

Sensibilidad In Vitro de *Mycosphaerella fijiensis* a Materias Activas Utilizadas para el Manejo Químico.

In Vitro Sensitivity of Mycosphaerella fijiensis to Active Ingredients Used for Chemical Management.

Carvajal, Liseth¹; Román, Andrea²; Terrero, Pedro³; Hoyos, Miguel⁴.

¹ Universidad Estatal de Bolívar; Ecuador, Guaranda; <https://orcid.org/0009-0001-1105-3103>; icarvajal@mailes.ueb.edu.ec

² Universidad Estatal de Bolívar; Ecuador, Guaranda; <https://orcid.org/0000-0002-8364-341X>; aroman@ueb.edu.ec

³ Estación Experimental Tropical Pichilingue INIAP; Ecuador, Quevedo; <https://orcid.org/0000-0002-4492-4577>; pedro.terrero@iniap.gob.ec

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Ecuador, Quito; <https://orcid.org/0009-0001-6993-419X>; miguel.hoyos811@gmail.com

Cita: Carvajal Guerrero, L. M., Román-Ramos, A. E., Terrero-Yépez, P. I., & Hoyos-Montesdeoca, M. Ángel. (2026). Sensibilidad In Vitro de *Mycosphaerella fijiensis* a Materias Activas Utilizadas para el Manejo Químico. *Innova Science Journal*, 4(1), 20-29. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v4/n1/206>

Recibido: 11/09/2025

Aceptado: 06/11/2025

Publicado: 31/01/2026



Copyright: © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v4/n1/206>

Resumen: La sigatoka negra, provocada por *Mycosphaerella fijiensis*, constituye uno de los principales problemas fitosanitarios de la producción bananera mundial, con especial impacto en Ecuador debido a sus efectos en la productividad y la economía agrícola. Este estudio evaluó la sensibilidad *in vitro* del hongo a los fungicidas difenoconazol y azoxistrobina, ampliamente empleados en el manejo químico del banano. El creciente reporte de resistencia a estos compuestos motivó la investigación, considerando la relevancia económica del cultivo. Se aislaron muestras de hojas afectadas en dos sistemas: uno fitosanitario convencional, con uso frecuente de fungicidas, y otro silvestre, sin aplicación química. Las pruebas de sensibilidad se realizaron con diferentes concentraciones de los ingredientes activos en condiciones controladas de laboratorio. Los datos de inhibición del crecimiento del tubo germinativo fueron transformados a variables binarias y analizados mediante modelos de regresión logística para determinar la sensibilidad del patógeno. Los resultados revelaron que la población proveniente de plantaciones comerciales presentó menor sensibilidad a los dos fungicidas, especialmente al difenoconazol, en comparación con la población silvestre. Se observó una relación entre la reducción de sensibilidad y el uso continuo de fungicidas en campo. En conclusión, se recomienda implementar estrategias de monitoreo y rotación de ingredientes activos para un manejo sostenible de la resistencia, contribuyendo a la eficacia prolongada de los fungicidas en el cultivo bananero.

Palabras clave: Musa spp., enfermedades foliares, resistencia a fungicidas, control fitosanitario, evaluación *in vitro*.

Abstract: Black sigatoka, caused by *Mycosphaerella fijiensis*, is one of the main phytosanitary problems in global banana production, with a particular impact in Ecuador due to its effects on productivity and the agricultural economy. This study evaluated the *in vitro* sensitivity of the fungus to the fungicides difenoconazole and azoxystrobin, widely used in the chemical management of bananas. The growing reports of resistance to these compounds motivated the research, considering the economic relevance of the crop. Samples of affected leaves were isolated in two systems: one conventional phytosanitary, with frequent use of fungicides, and another wild, without chemical application. Sensitivity tests were performed with different concentrations of the active ingredients under controlled laboratory conditions. Germ tube growth inhibition data were transformed into binary variables and analyzed using logistics regression models to determine the sensitivity of the pathogen. The results revealed that the population from commercial plantations was less sensitive to both fungicides, especially difenoconazole, compared to the wild population. A relationship was observed between reduced sensitivity and continuous use of fungicides in the field. In conclusion, it is recommended to implement monitoring and active ingredient rotation strategies for sustainable resistance management, contributing to the prolonged efficacy of fungicides in banana cultivation.

