

Control de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante aplicación de silicio

Control of anthracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) through silicon application

Controlo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) no feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) através da aplicação de silício

Peñaherrera-Chang, Cristóbal Puyi
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
cpenaherrerac@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-5266-1578>



Saucedo-Aguiar, Silvia Gicela
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
ssaucedo@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0992-6742>



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



Sellan-Canales, María José
Investigador Independiente
maria.jose037@outlook.es
<https://orcid.org/0009-0001-7165-6280>



Conforme-Anzules, Nicole Andreína
Solugreen
nconformeanzules@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1588-7199>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v7/n1/1566>

Como citar:

Peñaherrera-Chang, C. P., Saucedo-Aguiar, S. G., Herrera-Eguez, F. E., Sellan-Canales, M. J., & Conforme-Anzules, N. A. (2026). Control de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) mediante aplicación de silicio. *Código Científico Revista De Investigación*, 7(1), 2636–2651.

Recibido: 26/05/2026

Aceptado: 25/06/2026

Publicado: 30/06/2026

Resumen

El estudio evaluó la severidad de la antracnosis causada por *Colletotrichum lindemuthianum* en fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad cuarentón bajo diferentes dosis de silicio. La investigación se desarrolló durante dos años en la Finca Experimental La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. El silicio se aplicó como dióxido de silicio (SiO_2 , 32 %), fraccionado a los 15 y 45 días después de la siembra. La severidad de la enfermedad de hojas y vainas se cuantificó mediante evaluación visual y el software Leaf Doctor. La correlación entre ambos métodos (R^2 : 0.75–0.97) confirmó la validez de la evaluación. Las pruebas de Tukey ($p < 0.05$) mostró que la severidad puede evaluarse en hojas de cualquier estrato, sin diferencias estadísticas entre alturas. Las dosis de silicio de $112.5 \text{ kg. ha}^{-1}$ redujo la severidad, la altura de planta y el número de vainas en comparación con el control. El análisis beneficio/costo no justificó el uso del producto debido a su alto costo y al bajo precio de comercialización del cultivo, por lo que su aplicación se recomiendan fuentes alternas de silicio.

Palabras clave: Leaf Doctor, fertilización, muestreo.

Abstract

The study evaluated the severity of anthracnose caused by *Colletotrichum lindemuthianum* in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), variety Cuarentón, under different doses of silicon. The research was conducted over two years at the La María Experimental Farm of the Technical State University of Quevedo. A completely randomized block design with seven treatments and three replications was used. Silicon was applied as silicon dioxide (SiO_2 , 32%), split at 15 and 45 days after sowing. Disease severity on leaves and pods was quantified through visual assessment and the Leaf Doctor software. The correlation between both methods (R^2 : 0.75–0.97) confirmed the validity of the evaluation. Tukey's tests ($p < 0.05$) showed that severity can be assessed on leaves from any stratum, with no statistical differences among heights. Silicon doses of 112.5 kg ha^{-1} reduced severity, plant height, and the number of pods compared to the control. The benefit/cost analysis did not justify the use of the product due to its high cost and the low market price of the crop; therefore, alternative sources of silicon are recommended.

Keywords: Leaf Doctor, fertilization, sampling.

Resumo

O estudo avaliou a gravidade da antracnose causada por *Colletotrichum lindemuthianum* no feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), variedade Cuarentón, sob diferentes doses de silício. A investigação decorreu ao longo de dois anos na Quinta Experimental de La María da Universidade Técnica Estadual de Quevedo. Foi utilizado um esquema de blocos completamente aleatórios com sete tratamentos e três repetições. O silício foi aplicado na forma de dióxido de silício (SiO_2 , 32%), dividido em duas doses, 15 e 45 dias após a sementeira. A gravidade da doença nas folhas e nas vagens foi quantificada através de avaliação visual e do software Leaf Doctor. A correlação entre ambos os métodos (R^2 : 0,75–0,97) confirmou a validade da avaliação. Os testes de Tukey ($p < 0,05$) demonstraram que a gravidade pode ser avaliada nas folhas de qualquer estrato, sem diferenças estatísticas entre as alturas. Doses de silício de $112,5 \text{ kg ha}^{-1}$ reduziram a gravidade, a altura das plantas e o número de vagens em comparação com o controlo. A análise custo-benefício não justificou a utilização do produto devido ao seu elevado custo e ao baixo preço de mercado da cultura; por conseguinte, recomendam-se fontes alternativas de silício.

Palavras-chave: Leaf Doctor, fertilização, amostragem.

Introducción

El fréjol común (*Phaseolus vulgaris*) es una leguminosa de alto valor nutricional y constituye uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su amplia distribución en los cinco continentes. En América Latina representa una fuente esencial de alimento, especialmente en zonas con limitada disponibilidad nutricional (IICA, 2009; Damm et al., 2010; Valladares, 2010). No obstante, es una especie sensible al frío, la humedad, los cambios bruscos de clima y diversas enfermedades que afectan su productividad (Hernández, 2009; Córdova, 2015). En la región de Quevedo, una de las principales limitantes es la antracnosis, enfermedad ampliamente reportada en el cultivo (Treviño & Rosas, 2013; Tutiven, 2016).

