la producción de micotoxinas como fumonisinas; no obstante, su aplicación debe ser oportuna, normalmente durante la floración, ya que es cuando el maíz es más susceptible a la



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

infección por *Fusarium verticillioides* y *F. graminearum* (Munkvold, 2017).

El enfoque integrado de manejo químico implica el uso de tratamientos de semillas con fungicidas sistémicos y aplicaciones foliares dirigidas; por ejemplo, el uso de fludioxonil y metalaxil-M en tratamiento de semillas ha mostrado reducir la transmisión del hongo desde el suelo a la planta (Nicolás et al., 2023). Solórzano et al. (2024) mencionan en su investigación sobre ensayos realizados en campo que el epoxiconazol aumenta eficazmente el control del Tizón de Espiga causada por *Fusarium graminearum* (FHB), logrando controlar cepas resistentes a carbendazim y fenamacril, determinando que el rendimiento de grano y los niveles de DON se correlacionaron significativamente entre sí, sugiriendo que la clasificación visual de la enfermedad puede usarse como un indicador del rendimiento de granos y la contaminación por micotoxinas, mientras tanto, la frecuencia de alelos resistentes a carbendazim en poblaciones de *F. graminearum* se redujo drásticamente después de las aplicaciones de epoxiconazol.

Duan et al. (2020) expresan que el uso de fungicidas como azoxystrobin, el cual es un inhibidor externo de quinona (QoI), inhibe el crecimiento de micelio y germinación de esporas; además, los QoI pueden inducir la fragmentación de las mitocondrias, alterando la homeostasis de la dinámica mitocondrial, inhibiendo así la producción de ATP en *F. graminearum*. Los resultados demuestran firmemente que los QoI tienen potencial para controlar la FHB en el trigo causada por *F. graminearum*.

Mediante la investigación en el control de *Fusarium* spp. realizada por Carmona y Scandiani (2017) se describe que una muestra

conteniendo más del 40% de infección por *Fusarium* spp. fue tratada con los siguientes fungicidas (dosis cada 100 kg de semillas): fludioxonil + metalaxil-M (2.5 ia + 1 ia), fludioxonil + metalaxil-M + carbendazim (2.5 g ia + 1 ia + 30 g ia), carbendazim 30 g ia y metalaxil-M 35 g ia.

Marín et al. (2017) señalan que se ha observado que la síntesis de fumonisinas (en términos de expresión del gen FUM1) y la tasa de crecimiento de *F. proliferatum* y *F. verticillioides* se ven aumentadas cuando se aplican dosis subinhibitorias de tebuconazol y éstas se combinan con estrés hídrico moderado y temperaturas menores a 35°C.

El desarrollo de esta investigación se justifica por su contribución a la identificación de soluciones prácticas y efectivas a través de los fungicidas evaluados en el control de *Fusarium* spp., lo que permitirá, desde un enfoque científico y riguroso, la comparación de la eficacia de estos agentes químicos para inhibir el desarrollo del hongo. Esto ayudará a los agricultores a tomar decisiones fundamentadas sobre el uso de agroquímicos basadas en datos empíricos, permitiéndoles adoptar mejoras en la calidad del producto y avanzar en el conocimiento del área de protección vegetal y sanidad agrícola.

Materiales y Métodos

Este trabajo de investigación se realizó en condiciones de campo bajo un diseño estadístico experimental. El enfoque principal de este estudio se basó en la evaluación de la eficacia de fungicidas en el control de *Fusarium* spp. en el híbrido de maíz DK-8023 en la parroquia La Unión del Cantón Babahoyo, con coordenadas geográficas aproximadas latitud -1.7273, longitud -79.3637.



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Para el desarrollo de la presente investigación se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con 11 tratamientos y 3 repeticiones.