Keywords: Musa spp., leaf diseases, fungicide resistance, phytosanitary control, *in vitro* evaluation.

1. Introducción

La producción de banano (*Musa spp.*) en Ecuador representa un pilar insustituible para la economía agrícola nacional, evidenciándose por la magnitud de su cobertura productiva y aporte socioeconómico. En el primer semestre de 2025, el país exportó alrededor de 199,75 millones de cajas de banano de 18,14 kg, lo que marcó un crecimiento del 5,82% respecto al mismo periodo del año anterior, alcanzando ingresos superiores a USD 1.528 millones entre enero y abril sólo en comercio exterior directo (El Universo, 2025; Primicias, 2025). Actualmente, Ecuador dispone de aproximadamente 190.381 hectáreas dedicadas al cultivo de banano, con una participación del 2,8% en el Producto Interno Bruto y del 36% en el PIB agropecuario según datos sectoriales recientes (ACORBANEC, 2025; BCE, 2025). La fruta se consolida como el segundo rubro de exportaciones no petroleras tradicionales, generando competitividad por su calidad, acceso logístico a más de 70 mercados y capacidad para sortear variabilidad climática y fitosanitaria, lo que posiciona a Ecuador como el primer exportador mundial de banano, contribuyendo al bienestar de miles de familias rurales y al fortalecimiento del tejido agrícola nacional (Portal Frutícola, 2025; ACORBANEC, 2025). Sin embargo, la productividad enfrenta limitantes comparativas respecto a otros países latinoamericanos, atribuidas principalmente a la presión de enfermedades en campo, que subraya la relevancia de la innovación y el manejo fitosanitario efectivo en el sector.

Entre los principales problemas fitosanitarios que afectan al cultivo de banano, se encuentran el moko, ocasionado por *Ralstonia solanacearum*, la sigatoka amarilla, causada por *Pseudocercospora musae*, y la sigatoka negra, atribuida a *Pseudocercospora fijiensis* (fase anamórfica) o *Mycosphaerella fijiensis* (fase teleomórfica) (Zheng et al., 2018). La sigatoka negra, reportada en Ecuador desde 1987, constituye la enfermedad foliar más agresiva y de mayor impacto económico sobre este cultivo, ya que reduce drásticamente el área fotosintéticamente activa de la planta, generando necrosis foliar progresiva, disminución del peso de la fruta y, en consecuencia, cuantiosas pérdidas de exportación (Carreón-Anguiano et al., 2023). Para mantener la sanidad del follaje, los productores se ven obligados a realizar numerosas aplicaciones de fungicidas a lo largo del ciclo productivo, lo que incrementa los costos de producción y aumenta la presión de selección sobre el patógeno.

Entre los principales fungicidas utilizados para el manejo químico de *M. fijiensis* han sido triazoles, por ejemplo, propiconazol, tebuconazol y difenoconazol, y estrobilurinas como azoxistrobina (Marín et al., 2007). No obstante, su uso reiterado ha provocado la reducción gradual de su eficacia, resultado del desarrollo de resistencia en el patógeno (Chin et al., 2007). Es por ello que el "Comité de Acción contra la Resistencia a Fungicidas" (FRAC, 2024) ha recomendado implementar prácticas de rotación y mezcla de ingredientes activos con diferentes modos de acción, con el propósito de disminuir la presión selectiva y prolongar la vida útil de las moléculas.

La resistencia desarrollada por *M. fijiensis* hacia los ingredientes activos probados difenoconazol (triazol) y azoxistrobina (estrobilurina) responde a múltiples mecanismos moleculares. Para los triazoles, se han puesto de manifiesto alteraciones puntuales en el gen que codifica la 14 α -desmetilasa (CYP51), de forma que el fungicida tiene menor afinidad por su sitio de acción. También se ha documentado sobreexpresión de bombas de flujo, lo que favorece que los fármacos no acumulen características intradrogas (Cao et al., 2020). Para las estrobilurinas, la resistencia se debe fundamentalmente a la mutación G143A en el citocromo b, lo que causa que la molécula no se una adecuadamente al

complejo III mitocondrial y, a su vez, se anule su efecto inhibitorio sobre la respiración celular (Oliveira et al., 2022). Estos mecanismos de resistencia tienen efectos directos sobre la pérdida de sensibilidad por parte del patógeno, lo que conlleva monitoreos periódicos en condiciones *in vitro* e *in vivo* para ir adaptando las estrategias de control químico según la realidad epidemiológica de cada zona productora.

