

Magnesio como estrategia de manejo contra la mancha de asfalto en el cultivo de maíz

Magnesium as a management strategy against tar spot in corn

Magnésio como estratégia de manejo contra a mancha do asfalto no cultivo de milho

Herrera-Eguez, Favio Eduardo
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
fherrerae@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-1376-423X>



Plaza-Zambrano, Paula Marisol
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
pplaza@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-5152-3272>



García-Gallirgos, Víctor Jorge
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Victor.garcia2016@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4547-6187>



Chele-Merchán, Griselda Vanessa
Investigador Independiente
gvanessachem@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-7923-694X>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1060>

Como citar:

Herrera-Eguez, F. E., Plaza-Zambrano, P. M., García-Gallirgos, V. J., & Chele-Merchán, G. V. (2025). Magnesio como estrategia de manejo contra la mancha de asfalto en el cultivo de maíz. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(E2), 1030–1044.

Recibido: 27/09/2025

Aceptado: 28/09/2025

Publicado: 30/09/2025

Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo de relevancia global, fundamental para la alimentación humana y animal. Su productividad se ve comprometida por enfermedades fúngicas, entre las cuales la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) destaca por su impacto económico. El magnesio (Mg), un macronutriente esencial para el desarrollo vegetal fue evaluado como estrategia para mitigar esta enfermedad. El estudio se realizó en la Finca Experimental "La María" de la UTEQ (66 m.s.n.m.), con el objetivo de analizar el efecto del Mg en el control de *P. maydis*, variables agronómicas y rentabilidad. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con seis tratamientos: T1 (testigo: 200-150-150 kg/ha de N-P-K), T2 (Mg 210.0 cc/ha), T3 (192.5 cc/ha), T4 (175.0 cc/ha), T5 (157.5 cc/ha) y T6 (140.0 cc/ha), cada uno con tres repeticiones. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Los resultados indicaron que las hojas inferiores (dos nudos bajo la mazorca) presentaron la mayor severidad, con un 13.26% en T1 (control), mientras que el tratamiento (T6) mostró el menor valor (7.21%). Económicamente, T6 (140.0 cc/ha Mg) registró un 13% más de rentabilidad que el testigo. Estos resultados sugieren que dosis moderadas de Mg pueden optimizar la relación costo-beneficio en el manejo integrado de *P. maydis*.

Palabras clave: micronutriente, *Phyllachora*, *maydis*, *Zea*, *mays*.

Abstract

Maize (*Zea mays* L.) is a globally significant crop essential for human and animal nutrition. Its productivity is severely affected by fungal diseases, particularly tar spot caused by *Phyllachora maydis*, which causes substantial economic losses. This study evaluated magnesium (Mg), an essential plant macronutrient, as a potential strategy to mitigate this disease. The experiment was conducted at UTEQ's Experimental Farm "La María" (66 m above sea level) using a completely randomized block design with six treatments: T1 (control: 200-150-150 kg/ha N-P-K), T2 (210.0 cc/ha Mg), T3 (192.5 cc/ha Mg), T4 (175.0 cc/ha Mg), T5 (157.5 cc/ha Mg), and T6 (140.0 cc/ha Mg), each with three replicates. Data were analyzed using ANOVA followed by Tukey's test ($P \leq 0.05$). Results showed that lower leaves (two nodes below the ear) exhibited the highest disease severity (13.26% in control), while T6 (140.0 cc/ha Mg) showed the lowest severity (7.21%). Economically, T6 demonstrated 13% higher profitability than the control. These findings suggest that moderate Mg application can optimize cost-benefit ratios in integrated management of *P. maydis*, providing an effective and sustainable control strategy for maize production systems.

Keywords: micronutrient, *Phyllachora*, *maydis*, *Zea*, *mays*.