La población fue definida por las plantas de maíz que se establecieron en el ensayo, a una distancia de 0.2 m entre planta y 0.8 m entre hileras, teniendo una densidad poblacional de 62500 plantas/ha. La muestra estuvo conformada por todas las plantas que presentaron síntomas de *Fusarium* spp., las cuales fueron evaluadas estadísticamente. Las técnicas que se aplicaron para la recolección de datos incluyeron observación directa y medición, con enfoque cualitativo y cuantitativo.

Los datos recolectados de cada variable fueron procesados estadísticamente de forma descriptiva, determinando la media, la desviación estándar, el error estándar y el coeficiente de variación. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar los tratamientos según las fuentes de variación. Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos en las variables analizadas, se aplicó la prueba de Tukey al 5%, utilizando el software de análisis estadístico InfoStat.

Tratamientos

Los tratamientos estuvieron conformados por 5 fungicidas con diferentes dosis de aplicación. Para evaluar la eficiencia del control de *Fusarium* spp., se estableció un tratamiento sin aplicación (testigo absoluto). En la Tabla 1 se describen los 11 tratamientos evaluados.

Tabla 1. Tratamientos evaluados en el ensayo

Nº	Tratamientos	Dosis L/ha	Frecuencia de aplicación (días)
1	Epoxiconazole - Kresoxim-Meth	0.30	30 – 45
2	Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.50	30 – 45
3	Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.30	30 – 45
4	Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.50	30 – 45
5	Propiconazole	0.35	30 – 45
6	Propiconazole	0.50	30 – 45
7	Azoxystrobin	0.30	30 – 45
8	Azoxystrobin	0.50	30 – 45
9	Difenoconazole	0.35	30 – 45
10	Difenoconazole	0.50	30 – 45
11	Testigo sin aplicación	----	-----

Manejo del ensayo

Preparación del suelo

Se realizaron dos pases cruzados de rastra para que el suelo quedara en óptimas condiciones para obtener una germinación uniforme de las semillas

Siembra

Se realizó manualmente a una distancia de 0.2 m entre planta y 0.8 m entre hileras, con una densidad poblacional de 62500 plantas/ha.

Control de malezas

Al día siguiente de la siembra, se aplicó paraquat (2 L/ha) + pendimethalin (2 L/ha) en condiciones de humedad del suelo adecuada. En postemergencia, a los 25 días de la germinación, se aplicó nicosulfuron en dosis de 48 g/ha para el control de malezas emergidas. Además, se realizaron dos desyerbas manuales después de la siembra para mantener el cultivo libre de malezas.

Fertilización

El programa de fertilización de macronutrientes fue igual para todas las unidades experimentales: 130 kg N, 40 kg P, 80 kg K, fraccionada en tres aplicaciones a los 15, 30 y 45 días después de la siembra. La aplicación de Sulfaménos y Micromix se realizó a la siembra y a los 25 días



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

después de la misma. El muriato de potasio se aplicó fraccionado a los 15 y 30 días; el DAP se colocó en la siembra; la urea se fraccionó tres veces. El fertilizante se ubicó a 5 cm de la planta en bandas.

Riego

El ensayo se realizó bajo condiciones de riego por aspersión mediante cañón, aplicando de 25 a 30 mm aproximadamente cada 8 días.

Control de plagas

Se aplicaron 200 g/ha de methomyl para el control de insectos trozadores a los 20 y 40 días después de la siembra. Para controlar el ataque de cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se utilizó permetrina (300 cc/ha).

Variables evaluadas

Evaluación de severidad de *Fusarium* spp. con escala arbitraria

Las evaluaciones se realizaron a los 5, 7 y 15 días después de las aplicaciones de fungicidas y en la floración, calificando la severidad de acuerdo con la escala arbitraria de 1 a 5 descrita por Mendoza et al. (2006). La Tabla 2 describe la escala utilizada.