Ante este contexto, la sensibilidad fúngica *in vitro* es una herramienta de gran importancia para el establecimiento de las decisiones fitosanitarias, ya que permite la identificación temprana de cepas con resistencia, así como conocer las concentraciones inhibitorias efectivas (EC_{50}) de diferentes ingredientes activos, e incluso la elaboración de programas de rotación o alternancia de los fungicidas en el campo (CarreónAnguiano et al., 2023). En este sentido, el presente estudio tiene como finalidad la determinación de la sensibilidad de poblaciones de *M. fijiensis* aisladas de las áreas bananeras clave del Ecuador a los ingredientes activos difenoconazol y azoxistrobina, a fin de aportar justificación científica que permita la implementación de prácticas de manejo más sostenibles y eficaces.

2. Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en el “Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Protección Vegetal (DPV)” de la “Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP)”, perteneciente al “Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)”. El sitio de estudio se encuentra en el km 5 de la vía Quevedo-El Empalme, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador, a una altitud de 73 m.s.n.m., con coordenadas geográficas 1°04'38" S y 79°29'22" O. El área posee un clima tropical húmedo, con temperaturas promedio de 24–27 °C y una humedad relativa que supera el 80%, condiciones óptimas para el desarrollo de foliar patógenos en musáceas (INAMHI, 20202024).

2.1. Material vegetal

La recolección de muestras fue a partir de hojas de banano con síntomas de Sigatoka negra, siendo éstas recolectadas en estado de desarrollo 6 de la escala de Fouré (Tabla 1). Se obtuvieron en dos localidades de la provincia de Los Ríos: Hacienda Agrilechos 1: sistema de manejo convencional con aplicaciones regulares de fungicidas, y EETP: sistema silvestre sin aplicaciones químicas.

Las muestras fueron extraídas y recolectadas en bolsas de papel estériles, se trasladaron al laboratorio de fitopatología y se mantuvieron a 24 °C durante 24 horas antes de su proceso.

Tabla 1.

Escala de síntomas de la Sigatoka negra en hojas de banano de acuerdo con Fouré.

Estado	Características principales
1	Lesiones iniciales de puntos blanco-amarillento a marrón (1 mm) apenas visibles en el envés.
2	Estrías cloróticas de un largo de 3–4 mm y ancho de 1 mm, de color marrón.
3	Estrías anchas, largas y difusas, marrón claro, hasta 2 cm de largo.
4	Manchas ovaladas: cafés en el envés y negras en el haz.
5	Lesiones negruzcas con halo amarillento y centro hundido.

Nota: Elaborado por los autores

2.2. Diseño experimental

El ensayo se llevó a cabo bajo un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) y un arreglo factorial AxBxC + testigo, siendo reproducido en 4 repeticiones. Los factores que fueron considerados en el ensayo fueron los siguientes: Ingrediente Activo (IA): difenoconazol (SICO® 250 EC, Ecuaquímica) y azoxistrobina (Bankit®, Agripac). En la concentración: 0; 0,01; 0,1; 1 y 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Cada unidad experimental estuvo constituida por una caja Petri de 9 cm de diámetro con 25 mL de medio de cultivo agar-agua suplementada con la dosis del correspondiente fungicida.

2.3. Producción de inóculo

La producción de inóculo se inició a partir de fragmentos de tejido foliar necrótico (5 cm²), los cuales se incubaron en cámaras húmedas a 26 °C para promover la maduración de pseudotecios. Una vez observada la liberación de ascosporas, estas fueron recolectadas cuidadosamente con el apoyo de un estereomicroscopio (ZEISS SteREO Discovery.V12).