La antracnosis es causada por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*, presente en la mayoría de las zonas productoras de fréjol (Mena & Velásquez, 2010; Mycobank, 2017; Uniprot, 2002). En condiciones favorables —alta humedad relativa, lluvias frecuentes y temperaturas entre 18 y 22 °C— puede ocasionar pérdidas de rendimiento de hasta el 95 % en cultivares susceptibles (Melotto et al., 2000). El patógeno corresponde al estado anamórfico del género *Glomerella*, perteneciente a *Ascomycota*, caracterizado por peritecios oscuros no estromáticos y abundantes paráfisis de paredes delgadas (Réblová et al., 2011; Zhang et al., 2006, 2013).

Los síntomas iniciales incluyen lesiones angulares o lineales de color rojo oscuro en hojas y tallos, así como canchales hundidos. En vainas, la enfermedad es más evidente, con lesiones circulares de tonos café a rojizos, que pueden presentar masas fúngicas rosadas en periodos de alta humedad (ASPROMOR, 2012; Pérez et al., 2010). Las vainas jóvenes severamente afectadas pueden arrugarse o marchitarse.

El manejo de la enfermedad incluye control cultural, como desinfección de semillas con agua caliente y rotación de cultivos; control químico, mediante fungicidas protectantes o sistémicos; y manejo nutricional, donde el silicio ha mostrado efectos benéficos en diversos

cultivos (Álvarez & Osorio, 2014). El silicio, absorbido como ácido monosilícico (H_4SiO_4), se acumula en células epidérmicas y puede mejorar la disponibilidad de nutrientes, la tolerancia a estrés y la resistencia a enfermedades (Mitani & Ma, 2005; Epstein & Bloom, 2005; Epstein, 2009).

En suelos tropicales, los fertilizantes silicatados incrementan la disponibilidad de fósforo y pueden mejorar el rendimiento de los cultivos (Pinzón et al., 2017). El silicio forma una doble capa cuticular que refuerza mecánicamente los tejidos y contribuye a la defensa frente a patógenos; sin embargo, su inmovilidad en la pared celular exige un suministro constante (Snyder et al., 2001; Mejisulfatos, 2010).

La evaluación de la severidad de antracnosis suele realizarse mediante escalas visuales, aunque estas dependen de la experiencia del evaluador. El procesamiento digital de imágenes reduce este sesgo y permite análisis más objetivos y reproducibles (Pethybridge & Nelson, 2015; Wijekoon et al., 2008). Las evaluaciones deben considerar el estado fenológico del cultivo, ya que la expresión de la enfermedad varía según condiciones ambientales y prácticas de manejo (Ibagón & Perafán, 2009; Tamayo, 1995).

El objetivo de esta investigación fue determinar la utilidad del procesamiento de imágenes (Leaf Doctor) para evaluar la severidad de la antracnosis, comparándolo con escalas visuales tradicionales bajo la aplicación de silicio como factor de estrés biológico durante dos ciclos de cultivo. Se evaluaron dosis de silicio en suelo, la severidad en hojas y vainas, y un análisis beneficio/costo, con el fin de promover el uso del programa como herramienta alternativa para la evaluación de métodos de control de antracnosis en fréjol.

Metodología

Ubicación del estudio

La investigación se realizó en la Finca Experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, situada en el kilómetro 7 de la vía Quevedo–El Empalme. Esta localidad se encuentra a 79°27' de longitud oeste y 01°06' de latitud sur, a una altitud de 67 m. s. n. m. Los ensayos se desarrollaron durante las estaciones lluviosa y seca correspondientes a los años 2020 y 2021, respectivamente.

Diseño experimental

El estudio se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Cada parcela experimental tuvo dimensiones de 4.0 × 2.5 m y se utilizó la variedad de fréjol Cuarentón, sembrada a una densidad equivalente a 400,000 plantas por hectárea. Los diferentes tratamientos recibieron fertilización basada en análisis de suelo con una dosis de 70-60-40 kg/ha (N-P-K) y 90 kg. ha⁻¹ de silicio. Los demás tratamientos correspondieron a variaciones del 150 %, 125 %, 75 % y 50 % de la dosis de silicio reportada por Quintana (2016). Los fertilizantes se aplicaron en dos fraccionamientos, a los 15 y 45 días después de la siembra, utilizando urea, muriato de potasio, fosfato diamónico y dióxido de silicio (SiO₂; 32%). El análisis estadístico se efectuó con el software InfoStat (Dirienzo et al., 2020), aplicando análisis de varianza con prueba de Tukey ($p < 0.05$) y correlaciones lineales para validar los métodos de evaluación.