Tabla 2. Escala de evaluación de severidad de *Fusarium* spp. en la planta

Escala	Descripción	Daños
1	Ausencia de la enfermedad	0%
2	Presencia de la enfermedad menos de la mitad de la planta	25% entrenudo dañado
3	Presencia de la enfermedad más de la mitad de la planta	50% entrenudo dañado
4	Infección severa	75% entrenudo dañado
5	Infección muy severa	100% entrenudo dañado

Fuente: Mendoza et al (2006)

Porcentaje de incidencia de la enfermedad

Se realizaron observaciones periódicas desde la emergencia de las plantas para inspeccionar la presencia de *Fusarium* spp. Para determinar el porcentaje de incidencia, se evaluó cada 7 días

a partir de la presencia de la enfermedad hasta 7 días después de la aplicación de los tratamientos. Se contabilizó el número de plantas enfermas en el área útil y se dividió entre el número total de plantas de la misma área, multiplicando por 100 (Pinto et al., 2018):

$$\% \text{ de Incidencia (I)} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Total de plantas analizadas por unidad}} \times 100$$

Porcentaje de severidad

La severidad de la enfermedad se obtuvo mediante una evaluación visual objetiva del área afectada sobre el área total (Pinto et al., 2018):

$$\% \text{ de Severidad (S)} = \frac{\text{Área afectada}}{\text{Área total evaluada}} \times 100$$

Eficacia del control

La eficacia de los fungicidas se determinó a partir de la severidad externa del patógeno en cada unidad experimental, aplicando la ecuación de Abbott:

$$\% \text{Eficacia de Control} = \frac{PI_{\text{testigo}} - PI_{\text{tratado}}}{PI_{\text{Testigo}}} \times 100$$

Donde:

PI_{testigo} = Porcentaje de infección en la parcela testigo después del tratamiento.

PI_{tratado} = Porcentaje de infección en la parcela tratada después del tratamiento.

Análisis económico

Conociendo el costo económico de los fungicidas, se calcularon los costos por hectárea en función del umbral de control, el número de aplicaciones y el costo de aplicación (incluyendo mano de obra y equipos). El precio de venta del maíz se consideró según el mercado



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

local durante el período del ensayo para estimar el beneficio neto.

Resultados y Discusión

Porcentaje de incidencia de *Fusarium* spp.

En la Tabla 3 se presentan los porcentajes de incidencia de *Fusarium* spp. El análisis de varianza mostró diferencias significativas en la evaluación realizada, con un coeficiente de variación de 32.98% y un promedio de 1.99% de incidencia. El mayor promedio se presentó en el testigo sin aplicación con 4.7%, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que los menores promedios de incidencia se obtuvieron en los tratamientos Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl (0.50 L/ha) y Pyraclostrobin – Epoxiconazol (0.50 L/ha), con 0.21% de incidencia cada uno. Estos resultados concuerdan con lo descrito por Torres-Mendoza et al. (2022), quienes afirman que la severidad de *Fusarium* en maíz puede alcanzar niveles críticos en ausencia de control químico, generando pérdidas significativas de rendimiento. Asimismo, Dean et al. (2020) destacan que la persistencia de las clamidosporas en el suelo hace necesario un control oportuno, particularmente durante la floración, que es cuando el cultivo presenta mayor susceptibilidad.

Tabla 3. Porcentaje de incidencia

Tratamientos	Dosis L/ha	Incidencia (%)
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.30	1.28 bcd
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.50	0.21 d
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.30	0.85 cd
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.50	0.21 d
Propiconazole	0.35	3.21 ab
Propiconazole	0.50	2.13 bcd
Azoxystrobin	0.30	2.78 bc
Azoxystrobin	0.50	1.49 bcde
Difenoconazole	0.35	3.21 ab

Difenoconazole	0.50	1.92 bcde
Testigo sin aplicación	-----	4.7 a
Promedio		1.99
Significancia estadística (%)		*
Coeficiente de variación (%)		32.98

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Escala de severidad de *Fusarium* spp.

En la Tabla 4 se muestra la escala de severidad del ataque de *Fusarium* spp. a los 5, 7 y 15 días después de la aplicación de los productos. El análisis de varianza alcanzó diferencias significativas en las evaluaciones realizadas, con coeficientes de variación de 1.68%, 2.94% y 2.94%, y promedios de 1.03, 1.02 y 1.02 de escala de severidad.