Resumo

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura de importância global, fundamental para a alimentação humana e animal. A sua produtividade é comprometida por doenças fúngicas, entre as quais a mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) se destaca pelo seu impacto económico. O magnésio (Mg), um macronutriente essencial para o desenvolvimento vegetal, foi avaliado como estratégia para mitigar esta doença. O estudo foi realizado na Fazenda Experimental "La María" da UTEQ (66 m.s.n.m.), com o objetivo de analisar o efeito do Mg no controlo da *P. maydis*, variáveis agronómicas e rentabilidade. Foi implementado um desenho de blocos completamente aleatórios (DBCA) com seis tratamentos: T1 (testemunha: 200-150-150 kg/ha de N-P-K), T2 (Mg 210,0 cc/ha), T3 (192,5 cc/ha), T4 (175,0 cc/ha), T5 (157,5 cc/ha) e T6 (140,0 cc/ha), cada um com três repetições. Os dados foram analisados por ANOVA e teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Os resultados indicaram que as folhas inferiores (dois nós abaixo da espiga) apresentaram a maior gravidade, com 13,26% em T1 (controlo), enquanto o tratamento (T6)

apresentou o menor valor (7,21%). Economicamente, T6 (140,0 cc/ha Mg) registou 13% mais rentabilidade do que o testemunho. Estes resultados sugerem que doses moderadas de Mg podem otimizar a relação custo-benefício no manejo integrado de *P. maydis*.

Palavras-chave: micronutriente, *Phyllachora*, *maydis*, *Zea*, *mays*.

Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) representa uno de los cultivos más importantes para la seguridad alimentaria global, con profundas raíces históricas que se remontan a su domesticación en Mesoamérica entre los años 8,000 y 600 A.C. (Acosta, 2009). Como principal fuente de carbohidratos y proteínas, este cereal aporta aproximadamente el 15% del consumo proteico y el 20% de las calorías a nivel mundial (FAO, 2023). En el contexto ecuatoriano, su cultivo abarca más de 362,473 hectáreas, con una producción anual que supera 1.6 millones de toneladas métricas, siendo las provincias de Los Ríos (42%), Manabí (30%) y Guayas (19%) las principales zonas productoras (CFN, 2023). Sin embargo, este cultivo estratégico enfrenta crecientes desafíos fitosanitarios que comprometen su productividad, destacándose entre ellos el complejo de la mancha de asfalto, enfermedad emergente causada principalmente por el hongo *Phyllachora maydis*.

La mancha de asfalto ha adquirido relevancia fitopatológica en las últimas décadas, particularmente en regiones tropicales y subtropicales de América Latina. Este patosistema complejo, que frecuentemente involucra interacciones sinérgicas con *Coniothyrium phyllachorae* y *Monographella maydis* (Quiroga et al., 2017), se manifiesta mediante característicos estromas negros y brillantes en el follaje que evolucionan hacia necrosis extensas con patrón de "ojo de pescado" (Hernández y Sandoval, 2015). Las condiciones agroclimáticas de la costa ecuatoriana, con alta humedad relativa (>75%) y temperaturas entre 15-25°C (CABI, 2020), crean un ambiente propicio para la esporulación y dispersión del patógeno, generando pérdidas de rendimiento que pueden alcanzar hasta el 50% en variedades susceptibles como el híbrido INIAP H-551 (Crespo et al., 1990; Bajet et al., 1994).

Frente a este escenario, el manejo convencional basado en fungicidas muestra limitaciones crecientes, incluyendo el desarrollo de resistencia en poblaciones patogénicas y los impactos ambientales asociados a su uso intensivo (Cruz, 2013). Esta situación ha impulsado la búsqueda de estrategias alternativas sustentadas en el manejo nutricional de los cultivos, particularmente mediante la optimización de micronutrientes con funciones en los mecanismos de defensa vegetal. En este contexto, el magnesio (Mg) emerge como un elemento clave, no solo por su papel fundamental en la síntesis de clorofila y la activación enzimática (Marschner, 2011), sino también por su capacidad para modular respuestas defensivas contra patógenos fúngicos (Huber y Jones, 2012).

La evidencia científica reciente demuestra que el Mg participa en múltiples procesos que confieren resistencia a enfermedades vegetales. A nivel celular, fortalece la estructura de las paredes celulares mediante la formación de puentes con pectinas (Ahmed et al., 2023), mientras que a nivel metabólico regula la producción de especies reactivas de oxígeno (Guo et al., 2016) y facilita la translocación de fotoasimilados necesarios para la síntesis de compuestos defensivos (Huber y Jones, 2012). Sin embargo, en suelos tropicales ácidos y arenosos - característicos de las principales zonas maiceras ecuatorianas -, la disponibilidad de Mg se ve frecuentemente limitada por procesos de lixiviación y baja capacidad de intercambio catiónico (Mengutay, 2013), condición que podría exacerbar la susceptibilidad del cultivo a *P. maydis*.