2.4. Ensayos *in vitro* para la evaluación de sensibilidad a fungicidas

La sensibilidad de las muestras fúngicas a los fungicidas se determinó con mediciones del crecimiento del tubo germinativo. La descarga de ascosporas se realizó después de la inducción de la maduración de los peritecios, para esto, cuatro segmentos de hoja se graparon en hojas de papel filtro y se colocaron en la tapa de las cajas Petri, luego se colocaron las bases de la caja Petri con el medio de cultivo en posición invertida. Las cajas se colocaron bajo luz fluorescente blanca por dos horas, después, se retiraron los papeles filtro y las cajas Petri se almacenaron a 4° C para detener el crecimiento del tubo germinativo hasta la medición de su longitud.

La evaluación de la germinación de ascosporas en medio de cultivo agar-agua (aguas de hidrólisis vegetal: 10/90) enriquecido se llevó a cabo agrupando las ascosporas en tres grupos de esporas; aquellas normales (>50 μm), no germinadas y con tubos germinativos distorsionados o anormales (García-Munguía *et al.*, 2022).

2.5. Análisis estadístico

El crecimiento y la germinación se analizaron utilizando regresión Logit para estimar la concentración efectiva media o EC₅₀. Al mismo tiempo se estimó la existencia de regresión lineal del logaritmo natural entre concentraciones y porcentajes de inhibición del crecimiento (PIC) registrado para cada concentración de los fungicidas difenoconazol y azoxistrobina sobre dos poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis* (en fincas comercial y silvestre). Los datos de PIC fueron transformados a formato binario, clasificando los aislamientos como “sensibles” (inhibición $\geq 50\%$) o “resistentes” (inhibición $< 50\%$), de acuerdo a criterios metodológicos validados en estudios de sensibilidad a fungicidas (Villenas Guarango *et al.*, 2021). Posteriormente, un modelo de regresión logística fue ajustado para la concentración, el origen del aislamiento y el tipo de fungicida, así como las interacciones de éstas.

La significancia de los efectos principales y de las interacciones fue evaluada mediante análisis de varianza secuencial (ADEVA tipo I) y una prueba de razón de verosimilitudes (Chi-cuadrado). Los análisis fueron realizados con el paquete estadístico R Studio 4.1.3.