La evaluación a los 5 días después de la aplicación de los productos determinó que la mayor escala de severidad se presentó en el testigo sin aplicación con el valor de 1.37, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que en el resto de los tratamientos la escala de severidad fue de 1.

En la evaluación a los 7 días después de la aplicación de los productos se evidenció que la mayor escala de severidad se presentó en el testigo sin aplicación con el valor de 1.30, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que en el resto de los tratamientos la escala de severidad fue de 1.

En la evaluación a los 15 días después de la aplicación de los productos se evidenció que la mayor escala de severidad se presentó en el testigo sin aplicación con el valor de 1.30, siendo superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que en el resto de los tratamientos la escala de severidad fue de 1.



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Tabla 4. Escala de severidad

Tratamientos	Dosis L/ha	Escala de severidad		
		5 días	7 días	15 días
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.30	1 b	1 b	1 b
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.50	1 b	1 b	1 b
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.30	1 b	1 b	1 b
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.50	1 b	1 b	1 b
Propiconazole	0.35	1 b	1 b	1 b
Propiconazole	0.50	1 b	1 b	1 b
Azoxystrobin	0.30	1 b	1 b	1 b
Azoxystrobin	0.50	1 b	1 b	1 b
Difenoconazole	0.35	1 b	1 b	1 b
Difenoconazole	0.50	1 b	1 b	1 b
Testigo sin aplicación	-----	1.37 a	1.30 a	1.30 a
	--			
Promedio		1.03	1.02	1.02
Significancia estadística (%)		*	*	*
Coeficiente de variación (%)		1.68	2.94	2.94

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Porcentaje de severidad de *Fusarium* spp.

En la Tabla 5 se muestra el porcentaje de severidad de *Fusarium* spp. después de la aplicación de los productos. El análisis de varianza alcanzó diferencias significativas en las evaluaciones realizadas, con un coeficiente de variación de 14.04% y un promedio de 2.10% de severidad.

Se evidenció que el mayor promedio se presentó en el tratamiento testigo sin aplicación con 3.7% de severidad, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos, mientras que los promedios más bajos se presentaron en los tratamientos Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl (0.50 L/ha) con 0.67% de severidad, seguido del tratamiento Pyraclostrobin – Epoxiconazol (0.50 L/ha) con 0.73% de severidad.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Duan et al. (2018), quienes evidenciaron que el epoxiconazol, aplicado en campo, logra disminuir tanto la progresión de la enfermedad como los niveles de micotoxinas en grano. En

contraste, los tratamientos con propiconazole y azoxystrobin, aunque mostraron cierto grado de control, no alcanzaron la eficacia observada en los anteriores, lo que coincide con lo planteado por Pereira et al. (2021), quienes señalan que la eficacia de estos fungicidas frente a *Fusarium* spp. puede ser limitada debido a la naturaleza endofítica del hongo y a la variabilidad de las condiciones de campo.

Tabla 5. Porcentaje de severidad

Tratamientos	Dosis L/ha	Severidad (%)
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.30	1.80 c
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.50	0.67 d
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.30	1.87 c
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.50	0.73 d
Propiconazole	0.35	2.23 bc
Propiconazole	0.50	2.27 bc
Azoxystrobin	0.30	2.33 bc
Azoxystrobin	0.50	2.23 bc
Difenoconazole	0.35	2.77 b
Difenoconazole	0.50	2.77 bc
Testigo sin aplicación	-----	3.7 a
Promedio		2.10
Significancia estadística (%)		*
Coeficiente de variación (%)		14.04

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Eficacia de control

En la Tabla 6 se muestran los promedios de porcentaje de eficacia de control sobre *Fusarium* spp. en el ensayo. El análisis de varianza alcanzó diferencias significativas en la evaluación realizada, con un coeficiente de variación de 19.84% y un promedio de 43.25% de eficacia de control.