A pesar del sólido fundamento teórico que sustenta la relación entre nutrición mineral y resistencia a enfermedades, persisten importantes vacíos de conocimiento respecto al papel específico del Mg en el manejo de la mancha de asfalto en maíz. Estudios meta analíticos recientes indican que la fertilización con Mg puede reducir la severidad de enfermedades fúngicas en hasta un 30% (Zheng et al., 2020), pero se carece de información precisa sobre: (1) los umbrales óptimos de aplicación para *P. maydis*, (2) la dinámica espacial de la infección en diferentes estratos foliares, y (3) la rentabilidad económica comparativa frente a otras

estrategias de control. Estos aspectos resultan críticos para desarrollar protocolos de manejo integrado adaptados a las condiciones agroecológicas del Ecuador.

El presente estudio plantea como hipótesis central que la aplicación de Mg reduce significativamente la severidad de *P. maydis* en maíz mediante tres mecanismos complementarios: (a) fortalecimiento estructural de los tejidos vegetales, (b) mejora en la eficiencia fotosintética que potencia las respuestas defensivas, y (c) regulación de la expresión génica asociada a resistencia sistémica. Para probar esta hipótesis, se evaluó el efecto de diferentes dosis de Mg (0-210 cc/ha) sobre parámetros epidemiológicos, agronómicos y económicos en condiciones de campo, utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar y la escala logarítmica de severidad desarrollada por Hernández y Sandoval (2015). Los resultados de esta investigación aportan evidencia científica para optimizar el manejo integrado de la mancha de asfalto en sistemas de producción maicera, con implicaciones directas para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola en la región.

Metodología

Localización del estudio

La investigación se llevó a cabo en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, específicamente en el Campus Universitario "La María", ubicado en el km 7.5 de la vía Quevedo-Mocache, provincia de Los Ríos. Geográficamente, el sitio se encuentra a 01° 5' 1.81" de latitud Sur y 79° 29' 53.77" de longitud Oeste, con una altitud de 66 m.s.n.m.

Factores en estudio, tratamientos y diseño experimental

El estudio evaluó el efecto de diferentes concentraciones de magnesio en el control de *Phyllachora maydis* en el cultivo de *Zea mays*. Para ello, se establecieron seis tratamientos: (1) Control con fertilización N-P-K (200-150-150 kg/ha); (2) NPK más 3.00 L/ha de "El Fosforoso" (210.0 cc de Mg); (3) NPK más 2.75 L/ha (192.5 cc de Mg); (4) NPK más 2.50

L/ha (175.0 cc de Mg); (5) NPK más 2.25 L/ha (157.5 cc de Mg); y (6) NPK más 2.00 L/ha (140.0 cc de Mg). El diseño experimental empleado fue un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA) con seis tratamientos y tres repeticiones, totalizando 18 unidades experimentales. Cada unidad ocupó un área de 16 m², con una distancia de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras, en un área total de ensayo de 450 m². El análisis estadístico incluyó ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0.05$) para comparar las medias, evaluando un total de 1,080 plantas útiles distribuidas uniformemente para garantizar la precisión de los resultados en Infostat 2020, previa verificación de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (Levene).