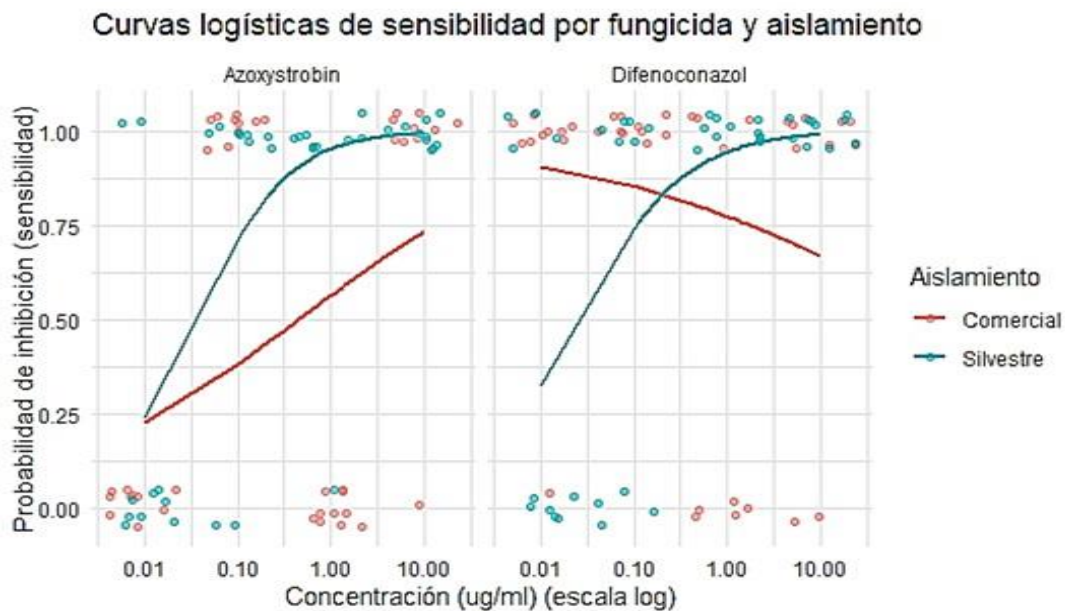
3. Resultados

3.1. Pruebas de sensibilidad

El factor concentración del fungicida tuvo una influencia muy significativa ($p < 0.001$), revelando eficazmente un patrón de respuesta que responde correctamente a la relación entre la dosis y la respuesta obtenida. El tipo de fungicida también tuvo una influencia muy significativa ($p = 0.0099$) en la efectividad del tratamiento, que pone de manifiesto la sensibilidad diferencial del patógeno frente a difenoconazol y azoxistrobina. Las curvas logísticas ajustadas de sensibilidad de cada combinación de fungicida y de tipo de aislamiento se muestran en la figura 1, en las cuales se observa un patrón de respuesta diferencial, en base a la concentración aplicada.

Figura 1.

Curvas logísticas de sensibilidad de *Mycosphaerella fijiensis* a azoxistrobin y difenoconazol en poblaciones silvestre y comercial.



Nota: La probabilidad de inhibición se calculó usando una regresión logística de la concentración.

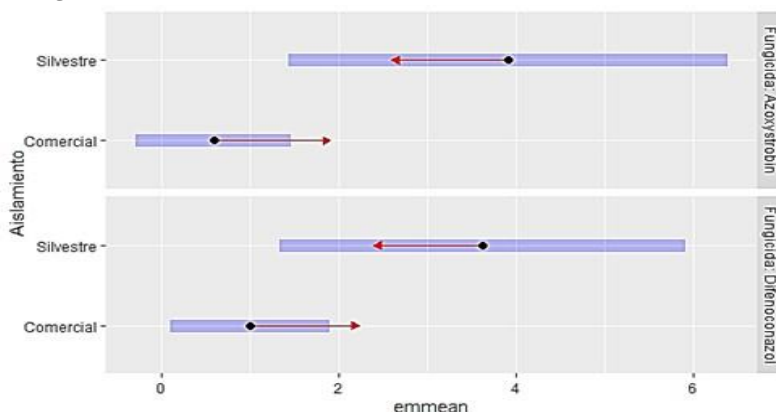
A pesar de que el factor aislamiento no alcanzó la significación de forma aislada ($p = 0.1459$), sí que se observaron interacciones significativas entre concentración y aislamiento ($p < 0.001$) y entre aislamiento y fungicida ($p = 0.0192$), lo que indicaría patrones de adaptación dispares para las poblaciones analizadas; esta interacción de concentración con fungicida se manifestó en la tendencia de la $p < 0.0725$, mientras que la interacción triple fue no significativa ($p = 0.3523$). La Figura 1 muestra las tendencias de sensibilidad ajustadas (log). En el caso del aislamiento silvestre, la respuesta es similar para los dos fungicidas, mientras que, el aislamiento comercial tiene diferente respuesta de sensibilidad. En el caso de azoxistrobina, la respuesta es lineal creciente, contrariamente, en difenoconazol la respuesta es lineal decreciente, esto sugiere que a mayor concentración la eficacia disminuye (posible resistencia).

3.2. Probabilidad ajustada y comparación de los aislamientos

Las probabilidades ajustadas, con base en las medias marginales, corroboran el hecho de que el aislamiento comercial tiene menos probabilidad de inhibición respecto a los aislados, hecho que es especialmente evidente cuando se utiliza difenoconazol a baja concentración. En la figura 2 se puede apreciar el gráfico de comparación de probabilidades de inhibición más sus intervalos de confianza, para cada par de aislamiento-fungicida.

Figura 2.

Medias marginales estimadas de la probabilidad de inhibición para cada aislamiento y fungicida.