Manejo del experimento

La preparación del terreno incluyó un pase de arado y dos de rastra. Antes de la instalación del ensayo se realizó control químico pos-emergente de malezas con glifosato (1L. ha⁻¹). Las semillas fueron desinfectadas con Vitavax 300 (100g. 100kg⁻¹ semilla) para prevenir enfermedades fúngicas. La siembra manual se efectuó colocando dos semillas por sitio, con un distanciamiento de 0.20 m entre plantas y 0.50 m entre hileras, a una profundidad de 3 cm;

posteriormente, se realizó un raleo a los 10 días para dejar una planta por sitio. El control de malezas se llevó a cabo manualmente entre los 10 y 25 días después de la siembra. Para el manejo de insectos se aplicó Benfurool (5ml. L^{-1}) a los 15 y 45 días. El suelo se mantuvo a capacidad de campo mediante aspersión monitoreándose por una estación climática (Speed Connect WDLTE CAT-4) y un medidor de humedad de suelo (VIVOSUN Digital). La cosecha se efectuó entre los 60 y 70 días después de la siembra, cuando las vainas alcanzaron la madurez fisiológica en etapa reproductiva 9. 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 determinar el nivel de incidencia de antracnosis en plantas de fréjol, tanto en hojas como en vainas, se emplearon la aplicación Leaf Doctor (Pethybridge & Nelson, 2015) y la escala visual utilizada por Tamayo (1995). Las fotografías de hojas y vainas de fréjol fueron evaluadas por duplicado para reducir el error experimental. En ambos métodos, las evaluaciones se realizaron en plantas en pie. Otras variables agronómicamente relevantes incluyeron: porcentaje de supervivencia (30 días después de la siembra), altura de planta en centímetros (90 días después de la siembra), días a floración (al menos 50% de las plantas), número de vainas por planta, longitud de vaina (cm), peso de 100 semillas (g) y rendimiento (kg. ha^{-1}). Finalmente, se realizó un análisis costo-beneficio para determinar la viabilidad del uso de silicio en el cultivo.

Resultados

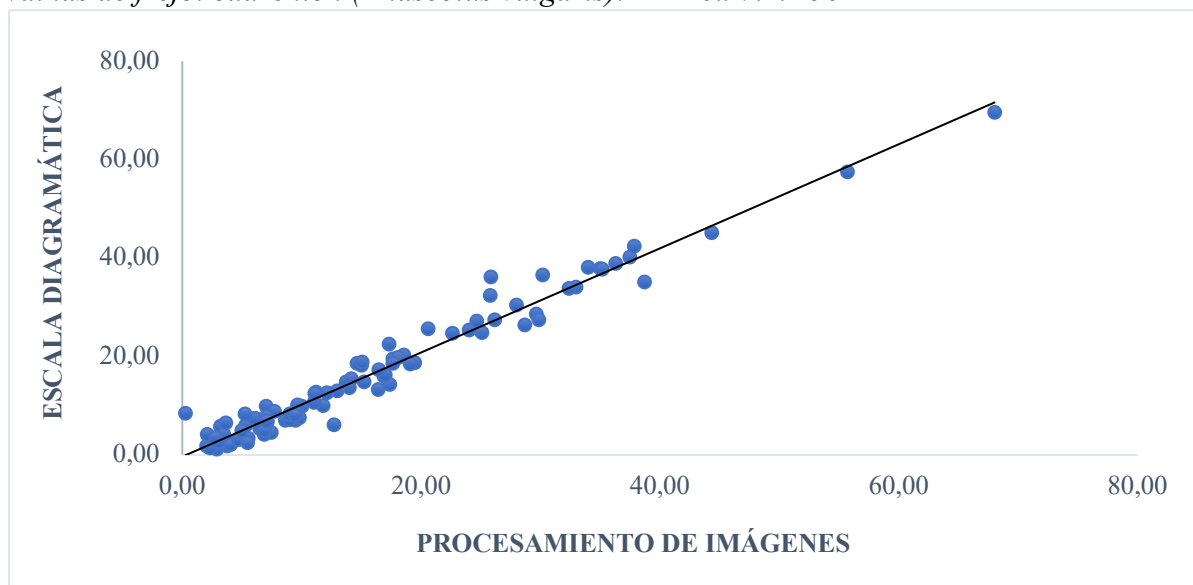
Validación de los métodos de severidad empleados en vainas de fréjol cuarentón

Para determinar la eficiencia del programa Leaf Doctor en comparación con la escala de evaluación visual propuesta por Tamayo (1995), se evaluaron hojas y vainas de plantas

enfermas por duplicado. Las vainas fueron analizadas mediante fotografías tomadas en el haz y el envés de las hojas. El análisis de correlación mostró un $R^2 = 0.97$, indicando que el programa tiene una exactitud similar en comparación con la escala visual (Figura 1).