Manejo Agronómico

El experimento se condujo protocolos agronómicos para garantizar la validez y reproducibilidad de los resultados. La preparación del terreno incluyó labranza primaria con rastra y nivelación, seguida de la eliminación manual de residuos vegetales para evitar competencia por nutrientes y reducir fuentes de inóculo de patógenos. La siembra se realizó manualmente utilizando semillas del híbrido INIAP H-551, que es representativo de la zona y tiene tolerancia a la mancha de asfalto, con una densidad de 100 plantas por unidad experimental (20 plantas/hilera $\times$ 5 hileras), manteniendo distancias de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras. El control de malezas combinó métodos manuales (deshierbe en etapas tempranas) y aplicación del herbicida Atrazina 500 SC (2.5 L/ha) para control de malezas de hoja ancha y gramíneas. La fertilización se aplicó en dos etapas: a los 20 y 40 días después de la siembra (dds), utilizando urea (46% N), fosfato diamónico (18% N, 46% P₂O₅) y muriato de potasio (60% K₂O) como base, complementada con aplicaciones foliares de "El Fosforoso" (7% Mg) en las dosis experimentales descritas en la sección anterior. El riego se mantuvo a capacidad de campo cuando fue necesario mediante aspersión monitoreándose por una estación climática (Speed Connect WD LTE CAT-4) y un medidor de humedad de suelo (VIVOSUN Digital). Para el control de plagas se empleó Cipermetrina (50 EC) ante detección de

Spodoptera frugiperda. La cosecha se realizó manualmente al alcanzar la madurez fisiológica (humedad del grano ~22%), registrándose parámetros de rendimiento en las plantas centrales de cada parcela para evitar efectos borde. Todos los insumos fueron aplicados con equipos calibrados (bomba de mochila con boquilla de abanico para aspersiones y cinta métrica para distanciamientos).

Variables evaluadas

Para evaluar el efecto de los tratamientos con magnesio sobre el cultivo de maíz, se midieron variables agronómicas y patológicas siguiendo protocolos estandarizados de escalas de evaluación visual (Hernández y Sandoval, 2015). La severidad de *Phyllachora maydis* se cuantificó mediante una escala visual de 7 niveles (Clase 0: 0% sin síntomas; Clase 1: 1-6% con pocas manchas; Clase 2: 7-22% con necrosis incipiente; Clase 3: 23-55% con pérdida de área foliar; Clase 4: 56-84% con necrosis avanzada; Clase 5: 85-95% con hoja casi destruida; Clase 6: 96-100% con hoja completamente necrosada), evaluándose en tres estratos foliares (inferior “-2”, medio “-1” y superior “+1”) tomando como referencia el número de nodos desde la mazorca principal. El desarrollo fenológico se registró mediante los días a floración (DF), contabilizando el tiempo desde siembra hasta que el 50% de las plantas presentaron emisión de estigmas y anteras. Los parámetros de crecimiento incluyeron: altura de planta (cm) medida a los 60 dds desde la base del tallo al ápice de la panoja con flexómetro, y circunferencia del tallo (cm) en el entrenudo superior con pie de rey. El rendimiento se evaluó mediante: longitud de mazorca (cm) desde la base al ápice, circunferencia en su punto medio (cm), peso de 100 granos (g) con balanza analítica (± 0.01 g), peso bruto y neto de mazorcas (kg) por parcela útil, y rendimiento final ajustado al 14% de humedad. Adicionalmente, se calculó la relación beneficio-costos (B/C) considerando los ingresos brutos por venta de grano versus los costos totales de producción (insumos, mano de obra y equipos) al precio oficial de realizado el ensayo.