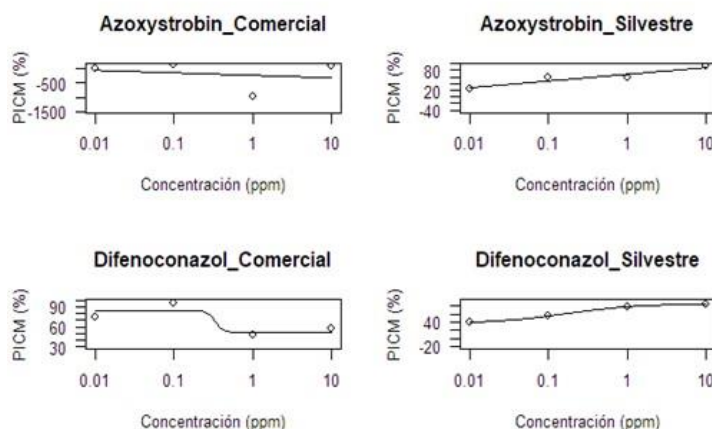


Nota: Intervalos de confianza con al 95%

Adicionalmente, el cálculo y ajuste de la concentración efectiva media (EC50) para todas las combinaciones de aislamiento y fungicida, mediante modelos no lineales, confirma que la sensibilidad del aislamiento comercial es comparativamente menor. En la figura 3 se representa el ajuste de estos modelos para las interacciones estudiadas (ver figura 3).

Figura 3.

Ajuste de los modelos no lineales para el cálculo de la EC50 en cada interacción de aislamiento y fungicida.



Nota: Elaborado por los autores

Los resultados hallados reflejan una baja sensibilidad en poblaciones comerciales de *M. fijiensis* a fungicidas con un perfil de resistencia algo marcada hacia triazoles, tal y como se ha demostrado la utilidad de prevenir el riesgo de resistencia en campo por medio de una adecuada monitorización y aplicar estrategias de manejo integradas para la resistencia.

4. Discusión

El presente estudio evidenció que el aislamiento comercial de *Mycosphaerella fijiensis* mostró una sensibilidad inferior a ambos fungicidas analizados, siendo dicha reducción más marcada en el caso del triazol difenoconazol. Estos hallazgos sugieren un proceso adaptativo del patógeno frente a la presión selectiva ejercida por el uso reiterado de fungicidas en sistemas comerciales, un fenómeno que ha sido reportado por otros autores en diferentes contextos fitosanitarios (Oliveira *et al.*, 2022).

En concordancia con diversos estudios regionales y globales, la resistencia en poblaciones de *M. fijiensis* se observa con mayor frecuencia respecto a los triazoles, como difenoconazol, los cuales actúan inhibiendo la biosíntesis de ergosterol, que es un componente fundamental de la membrana fúngica, pero mutaciones en el gen CYP51 del patógeno y la sobreexpresión de bombas de eflujo han sido identificados como los principales mecanismos moleculares asociados a la pérdida de sensibilidad a estos compuestos (Cañas *et al.*, 2009). Tales mecanismos confieren una ventaja selectiva en ambientes con aplicaciones químicas frecuentes, acelerando el fracaso de los programas de manejo basados en un limitado número de ingredientes activos.

Por otra parte, aunque la menor sensibilidad también fue perceptible frente a la estrobilurina azoxistrobina, el efecto fue menos acentuado que en los triazoles, lo cual está en línea con reportes que atribuyen la resistencia a estrobilurinas principalmente a la mutación G143A en el citocromo b mitocondrial de *M. fijiensis*, si bien este proceso parece menos frecuente en comparación con las mutaciones asociadas a los triazoles (Oliveira *et al.*, 2022; Carreón-Anguiano *et al.*, 2023).

Los resultados de la investigación actual corroboran y aportan información de evidencias que relacionan el incremento en el uso de fungicidas en sistemas agrícolas comerciales con el fenómeno de resistencia de los fitopatógenos, en particular en las áreas de cultivo de banano de producción intensiva (Marín *et al.*, 2007; Carreón *et al.*, 2023). Esta tendencia, además de resultar en tratamientos menos eficaces y en un incremento de los costes de producción, empobrece el modelo de manejo fitosanitario, además de poner en cuestión la competitividad del sector exportador ecuatoriano de banano (Hutter *et al.*, 2021).