Figura 1

Análisis de correlación entre la evaluación diagramática y el procesamiento de imágenes (Leaf Doctor) para determinar la severidad de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en vainas de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*). $R^2 = 0.97$. $n=50$



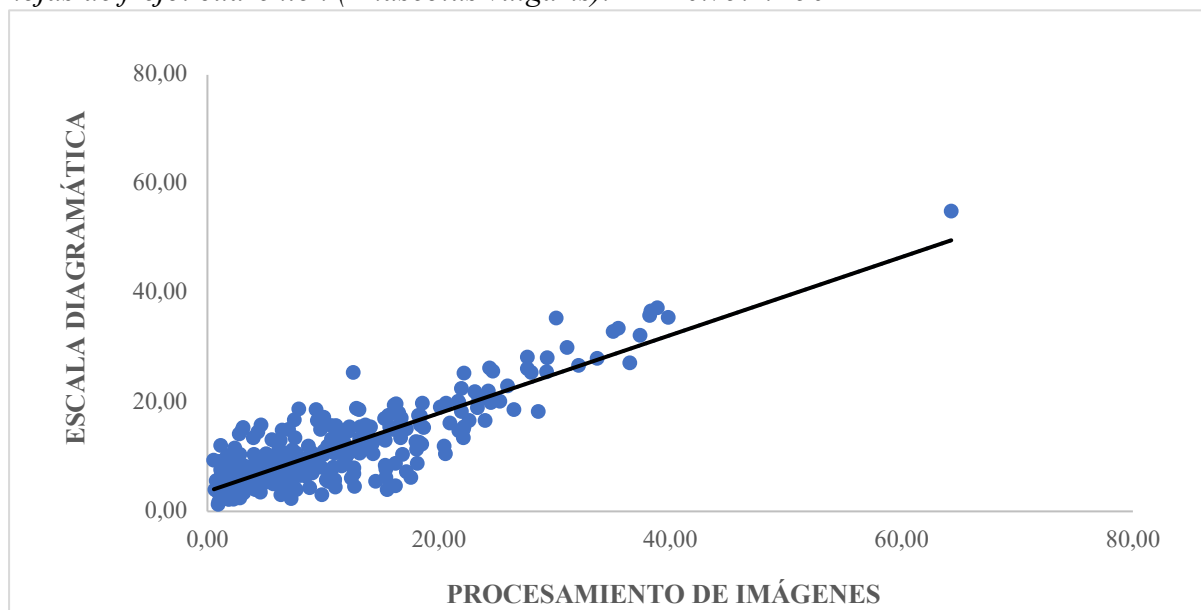
Nota: (Autores, 2026).

Validación de los métodos de severidad empleados en hojas de fréjol cuarentón

De manera similar, se recolectaron muestras de hojas a diferentes alturas y se evaluaron por duplicado. El análisis de correlación entre el programa y la evaluación visual indicó un valor de $R^2 = 0.75$, lo que sugiere que el programa puede emplearse para cuantificar la severidad de la antracnosis en hojas de fréjol cuarentón (Figura 2).

Figura 2

Análisis de correlación entre la evaluación diagramática y el procesamiento de imágenes (Leaf Doctor) para determinar la severidad de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en hojas de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*). $R^2 = 0.75$. $n=50$



Nota: (Autores, 2026).

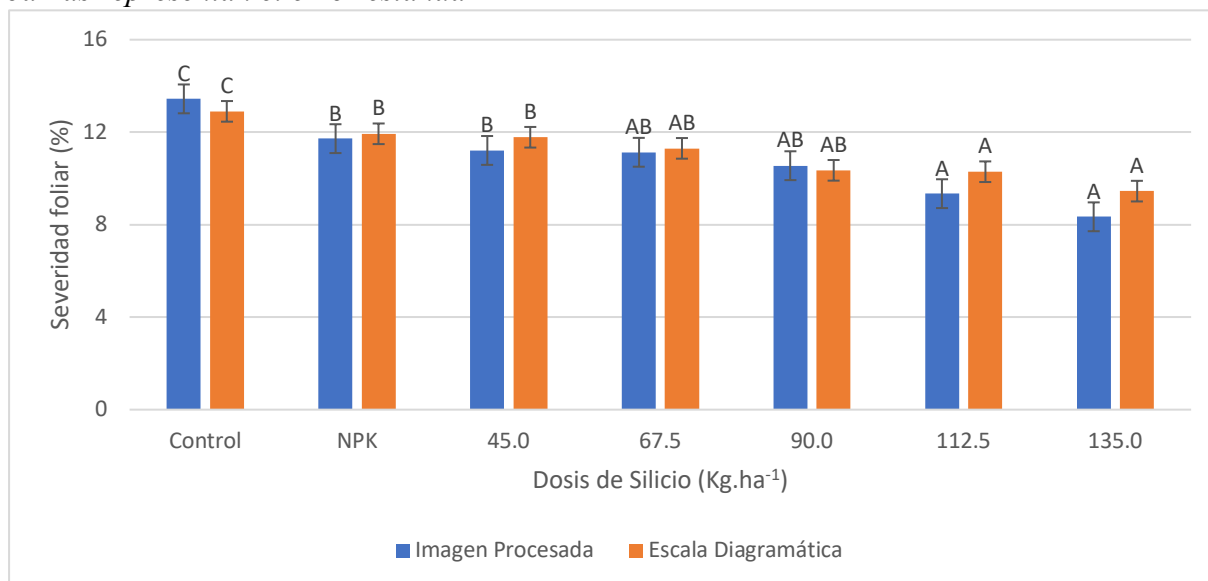
Evaluación de la severidad de antracnosis en diferentes dosis de silicio

El fréjol cuarentón presenta un hábito de crecimiento determinado en forma de arbusto, lo que hace pertinente evaluar si existen diferencias al considerar hojas de distintas alturas para la determinación de la enfermedad. Sin embargo, tras realizar un análisis de varianza (Tukey, $p < 0.05$), se estableció que no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las hojas evaluadas. En consecuencia, analizar diferentes tipos de hoja no influye al momento del muestreo. Basado en este hallazgo, los análisis posteriores se enfocaron únicamente en las diferentes dosis de silicio aplicadas.