En la evaluación de la eficacia se evidenció que el mayor promedio se presentó en el tratamiento Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl (0,50 L/ha) con 82.44%, seguido del



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

tratamiento Pyraclostrobin – Epoxiconazol (0.50 L/ha) con 80.64%, siendo estadísticamente superiores a los demás tratamientos, mientras que el menor promedio de eficacia se obtuvo en el testigo sin aplicación (0,00%). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Solórzano et al. (2024), quienes señalaron que la mezcla de triazoles y estrobilurinas presenta un efecto sinérgico frente a especies de *Fusarium*, logrando un control superior en comparación con aplicaciones individuales.

Tabla 6. Eficacia de control

Tratamientos	Dosis L/ha	Eficacia de control (%)
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.30	51.2 b
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.50	82.44 a
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.30	49.65 bc
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.50	80.64 a
Propiconazole	0.35	39.86 bc
Propiconazole	0.50	38.97 bc
Azoxystrobin	0.30	36.87 bc
Azoxystrobin	0.50	39.43 bc
Difenoconazole	0.35	25.28 cd
Difenoconazole	0.50	31.5 bc
Testigo sin aplicación	----	0 d
Promedio		43.25
Significancia estadística (%)		*
Coefficiente de variación (%)		19.84

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Análisis económico de los tratamientos por hectárea

En la tabla 7, se describe el análisis económico, donde se evidencia que el tratamiento más eficaz implica un mayor costo de aplicación \$116/ha en el caso de Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl), su efectividad justifica la

inversión en condiciones de alta presión de inóculo. Sin embargo, fungicidas como Difenoconazole (0,35 L/ha), con menor costo (\$82/ha) y eficacia moderada, se convierten en alternativas viables para pequeños agricultores con recursos limitados, en concordancia con lo señalado por Carmona y Scandiani (2017), quienes recomiendan ajustar la selección de fungicidas según el nivel de presión de la enfermedad y la capacidad económica del productor.

Tabla 7. Análisis económico de los tratamientos por hectárea

Tratamientos	Dosis L/ha	Costo del producto	Nº de aplicaciones	Costo variable	Costo de aplicación	Costo total
Propiconazole	0.35	\$26.00	1	30	\$40.00	\$96.00
Propiconazole	0.50	\$36.00	1	35	\$40.00	\$111.00
Difenoconazole	0.35	\$12.00	1	30	\$40.00	\$82.00
Difenoconazole	0.50	\$15.00	1	40	\$40.00	\$95.00
Azoxystrobin	0.30	\$22.00	1	25	\$40.00	\$87.00
Azoxystrobin	0.50	\$25.00	1	35	\$40.00	\$100.00
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.30	\$30.00	1	30	\$40.00	\$100.00
Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl	0.50	\$36.00	1	40	\$40.00	\$116.00
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.30	\$30.00	1	35	\$40.00	\$105.00
Pyraclostrobin – Epoxiconazol	0.50	\$40.00	1	30	\$40.00	\$110.00
Testigo sin aplicación	----	-----	-----	-----	-----	-----

Conclusiones

El mayor promedio de eficacia se presentó en el tratamiento Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl (0.50 L/ha) con 82.44%, seguido del tratamiento Pyraclostrobin - Epoxiconazol (0.50 L/ha) con 80.64%, siendo estadísticamente superiores a los demás



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

tratamientos. El menor promedio de eficacia se obtuvo en el testigo sin aplicación (0.00%).

Se demuestra que las mezclas de triazoles y estrobirulinas aplicadas oportunamente son altamente efectivas para reducir la incidencia y severidad de *Fusarium* spp. en el cultivo de maíz.

El tratamiento más eficaz (Epoxiconazole - Kresoxim-Methyl, 0.50 L/ha) presentó un mayor costo total (\$116.00/ha). Su efectividad justifica la inversión en condiciones de alta presión de *Fusarium* spp. Sin embargo, fungicidas como Difenoconazole (0.35 L/ha), con menor costo (\$82.00/ha) y eficacia moderada (25.28%), pueden ser alternativas viables para agricultores con recursos limitados o en zonas con baja incidencia inicial.