Frente a lo anterior, se hace ineludible implementar monitoreos sistemáticos de la sensibilidad a fungicidas, utilizando metodologías estandarizadas y sensibles, que permitan la detección temprana de cepas resistentes y orienten el desarrollo de estrategias integradas de manejo (FRAC, 2024). Deberían ser medidas a adoptar para alargar el tiempo de uso de las restantes moléculas y la sanidad de los cultivos, la rotación y combinación de los ingredientes activos con diferentes modos de acción, así como la reducción del uso indiscriminado de los productos químicos.

En definitiva, los resultados del presente trabajo son una alerta sobre el estado de la resistencia de *M. fijiensis* y de la necesidad de adaptarse a otros esquemas de manejo más

sostenibles, teniendo en cuenta tanto la evidencia local, como internacional, y de la puesta en marcha de políticas de protección fitosanitaria basadas en la ciencia y la prevención.

5. Conclusiones

A partir del objetivo general de este estudio, sobre evaluar la sensibilidad *in vitro* de *Mycosphaerella fijiensis* a materias activas comúnmente empleadas en el manejo químico, y considerando el desarrollo metódico de las etapas de identificación del problema, aplicación metodológica y análisis de resultados, se presentan a continuación las conclusiones principales:

La investigación evidenció que hay diferencias significativas en la sensibilidad de las poblaciones de *M. fijiensis* a los fungicidas difenoconazol y azoxistrobina, en particular cuando se comparan aislamientos comerciales con silvestres. Se observó que el empleo intensivo y continuado de fungicidas empleados en sistemas comerciales ha favorecido la selección de cepas con menor sensibilidad, detectándose un comportamiento fuertemente resistente hacia los triazoles.

El enfoque experimental configurado constató la validez de ensayos *in vitro* para la detección de resistencias y su encaminamiento en las estrategias fitosanitarias por la vía que corresponde. La implementación de modelos de regresión logística y la comparación de los aislamientos fueron estrategias alternativas útiles para determinar la sensibilidad de forma disímil, generando un espacio de idea preventiva y adaptativa del manejo químico de la sigatoka negra.

Finalmente, los resultados declaran la necesidad de establecer monitoreos de forma periódica de sensibilidad en campo, favorecer una rotación de los ingredientes activos y brindar soporte a las prácticas del manejo integrado, con vistas a disminuir la presión de selección realizada sobre los microorganismos patógenos de modo que la producción bananera sea sostenible en el tiempo.

Referencias Bibliográficas

- ACORBANEC. Asociación de comercialización y exportación de banano (2023). El banano en el Ecuador: Importancia socioeconómica. Edición de aniversario. P 50 – 55. Disponible en: <https://www.acorbanec.com/>
- ACORBANEC. (2025, agosto). Ecuador cuenta con 190381 hectáreas dedicadas al cultivo de banano. <https://www.instagram.com/reel/DFD8yx4RS1R/>
- Banco Central del Ecuador (BCE). (2025, abril). Programación Macroeconómica Sector Real 2025-2028. https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Administracion/SectorReal_042025.pdf
- Cao, D., Meng, D., Li, Y., Li, T., Liu, X., & Zhang, M. (2020). Mutation in *cyp51A* and high expression of efflux pump gene of *Aspergillus fumigatus* induced by propiconazole in liquid medium and soil. *Environmental Pollution*, 263, 114471. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749118352977>