Al analizar la dosis de silicio para el control de la enfermedad en hojas, los datos de severidad fueron superiores al utilizar escalas diagramáticas en comparación con el procesamiento de imágenes. Luego de analizar los datos, la severidad foliar disminuyó en las plantas fertilizadas con silicio utilizando ambos métodos. En comparación con los controles la dosis de $112.5 \text{ kg. ha}^{-1}$ fue la que presentó menor severidad de la enfermedad (Figura 3).

Figura 3

Severidad foliar de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*). Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $p < 0.05$). Las barras representan el error estándar

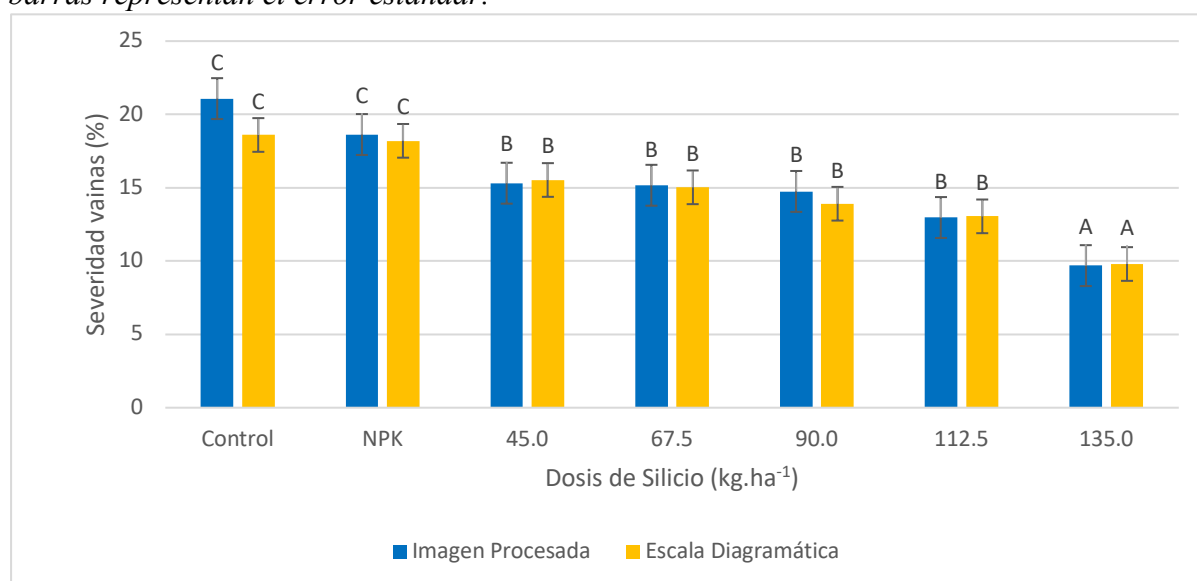


Nota: (Autores, 2026).

Al analizar la dosis de silicio para el control de la enfermedad en las vainas, los datos de severidad fueron similares utilizar escalas diagramáticas en comparación con el procesamiento de imágenes. Luego de analizar los datos, la severidad foliar disminuyó en las plantas fertilizadas con silicio utilizando ambos métodos. En comparación con los controles la dosis de 135 kg. ha⁻¹ fue la que presentó menor severidad de la enfermedad (Figura 4).

Figura 4

Severidad de la antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en vainas de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*). Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $p < 0.05$). Las barras representan el error estándar.



Nota: (Autores, 2026).

Evaluación de variables agronómicas del fréjol cuarentón bajo diferentes dosis de silicio

En cuanto al rendimiento no se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos en ninguno de los años evaluados. El análisis de la relación beneficio/costo (b/c) respecto al control mostró que ningún tratamiento resultó más rentable, ya que el incremento en rendimiento no compensó el costo del silicio. El precio del frijol durante la investigación fue de 1.03 USD.kg⁻¹ (Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador, 2021).

Tabla 1

Rendimiento de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*) bajo diferentes dosis de silicio. La relación beneficio/costo (B/C) se compara con el control. El precio oficial del fréjol cuarentón fue de 1.03 USD.kg⁻¹

Tratamiento (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg) 2021	B/C 2021	Rendimiento (kg) 2023	B/C 2023
Control	0.49	1.00	0.73	1.00
NPK (70-60-40)	0.66	0.66	1.17	0.55
Si (45.0)	0.91	0.77	1.10	0.52
Si (67.5)	0.76	0.68	1.37	0.69
Si (90.0)	0.70	0.65	1.13	0.59
Si (112.5)	0.52	0.53	1.37	0.77
Si (135.0)	0.90	0.76	1.40	0.66

Nota: (Autores, 2026).