Se recomienda considerar alternativas de menor costo como Difenoconazole (0.35 L/ha) en lotes con baja incidencia inicial de *Fusarium* spp. o en sistemas de producción de pequeña escala, donde el presupuesto es un factor limitante, manteniendo un monitoreo constante del cultivo para detectar aumentos de severidad.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en la elaboración de este artículo.

Contribución de los autores

Cedeño Zamora Gonzalo Alejandro desarrollo del trabajo experimental. Tito Xavier Bohórquez Barros, Liza Beatriz Sánchez Pisco Wimper Manuel Santana Troya y Katty Michell Cruz Remache, en la creación y redacción del artículo científico.

Referencias bibliográficas

1. Carmona, M., & Scandiani, M. (2017). Importancia y control de *Fusarium verticillioides* en semillas de maíz. *AAPRESID*, 1, 73-76.
2. Castañeda, A., Gómez, R., & Pineda, L. (2021). Condiciones ambientales y su influencia en la incidencia de *Fusarium* en maíz. *Revista de Fitopatología Tropical*, 49(2), 123-132.
3. Cruz-Ortega, R., Sandoval-Islas, J. S., & Martínez-Bautista, R. (2020). Podredumbres del tallo del maíz: Importancia y manejo integrado. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 38(1), 45-56. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2001-2>
4. Czembor, E., Waśkiewicz, A., Jędrzejczak, R., Stępień, Ł., & Chełkowski, J. (2022). *Fusarium* species and mycotoxins in maize in Poland. *Journal of Applied Genetics*, 63(1), 45-56. <https://doi.org/10.1007/s13353-022-00673-7>
5. Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D., Rudd, J. J., Dickman, M., Kahmann, R., Ellis, J., & Foster, G. D. (2020). The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414-430. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x>
6. Duan, Y., Lu, F., Zhou, Z., Zhao, H., Zhang, J., Mao, Y., Li, M., Wang, J., & Zhou, M. (2020). Quinone outside inhibitors affect DON biosynthesis,



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

- mitochondrial structure and toxosome formation in *Fusarium graminearum*. *Journal of Hazardous Materials*, 398, 122908. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2020.122908>
7. Espinoza, R., Jaramillo, A., & Ortega, F. (2018). *Enfermedades fúngicas del maíz y su manejo en zonas tropicales de Ecuador*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
8. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2020). *Micotoxinas en alimentos: riesgos y medidas de control*. FAO.
9. García, P. (2017). El cultivo del maíz en el mundo y en Perú. *Revista de Investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu*, 4(2), 73-79. <https://doi.org/10.36955/RIULCB.2017v4n2.005>
10. García, E., López, M., & Sánchez, J. (2019). Pudrición radicular temprana en maíz causada por *Fusarium* spp. en Ecuador. *Agronomía Ecuatoriana*, 33(1), 45-54.
11. García-Díaz, M., González-Salgado, A., & Maldonado-Mendoza, I. (2023). Presencia de fumonisinas en maíz infectado con *Fusarium verticillioides*. *Revista de Micología Aplicada*, 31(2), 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.rma.2023.04.002>
12. González, R., Fernández, P., & Díaz, C. (2020). Necrosis radicular y pérdida de rendimiento en maíz por *Fusarium*. *Investigación Agraria*, 12(3), 78-89.
13. González-Torres, J. A., Vargas, L., & Muñoz, D. (2023). Incidencia de *Fusarium* en cultivos de maíz en la región andina. *Agrociencia Ecuatoriana*, 44(1), 12-21. <https://doi.org/10.32645/agec.v44i1.300>
14. Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2020). *The Fusarium Laboratory Manual* (2nd ed.). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781119374321>
15. Logrieco, A. F., Moretti, A., & Visconti, A. (2018). An overview of toxigenic fungi and mycotoxins in Europe. *International Journal of Food Microbiology*, 284, 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.05.007>
16. Marín, P., de Ory, A., Cruz, A., Magan, N., & González-Jaén, M. (2017). Potential effects of environmental conditions on the efficiency of the antifungal tebuconazole controlling *Fusarium verticillioides* and *Fusarium proliferatum* growth rate and fumonisin biosynthesis. *International Journal of Food Microbiology*, 165(3), 251-258. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.05.022>
17. Marín, S., Ramos, A. J., & Sanchis, V. (2022). Evaluación del riesgo de fumonisinas en productos derivados del maíz. *Food Safety Journal*, 39(2), 245-256. <https://doi.org/10.1016/fsj.2022.02.005>
18. Mendoza, M., Andrio, A., López, A., Rodríguez, R., Latournerie, L., & Rodríguez, S. (2006). Tasa de infección de la pudrición del tallo en maíz