Resultados

Severidad de la mancha de asfalto en hojas de diferente altura

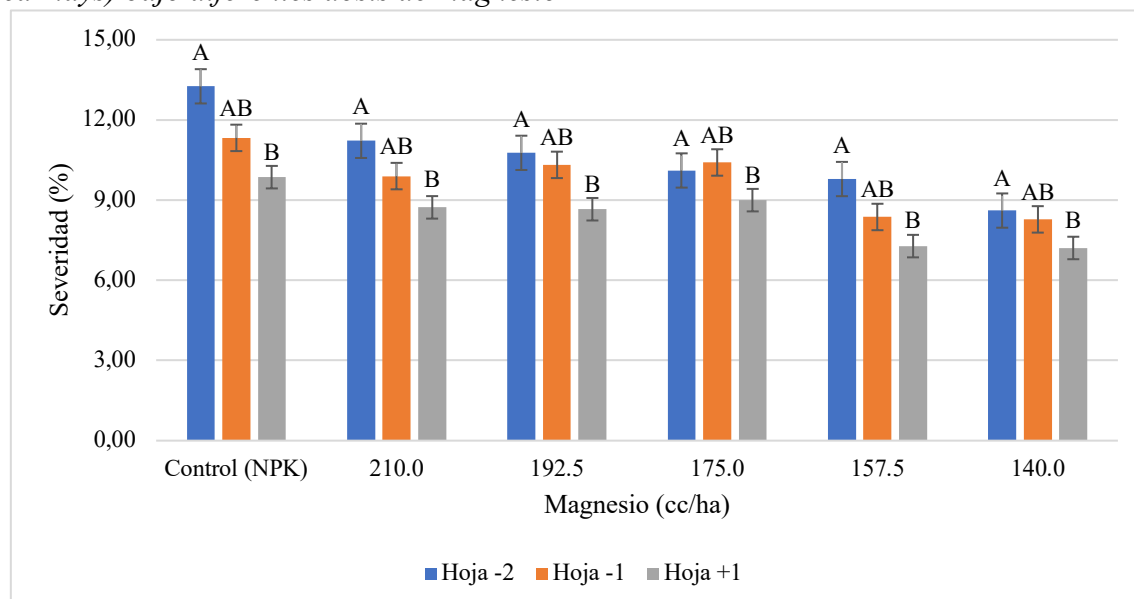
Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en la severidad de la mancha de asfalto en función de la posición foliar y las dosis de magnesio aplicadas (Figura 1). El tratamiento control (sin aplicación de magnesio) presentó los menores niveles de severidad en todas las posiciones foliares evaluadas, con valores promedio de 8.61% en las hojas basales, 8.21X% en las hojas intermedias y 8.28X% en las hojas apicales.

La severidad de la enfermedad mostró una variación dependiente de la dosis de magnesio aplicada, evaluada mediante una escala visual estandarizada. El tratamiento T5 (157.5 cc de Mg) registró los mayores niveles de daño foliar, con una severidad del 13.26% en las hojas basales, 11.33% en las intermedias y 9.86% en las apicales, indicando un gradiente de susceptibilidad decreciente desde las hojas inferiores hacia las superiores.

Las dosis más elevadas de magnesio (210.0 y 192.5 cc) no indujeron una reducción significativa ($p > 0.05$, ANOVA seguido de prueba de Tukey) en la severidad de la enfermedad en comparación con el control, comportándose de manera similar a las dosis más bajas (175.0 y 157.5 cc). Sin embargo, la aplicación de 140.0 cc de Mg mostró una tendencia a disminuir la severidad en relación con las dosis inferiores, aunque esta reducción no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$) frente al tratamiento control. Estos resultados sugieren que el efecto del magnesio sobre la severidad de la mancha de asfalto no sigue un patrón lineal, y que dosis intermedias podrían modular la respuesta de la planta frente al patógeno.

Figura 1

*Severidad de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en hojas de maíz de diferente altura (*Zea mays*) bajo diferentes dosis de magnesio*



Nota: Letras diferentes indican diferencias estadísticas bajo ANOVA Tukey $P < 0.05$. Las barras indican el error estándar (Autores, 2025).

Variables de interés agronómico en la producción de maíz

El análisis de altura de plantas no mostró diferencias significativas entre los tratamientos con diferentes dosis de magnesio. El tratamiento control (NPK sin Mg) presentó una altura promedio de 144.73 cm, mientras que los tratamientos con aplicaciones de magnesio oscilaron entre 144.47 cm y 149.67 cm. Aunque se observó una ligera variación en los valores, no se identificó un patrón de respuesta asociado a las dosis de magnesio aplicadas, lo que indica que este nutriente no tuvo un efecto significativo en el crecimiento vertical de las plantas bajo las condiciones evaluadas (Tabla 1).

La longitud de la mazorca no presentó variaciones significativas entre los tratamientos. El control (NPK) registró un promedio de 16.27 cm, mientras que las dosis de magnesio mostraron valores entre 15.99 cm y 17.18 cm. A pesar de las diferencias numéricas, el análisis estadístico no permitió establecer una relación entre la concentración de magnesio y este parámetro, lo que sugiere que la longitud de la mazorca no se vio influenciada por las aplicaciones del nutriente (Tabla 1).