Las variables agronómicas del cultivo no mostraron diferencias significativas en la mayoría de los parámetros agronómicos evaluados. La fertilización utilizando una dosis de silicio de 112.5 kg. ha⁻¹ presentó mayor altura de planta y número de vainas por planta (Tabla 2).

Tabla 2

*Variables agronómicas de interés en el cultivo de fréjol cuarentón (*Phaseolus vulgaris*) bajo aplicación de silicio. Letras diferentes indican diferencias estadísticas (Tukey, $P < 0.05$)*

VARIABLE EVALUADA	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
	Control	70-60-40	Si:90	Si:45	Si: 67.5	Si: 112.5	Si: 135
Porcentaje de sobrevivencia	75.33	76.33	79.67	76.33	74.33	73.33	73.37
Altura de planta (cm)	26.40 b	29.73 ab	29.80 ab	27.47 ab	28.83 a	30.90 a	29.78 ab
Días a la floración	69.33	67.67	64.67	66.67	63.67	71.33	71.32
Número de vainas por planta	12.60 b	13.90 b	14.67 b	14.63 b	14.90 b	16.17 a	14.18 b
Longitud de la vaina (cm)	12.18	12.63	12.73	12.75	13.04	12.70	12.79
Peso de 100 semillas (g)	66.00	64.67	67.33	69.33	68.00	65.33	65.31

Nota: (Autores, 2026).

Discusión

La comparación entre la escala visual de Tamayo (1995) y el programa Leaf Doctor evidenció que, si bien ambos métodos son adecuados para la evaluación de la antracnosis en *Phaseolus vulgaris*, la escala visual presenta un grado de subjetividad que puede limitar la precisión de los resultados. En contraste, Leaf Doctor aporta objetividad al generar porcentajes de daño directamente a partir de imágenes digitales. No obstante, en este estudio no se observaron diferencias estadísticas entre ambos métodos, lo que sugiere que la elección de la herramienta depende más de la disponibilidad tecnológica y del contexto productivo que de la sensibilidad del método. Estos hallazgos difieren de lo reportado por Ivancovich y Lavilla (2022), quienes señalaron que la evaluación visual es menos confiable frente a programas especializados, y de lo descrito por Ilaquiche (2018), quien encontró variaciones significativas en la distribución de la antracnosis y la roya en distintos estratos foliares. Tales discrepancias pueden atribuirse a factores como la variedad de frijol utilizada, las condiciones ambientales y

la resistencia genética, lo que resalta la necesidad de contextualizar cada estudio dentro de su marco experimental.

En relación con los tratamientos, la reducción de la severidad observada con la dosis de 112.5 kg ha⁻¹ de silicio concuerda con estudios recientes que posicionan este elemento como una alternativa viable para el manejo fitosanitario. El silicio actúa como una barrera mecánica al depositarse bajo la cutícula de las células epidérmicas, dificultando la penetración de las hifas de los patógenos (Avellaneda-Vázquez & Herrera-Egüez, 2024). Además, se ha documentado que induce respuestas bioquímicas de defensa, como la síntesis de fitoalexinas y compuestos fenólicos (Pérez & Herrera, 2023; Skura et al., 2023). Estos mecanismos explican la disminución de la severidad observada en este ensayo, fenómeno también reportado en cultivos como maíz, banano y arroz frente a diversas enfermedades (Vinces-Tachong et al., 2022; Pérez & Herrera, 2023). Sin embargo, a pesar de la reducción en la severidad, se registró una disminución en la altura de la planta y en el número de vainas respecto al control. Este resultado contrasta con la literatura predominante, que asocia la nutrición con silicio a un mayor vigor vegetativo y rendimiento (Pati et al., 2016; Pazmiño Muñoz et al., 2023). Algunos autores advierten que la respuesta fisiológica puede variar según la dosis y la fuente de silicio; aplicaciones excesivas o desequilibradas podrían interferir con la absorción de nutrientes esenciales, limitando el potencial productivo a pesar de lograr un control sanitario eficiente (Pérez & Herrera, 2023; Herrera-Egüez et al., 2025).

Desde el punto de vista económico, los resultados indican que el tratamiento con silicio no es viable bajo las condiciones evaluadas. El elevado costo del producto, sumado al bajo precio de comercialización del frijol en el mercado local, impidió obtener una relación beneficio/costo favorable (Pérez & Herrera, 2023; Avellaneda-Vázquez & Herrera-Egüez, 2024). Esta situación es común en ensayos de campo donde los incrementos en rendimiento no compensan la inversión en insumos costosos, generando índices de rentabilidad negativos

(Bermeo-Toledo et al., 2025). En este contexto, aunque la efectividad biológica del silicio es evidente, su inviabilidad financiera con la fuente empleada obliga a considerar alternativas más accesibles. Se ha sugerido el uso de materiales como el silicato de calcio o subproductos agrícolas procesados, que presentan un costo significativamente menor (Ochoa-Fonseca et al., 2017). El empleo de estas alternativas, posiblemente en combinación con productos como el polisulfuro de calcio, podría permitir un manejo fitosanitario más sostenible y rentable, alineado con la reducción del uso de agroquímicos sintéticos (Guerra-Fernández & Herrera-Egüez, 2022; Skura et al., 2023).