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

- causada por *Fusarium moniliforme*. *Agronomía Mesoamericana*, 17(1), 19-24.
19. Morán, J. (2022). *Principales fungicidas químicos para el control del hongo Fusarium verticillioides, que afectan en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo.
20. Moreno, A., Cedeño, C., & Loor, L. (2022). Presencia de *Fusarium* spp. y niveles de fumonisinas en maíz comercializado en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(2), 105-112.
21. Munkvold, G. P. (2017). *Fusarium* species and their associated mycotoxins in maize grain. En *Mycotoxin Reduction in Grain Chains* (pp. 45-62). Wiley-Blackwell.
22. Muñoz, L. A., Ramírez-Rojas, S., & Flores-Barrera, M. (2022). Sintomatología y diagnóstico de enfermedades vasculares en maíz causadas por *Fusarium* spp. *Agricultura Técnica en México*, 48(3), 289-297. <https://doi.org/10.5154/r.agritmex.2022.03.01>
23. Nicolás, E., Martínez, R., & Gómez, L. (2023). Efectividad de tratamientos químicos en la reducción de *Fusarium* spp. en maíz. *Revista Fitopatología Latinoamericana*, 48(1), 45-52.
24. Pereira, J. L., Queiroz, P. R., & Alves, M. C. (2021). Eficácia de fungicidas no controle de *Fusarium* spp. em milho. *Summa Phytopathologica*, 47(2), 78-84. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/231234>
25. Pinto, V. F., López, A. M., & Rodríguez, C. (2018). Métodos para la evaluación de incidencia y severidad de enfermedades fúngicas en maíz. *Fitopatología Brasileña*, 43(2), 145-152.
26. Revelo, C. E. (2021). *Presencia de micotoxinas en maíz almacenado en la zona costa de Ecuador* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Manabí.
27. Solórzano-Solórzano, J. A., Zambrano, S. M. V., & Olmedo, J. B. V. (2024). *Fusarium* spp. in corn crops: Identification, geographic distribution, symptoms, mycotoxins, disease cycle, control, and current and future challenges. *Scientia Agropecuaria*, 15(4), 537-556. <https://doi.org/10.17268/sci.agrop.ecu.2024.040>
28. Téliz, D., Mora-Aguilera, G., & Zavaleta-Mejía, E. (2021). *Enfermedades del maíz y su manejo integrado*. Colección SAGARPA-FITOPATOLOGÍA, Universidad Autónoma Chapingo.
29. Torres, R., Rivera, H., & Bastidas, A. (2022). Evaluación de productos químicos para el control de *Fusarium* spp. en maíz (*Zea mays*) en Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Agropecuarias*, 11(1), 45-53.
30. Torres, R., Rivera, H., & Bastidas, A. (2023). Prevalencia de *Fusarium* spp. en maíz de tierras bajas ecuatorianas. *Revista Ecuatoriana de Ciencias Agropecuarias*, 12(2), 34-42.



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

31. Torres-Mendoza, D., Rojas-López, D., & Navarro, E. (2022). Impacto de *Fusarium* spp. en la productividad del maíz en sistemas agrícolas tradicionales. *Journal of Plant Pathology and Protection*, 45(4), 199-208. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01234-1>