La circunferencia de la mazorca tampoco mostró diferencias significativas entre los tratamientos. La dosis más alta de magnesio (210.0 cc/ha) presentó el mayor promedio (13.06 cm), seguida de 157.5 cc/ha (12.77 cm) y 140.0 cc/ha (12.85 cm). Sin embargo, el análisis estadístico agrupó a todos los tratamientos en una misma categoría, lo que confirma que el magnesio no tuvo un efecto determinante en esta variable (Tabla 1).

Los componentes de rendimiento evaluados (peso neto de 10 mazorcas, peso bruto y peso de 100 granos) no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. No obstante, el tratamiento con 140.0 cc/ha de magnesio mostró el mayor rendimiento numérico (23.47 kg), superando al control (20.27 kg) en 3.20 kg. Aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa, sugiere que dosis moderadas de magnesio podrían tener un efecto positivo en el rendimiento, aunque no concluyente bajo las condiciones de este estudio (Tabla 1).

Tabla 1

Variables de interés agronómico en la producción de maíz bajo diferentes dosis de magnesio.

Tratamiento (dosis)	Altura planta (cm)	Longitud mazorca (cm)	Circunferencia mazorca (cm)	Rendimiento total (kg)
Control (N-P-K)	144.73	16.27	12.62	20.27
210.0 cc/Mg	148.67	16.56	13.06	22.87
192.5 cc/Mg	148.03	16.81	12.51	22.33
175.0 cc/Mg	145.50	15.99	12.86	21.77
157.5 cc/Mg	149.50	17.18	12.77	22.77
140.0 cc/Mg	144.47	16.68	12.85	23.47
C.V.	4.19	3.65	2.17	6.70
P Value	0.42	0.43	0.25	0.10

Nota: (Autores, 2025).

Análisis económico de tipo beneficio / costo

La evaluación económica realizada evidenció que la dosis de 140 cc/Mg obtuvo el mayor ingreso neto, alcanzando \$4.08 por unidad de superficie, así como la rentabilidad más elevada (41%). Este tratamiento presentó una relación beneficio/costo (B/C) superior en 0.4 puntos respecto al tratamiento control, lo que indica una ventaja significativa en términos de eficiencia económica (Tabla 2). La rentabilidad fue calculada considerando el precio vigente del maíz durante el periodo del ensayo, establecido en \$0.60 por kilogramo al momento de

realizar el ensayo (SIPA, 2024). Adicionalmente, el tratamiento de 140 cc/Mg mostró una optimización en el uso de insumos, lo que se traduce en una inversión más eficiente. Estos hallazgos sugieren que la aplicación de magnesio en la dosis evaluada no solo mejora el rendimiento del cultivo, sino que constituye una estrategia agronómica viable y económicamente rentable para los productores. Esta práctica permite incrementar los márgenes de ganancia sin generar aumentos significativos en los costos de producción, consolidándose como una alternativa sostenible en el manejo nutricional del maíz.

Tabla 2
Análisis de costos de la aplicación de magnesio en el cultivo del maíz (Zea mays) en el control de la mancha de asfalto.

Tratamientos Mg (cc/ha)	Rendimiento (kg)	Ingreso bruto	Costo total	Ingreso neto	B/C	Rentabilidad (%)
Control	20.3	12	9.48	2.68	0.3	28
210.0	22.9	14	10.01	3.71	0.4	37
192.5	22.3	13	10.01	3.39	0.3	34
175.0	21.8	13	10.00	3.06	0.3	31
157.5	22.8	14	10.00	3.66	0.4	37
140.0	23.5	14	10.00	4.08	0.4	41

Nota: La relación beneficio/costo es comparada con el control a un precio de \$0.60/kg al momento del ensayo (SIPA, 2024).

Discusión

Este estudio se centró en evaluar el papel del magnesio en la mitigación de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.), una enfermedad foliar que puede comprometer significativamente el rendimiento y la rentabilidad del cultivo. Considerando que la severidad de esta patología varía según factores fisiológicos y ambientales, se analizó su incidencia en hojas ubicadas a distintas alturas dentro de la planta, con el objetivo de comprender mejor su dinámica y explorar el potencial del magnesio como agente modulador de su impacto.