Conclusión

Los resultados de este trabajo evidencian que tanto la escala visual de Tamayo (1995) como el programa Leaf Doctor son herramientas útiles para la evaluación de la antracnosis en *Phaseolus vulgaris*, aunque la primera presenta limitaciones asociadas a la subjetividad del observador. La reducción de la severidad con la aplicación de silicio confirma su potencial como alternativa fitosanitaria, respaldada por mecanismos de defensa estructurales y bioquímicos. Sin embargo, la disminución en parámetros de crecimiento y rendimiento, junto con la inviabilidad económica del tratamiento bajo las condiciones evaluadas, subraya la necesidad de ajustar las dosis y explorar fuentes de silicio más accesibles. En este sentido, se recomienda la evaluación de materiales alternativos como el silicato de calcio o subproductos agrícolas procesados, que podrían ofrecer un manejo más sostenible y rentable. La integración de estas alternativas con estrategias complementarias, como el uso de fungicidas eficientes y programas de manejo integrado, permitirá avanzar hacia sistemas productivos más resilientes y económicamente viables.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, C., & Osorio, W. (2014). Silicio agrónomicamente esencial. Universidad Nacional de Colombia; Mejisulfatos S.A.S.
- ASPROMOR. (2012). Manual del cultivo de frijol caupi. Swisscontact; Fundación Suiza para la Cooperación del Desarrollo Técnico.
- Avellaneda-Vázquez, J. P., & Herrera-Egüez, F. E. (2024). Dosis de silicio como nueva estrategia para el control de la mancha marrón (*Bipolaris oryzae*) en arroz (*Oryza sativa* L.). Editorial Grupo AEA.
- Bermeo-Toledo, C. R., Granados-Rivas, Y. E., Suárez-Chichande, V. L., & Herrera-Egüez, F. E. (2025). Evaluación agroeconómica de dosis de azufre en el manejo de mancha de asfalto del maíz. Código Científico Revista de Investigación, 6(E2), 988–1006.
- Córdova, J. (2015). Evaluación en estado tierno de materiales de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) a través de poblaciones de plantas [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].
- Damm, U., Baroncelli, R., Cai, L., Kubo, Y., O'Connell, R., Weir, B., & Cannon, P. (2010). *Colletotrichum*: species, ecology and interactions. IMA Fungus, 1(2), 161–165. <https://doi.org/10.5598/imafungus.2010.01.02.08>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). InfoStat versión 2020 [Software]. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Epstein, E. (2009). Silicon: Its manifold roles in plants. *Annals of Applied Biology*, 155(2), 155–160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>
- Epstein, E., & Bloom, A. (2005). Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. Sinauer Associates.
- Guerra-Fernández, W. D., & Herrera-Egüez, F. E. (2022). Polisulfuro de calcio en el manejo fitosanitario del cultivo de cacao CCN-51. Ediciones GESICAP.
- Hernández, J. C. (2009). Manual de recomendaciones técnicas del cultivo de fréjol. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA).
- Herrera-Egüez, 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.
- Ibagón, A., & Perafán, F. (2009). Manejo integrado de la antracnosis *Colletotrichum lindemuthianum* en el cultivo de frijol *Phaseolus vulgaris* de las variedades Diacol Calima y AFR 612, en la vereda El Retiro Municipio de Timbio departamento del Cauca [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca].
- IICA. (2009). Guía técnica para el cultivo de fréjol. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Ilaquiche, M. (2018). Descripción cuantitativa de roya (*Uromyces appendiculatus*) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) en dos variedades de fréjol con diferente nivel de resistencia [Tesis doctoral, Universidad Central del Ecuador].
- Lavilla, M., Ivancovich, A., & Díaz-Paleo, A. (2022). Diagrammatic scale for assessment the