- Carreón-Anguiano, K. G., Gómez-Tah, R., Pech-Balan, E., Ek-Hernández, G. E., De Los Santos-Briones, C., Islas-Flores, I., & Canto-Canché, B. (2023). *Pseudocercospora fijiensis* Conidial Germination Is Dominated by Pathogenicity Factors and Effectors. *Journal of Fungi*, 9(10), 970. <https://www.mdpi.com/2309-608X/9/10/970>
- Chin KM, Wirz M and Laird D. 2007. Sensivity of *Mycosphaerella fijiensis* from banana to trifloxystrobin. *Plant Disease* 85:1264-1270. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS.2001.85.12.1264>
- Difco Laboratories. (2008). Manual of dehydrated culture media and reagents for microbiology. Becton Dickinson and Company, Sparks, MD, USA. <https://archive.org/details/difcomanualofdeh09dige/page/n3/mode/1up>
- El Universo. (2025, julio 26). Ecuador exportó más banano en primer semestre del 2025. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/banano-exportaciones-crecimientoacorbanc-china-contecon-ecuador-2025-nota/>
- FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). (2024). Fungicide Resistance: Recommendations for Resistance Management. CropLife International, Brussels. Recuperado de <https://www.frac.info/fungicide-resistance-management>
- Fouré, E. (1985). Les cercosporioses du bananier et les conditions de leur extension. *Fruits*, 37(10), 749–756. <https://agritrop.cirad.fr/407999/1/407999.pdf>
- García-Munguía, A. M., Rodríguez-Delgado, J. B., Martínez-González, L., & RodríguezGarcía, M. (2022). *In vitro* sensitivity of *Pseudocercospora fijiensis* to fungicides in banana (*Musa AAA* cv. Gran Enano). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 45(1), 117-130. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v45n1/0187-7380-rfm-45-01-117.pdf>
- Hutter, H.-P., Poteser, M., Lemmerer, K., Wallner, P., Kundi, M., Moshhammer, H., & Weitensfelder, L. (2021). Health Symptoms Related to Pesticide Use in Farmers and Laborers of Ecological and Conventional Banana Plantations in Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1126. <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/3/1126>
- INAMHI. (2020-2024). Datos de la estación metereológica entregados la biblioteca de la EETP. INAMHI.
- INEC-ESPAC (2024). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria ContinuaESPAC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/2023/Principales_resultados_ESPAC_2023.pdf
- Marín DH, Romero RA, Guzmán M, and Sutton TB. 2007. Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation. *Plant Disease* 87:208-222. <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS.2003.87.3.208>
- Oliveira, T. Y. K., de Souza, F. M., da Silva, T. A., de Oliveira, S. A. S., & de Souza, E.

- B. (2022). Evidence of resistance to QoI fungicides in contemporary populations of *Mycosphaerella fijiensis*, *M. musicola*, and *M. thailandica* from banana plantations in southeastern Brazil. *Agronomy*, 12(12), 2952. <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/943d9f1b-d126-43f4-b808-070c9b6a45ea/download>
- Palacios Sánchez, C. M. (2020). Análisis de la diversidad morfológica y molecular de *Mycosphaerella fijiensis*. Universidad Agraria del Ecuador. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PALACIOS%20SANCHEZ%20CHRISTIAN%20MAURICIO_compressed.pdf
- Portal Frutícola. (2025, julio 28). Exportaciones de banano ecuatoriano aumentan 44% y la demanda crece en China. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2025/07/29/exportaciones-de-bananoecuator-china/>
- Primicias. (2025, junio 26). El banano ecuatoriano pasa por un buen momento, pero tiene tres retos por resolver. <https://www.primicias.ec/revistagestion/analisis/banano-ecuatoriano-buenmomento-retos-99386/>
- SIPA. (2024). Boletín situacional del banano 2023. Sistema de Información Pública Agropecuaria. Recuperado de <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacionalbanano>
- Villenas Guarango, F. P., Cárdenas, D. A., & Vaca, M. (2021). Determinación de la sensibilidad y resistencia genética de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet a triazoles en zonas bananeras del Ecuador. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 38(3), 144–155. <https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/5d003fbb-bb01-4374-9d24860e9ecffb3>
- Zambrano, C. A. C., Benítez, D. J. L., & Martínez, X. C. (2010). Diagnóstico y caracterización molecular de *Mycosphaerella fijiensis* mediante la técnica de amplificación aleatoria de polimorfismos (RAPD) y análisis de regiones transcritos internos (ITS's). Universidad de La Rioja. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5364543.pdf>
- Zheng, S. J., García-Bastidas, F. A., Li, X., Zeng, L., Bai, T., Xu, S., Yin, K., Li, H., Fu, G., & Yu, Y. (2018). New geographical insights on Tropical Race 4 expansion of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense. *Frontiers in Plant Science*, 9, 457. Recuperado de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2018.00457>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.