La severidad de la enfermedad fue evaluada mediante la escala visual propuesta por Hernández y Sandoval (2025), lo que permitió identificar diferencias claras en el grado de afectación foliar entre tratamientos. Los resultados indicaron que las hojas basales presentaron

los niveles más altos de infección, en concordancia con lo reportado por Bajet et al. (1994), quienes describen que la propagación de *Phyllachora maydis* inicia desde la base del cultivo. En contraste, las hojas superiores correspondientes a tejidos más jóvenes mostraron una menor severidad, especialmente en los tratamientos que incluyeron magnesio, lo que sugiere un efecto protector asociado a este nutriente.

El magnesio desempeña funciones clave en la fisiología vegetal, incluyendo la estabilización de las paredes celulares (Ahmed et al., 2023), la activación enzimática y la síntesis de proteínas (Mengel y Kirkby, 2000). Además, al ser el núcleo central de la molécula de clorofila, su presencia es esencial para la fotosíntesis y la eficiencia en la captura de energía lumínica (Waters, 2011). Estos mecanismos podrían explicar la mejora en la resistencia de los tejidos vegetales frente a la acción del patógeno, así como el fortalecimiento estructural observado en las plantas tratadas.

Desde el punto de vista agronómico, todos los tratamientos con fertilización con magnesio mostraron incrementos significativos en el rendimiento del híbrido INIAP-551 respecto al control, destacando la combinación de magnesio + NPK como la más eficiente. En particular, la dosis de 140.0 cc/ha alcanzó un rendimiento de 23.47 kg, lo que refleja una mayor capacidad de absorción y aprovechamiento de los nutrientes aplicados. Estos hallazgos coinciden con estudios previos como el de Hammond y White (2006), quienes observaron una respuesta cuadrática en el rendimiento del maíz ante la aplicación de magnesio, con un rendimiento máximo al aplicar 19 kg/ha. Asimismo, Shamsun et al. (2015) reportaron mejoras en atributos como altura de planta, longitud de mazorca y peso de grano, con una dosis óptima de 20 kg/ha de Mg, alcanzando hasta 10,507 kg/ha de rendimiento.

La evidencia acumulada respalda que un suministro adecuado de magnesio favorece el desarrollo vegetal y mejora la productividad del cultivo (Mengutay, 2013; Senbayram et al., 2015). Aunque en este estudio no se observó una reducción significativa en la incidencia de la

mancha de asfalto, el efecto positivo sobre el rendimiento sugiere que la fertilización con magnesio puede compensar parcialmente los daños causados por enfermedades foliares, como también lo señalaron Vincés et al. (2002) en su trabajo con la variedad INIAP-551.

Finalmente, desde una perspectiva económica, el aumento en el rendimiento se traduce en una mejora en la relación beneficio-costos, contribuyendo a la estabilidad financiera de los productores, especialmente en zonas donde el maíz constituye un cultivo estratégico. La aplicación de magnesio, por tanto, se presenta como una alternativa viable para fortalecer el metabolismo vegetal, optimizar procesos fisiológicos clave y mejorar la productividad, incluso en presencia de estrés biótico.

Conclusión

La severidad de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) se concentró principalmente en las hojas inferiores del cultivo de maíz INIAP-551, siendo el tratamiento 5 (157.5 cc/ha de magnesio) el que presentó el mayor nivel de afectación foliar. Este hallazgo confirma la tendencia del patógeno a manifestarse con mayor intensidad en los tejidos más antiguos de la planta. La aplicación de magnesio, en las dosis evaluadas, no generó diferencias significativas en variables morfológicas como altura de planta, longitud de mazorca y circunferencia de mazorca. Esto sugiere que, bajo las condiciones del ensayo, el magnesio no tuvo un efecto determinante sobre el desarrollo estructural del cultivo.

Desde una perspectiva económica, el tratamiento 6 (140.0 cc/ha de magnesio) destacó por presentar la relación beneficio/costos más favorable, con una rentabilidad del 41% y un índice B/C de 0.4 superior al tratamiento control. Estos resultados evidencian que, aunque el magnesio no redujo significativamente la severidad de la enfermedad ni mejoró los parámetros morfológicos, su aplicación puede representar una estrategia rentable para optimizar la productividad del cultivo.