- severity of *Cercospora* leaf blight on soybean (*Glycine max*) leaflets. *Agronomía Mesoamericana*, 33, e43338. <https://doi.org/10.15517/am.2022.43338>
- Mejisulfatos. (2010). Silicio: El costo oculto de los químicos. Mejisulfatos S.A.
- Melotto, M., Balardin, R. S., & Kelly, J. D. (2000). Host-pathogen interaction and variability of *Colletotrichum lindemuthianum*. En D. Prusky, S. Freeman, & M. Dickman (Eds.), *Colletotrichum: Host specificity, pathology and host-pathogen interactions* (pp. 346–361). APS Press.
- Mitani, N., & Ma, J. F. (2005). Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of Experimental Botany*, 56(414), 1255–1261. <https://doi.org/10.1093/jxb/eri121>
- Mycobank. (2017). *Colletotrichum lindemuthianum*. <http://www.mycobank.org/BioloMICSDetails.aspx?Rec=6011>
- Ochoa-Fonseca, L., Ramírez-González, S., López-Báez, O., Espinosa-Zaragoza, S., Alvarado-Gaona, Á., & Álvarez-Siman, F. (2017). Control in vivo de *Moniliophthora roreri* en *Theobroma cacao*, utilizando polisulfuro de calcio y silicosulfocálcico. *Ciencia y Agricultura*, 14(2), 59–66.
- Pati, S., Pal, B., Badole, S., Hazra, G., & Mandal, B. (2016). Effect of silicon fertilization on growth, yield, and nutrient uptake of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(3), 284–290.
- Pazmiño Muñoz, E. M., Sánchez Iznaga, Á. L., Realpe Iduarte, J. A., Baldeon Prieto, G. J., Romero Troya, Y. A., & Herrera Egüez, F. E. (2023). Uso de aluminosilicato clinoptilolita (ZeoterA) en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) controlando antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) bajo diferentes dosis de fósforo. *Ingeniería Química y Desarrollo*, 5(2), 16–21.
- Pérez, E., Campa, A., & Ferreira, J. J. (2010). Control de la antracnosis en el cultivo de faba granja asturiana. *Tecnología Agroalimentaria*, (7), 7–11. <http://www.serida.org/pdfs/4179.pdf>
- Pérez, F. J., & Herrera, F. E. (2023). Escalas de valoración de dosis de silicio para el control de Sigatoka Negra (*Pseudocercospora fijiensis*) en el cultivo de banano (*Musa acuminata* L.). Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Pethybridge, S. J., & Nelson, S. C. (2015). Leaf Doctor: A new portable application for quantifying plant disease severity. *Plant Disease*, 99(10), 1310–1316.
- Pinzón, E. H., Quintana, W. A., & Cely, G. E. (2017). Effect of magnesium silicate in cv. 'ICA Cerinza' common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under field conditions. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 70(3), 8285–8293.
- Quintana, W. A. (2016). Efecto del silicio sobre el crecimiento y producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L. - cv. "ICA Cerinza") en Tunja – Boyacá [Tesis de pregrado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia].
- Réblová, M., Gams, W., & Seifert, K. A. (2011). *Monilochaetes* and allied genera of the Glomerellales, and a reconsideration of families in the Microascales. *Studies in Mycology*, 68, 163–191. <https://doi.org/10.3114/sim.2011.68.07>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador. (2021). Precio del fréjol en Babahoyo. <http://sipa.agricultura.gob.ec/>

- Skura, E., Koto, R., Lika, E., Shahini, S., & Sallaku, F. (2023). Comparative characteristics of plant protection against copper and sulphur influence. *Scientific Horizons*, 26(1), 52–61.
- Snyder, G. H., Datnoff, L. E., & Korndörfer, G. H. (2001). *Silicon in agriculture* (Vol. 8). Elsevier Science.
- Tamayo, P. J. (1995). Manejo y control de las enfermedades del frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.). CORPOICA Regional N.º 4, Centro de Investigación "La Selva".
- Treviño, C., & Rosas, R. (2013). El frijol común: Factores que merman su producción. *La Ciencia y el Hombre*, 26(1). <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol26num1/articulos/el-frijol.html>
- Tutiven, J. (2016). Comportamiento agronómico de siete cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) introducidos y nacionales bajo condiciones urbanas [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil].
- Uniprot. (2002). Taxonomy - *Colletotrichum lindemuthianum* (Bean anthracnose fungus) (*Glomerella lindemuthiana*). <https://www.uniprot.org/taxonomy/290576>
- Valladares, C. (2010). Taxonomía y botánica de los cultivos de grano. Universidad Nacional Autónoma de Honduras.
- Vinces-Tachong, R. E., Vélez-Ruiz, M. C., Gaibor-Fernández, R. R., & Herrera-Eguez, F. E. (2022). Implementación del procesamiento de imágenes para la evaluación de la mancha de asfalto (*Phyllachora maydis*) en maíz (*Zea mays*). *Terra Latinoamericana*, 40, e1066.
- Wijekoon, J. H., & Dudek, P. (2008). Compact silicon neuron circuit with spiking and bursting behaviour. *Neural Networks*, 21(2–3), 524–534.
- Zhang, N., Castlebury, L., Miller, A., Huhndorf, S., Schoch, C., Seifert, K., & Sung, G.-H. (2006). An overview of the systematics of the Sordariomycetes based on a four-gene phylogeny. *Mycologia*, 98(6), 1076–1087. <https://doi.org/10.3852/mycologia.98.6.1076>
- Zhang, N., Rossman, A., Seifert, K., Bennett, J., Cai, G., Hillman, B., & Schoch, C. (2013). Impacts of the International Code of Nomenclature for Algae, Fungi, and Plants (Melbourne Code) on the scientific names of plant pathogenic fungi. *APSnet Features*. American Phytopathological Society.