Referencias bibliográficas

- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. *El Maíz en Cuba*, 30(2). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362009000200016
- Ahmed, N., Zhang, B., Bozdar, B., Chachar, S., Rai, M., Li, J., ... Tu, P. (2023). The power of magnesium: Unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*, 14, Article 1285512. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1285512>
- Bajet, N., Renfro, B., & Carrasco, J. (1994). Control of tar spot of maize and its effect on yield. *Plant Disease*, 40(2), 121–125.
- CABI. (2020). *Phyllachora maydis*. Centre for Agriculture and Bioscience International. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633038/Mancha_de_asfalto.pdf
- CFN. (2023). Cultivo de maíz. Corporación Financiera Nacional BP. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2023/fichas-sectoriales-2-trimestre/Ficha-Sectorial-Cultivo-de-maiz.pdf>
- Chakraborty, S., Islam, M. M., & Khokon, M. A. R. (2024). Field performance assessment of formulated *Pseudomonas fluorescens* for enhancing plant growth and inducing resistance against rice blast disease. *Journal of King Saud University - Science*, 36(6), 103228. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2024.103228>
- Crespo, S., Burbano, M., & Vasco, S. (1990). INIAP H-551: Híbrido de maíz para la zona central del Litoral (Plegable No. 112). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1650>
- Cruz, O. (2013). El cultivo de maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- FAO. (2023). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/3/cc3017es/cc3017es.pdf>
- Guo, W., Nazim, H., Liang, Z., & Dongfeng, Y. (2016). Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, 4(2), 83–91. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2015.11.003>
- Hammond, J. P., & White, P. J. (2006). How do plants respond to nutrient stress? In N. Verbruggen (Ed.), *Plant responses to abiotic stress* (pp. 610–617). Springer.
- Hernández, L., & Sandoval, J. (2015). Escala diagramática de severidad para el complejo mancha de asfalto del maíz. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 3(1), 95–103.
- Huber, D. M., & Jones, J. B. (2012). The role of magnesium in plant disease. *Plant and Soil*, 368, 73–85. <https://doi.org/10.1007/s11104-012-1476-0>
- Marschner, P. (2011). *Nutrición mineral de las plantas* (3ra ed.). Academic Press.
- Mengel, K., & Kirkby, B. (2000). *Principios de nutrición vegetal* (4ª ed.). Instituto Internacional de la Potasa.
- Mengutay, M. C. (2013). Adequate magnesium nutrition mitigates adverse effects of heat stress on maize and wheat. *Plant and Soil*, 357, 57–72. <https://doi.org/10.1007/s11104-013->

[1761-6](#)

- Quiroga Madrigal, R., Garrido Ramírez, E., Rosales Esquinca, M., & Salazar Pinacho, W. (2017). Manual técnico: Manejo integrado del complejo mancha de asfalto del maíz en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/633038/Mancha_de_asfalto.pdf
- Senbayram, M., Tiel, H., & Gransee, A. (2015). Role of magnesium fertilisers in agriculture: Plant-soil continuum. *Australian Journal of Agricultural Research*, 66(11), 1219–1229. <https://doi.org/10.1071/CP15104>
- Shamsun, N., Noela, A., Monirul, I., & Nirmal, C. (2015). Effect of magnesium on crop yields within maize–green manure–T. aman rice cropping pattern on acid soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(12), 1733–1746. <https://doi.org/10.1080/03650340.2015.1011139>
- Vinces Tachong, R. E., Vélez Ruiz, M. C., Gaibor Fernández, R. R., & Herrera Eguez, F. E. (2002). Implementación del procesamiento de imágenes para la evaluación de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en maíz (*Zea mays*). *Terra Latinoamericana*, 40, 1–10. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1066>
- Waters, B. (2011). Magnesium and photosynthesis. *New Phytologist*, 193(3), 637–650. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2011.03724.x>
- Zheng, W., Mahmood UL, H., Faisal, N., Liangquan, W., Fusuo, Z., & Li, X. (2020). Magnesium fertilization improves crop yield in most production systems: A meta-analysis. *Frontiers in Plant Science*, 10, Article 1727. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01727>