

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

<https://doi.org/10.35381/i.p.v6i11.4072>

**Evaluación de dos fungicidas para el control de moniliasis (*moniliophthora roreri*)
en cultivo de cacao**

**Evaluation of two fungicides for the control of moniliasis (*moniliophthora roreri*)
in cocoa crops**

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda

juan.chinpantiza@spoch.edu.ec

Grupo de Investigación Causana Yachay, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
Orellana, Coca
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-7005-9134>

Jennifer Alexandra Orejuela-Romero

orejuela@esPOCH.edu.ec

Grupo de Investigación Yasuní SDC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo,
Orellana, Coca
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-5500-1612>

Maritza Tatiana Chaglla-Cango

maritza.chaglla@esPOCH.edu.ec

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Orellana, Coca
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-5331-4615>

Recepción: 10 de marzo 2024

Revisado: 15 de mayo 2024

Aprobación: 15 de junio 2024

Publicado: 01 de julio 2024

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar dos fungicidas con diferentes mecanismos de acción para control de *Moniliophthora roreri* en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en la parroquia Enokanqui, provincia de Orellana. El tipo de investigación fue experimental y descriptiva. Los resultados reflejaron que las diferentes frecuencias de evaluación el T1 de Tebuconazole y T2 Azoxystrobin presentaron una disminución constante de los porcentajes de incidencia, pero el T3 Tebuconazole + Azoxystrobin muestra una media con menor porcentaje de incidencia al ser evaluado a los 60 días. Con respecto a la conclusión se tiene que el tratamiento con Tebuconazole es el de menor costo de precio del fungicida para aplicado; por su parte el tratamiento Tebuconazole + Azoxystrobin tiene un costo intermedio, lo recomendable es usar los 2 productos químicos, que evitaría resistencia a los productos por parte del hongo (Moniliasis).

Descriptores: Evaluación; resistencia; hongo; producto químico; control. (Tesauro UNESCO)

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate two fungicides with different mechanisms of action to control *Moniliophthora roreri* in cocoa crops (*Theobroma cacao*) in the Enokanqui parish, province of Orellana. The type of research was experimental and descriptive. The results reflected that the different evaluation frequencies, T1 of Tebuconazole and T2 Azoxystrobin, presented a constant decrease in the incidence percentages, but T3 Tebuconazole + Azoxystrobin shows an average with a lower percentage of incidence when evaluated at 60 days. Regarding the conclusion, it is found that treatment with Tebuconazole is the one with the lowest cost and price of the fungicide to be applied; For its part, the Tebuconazole + Azoxystrobin treatment has an intermediate cost, it is recommended to use the 2 chemical products, which would avoid resistance to the products by the fungus (Moniliasis).

Descriptors: Evaluation; endurance; fungus; chemical product; control. (UNESCO Thesaurus)

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

INTRODUCCIÓN

El cacao ha despertado un gran interés a nivel mundial, no sólo como producto procesado, sino también como ingrediente principal por sus propiedades organolépticas, que lo hacen parte de una dieta saludable. En América, de donde es originario es uno de los cultivos tradicionales perennes, aunque la producción está disminuyendo debido a epidemias de enfermedades peligrosas, incluida la moniliasis. Enfermedad causada por *Moniliophthora roreri* que es altamente invasiva y contagiosa, causando pérdidas económicas a los agricultores (Vélez y Almeida, 2023).

El cacao ha sido particularmente importante para la economía de Ecuador durante décadas. A finales del siglo XVII y principios del XIX, el comercio de "pepa de oro", conocido así por sus inusuales propiedades, se convirtió en el motor de la economía del Ecuador desde el año 1780 a 1820 con lo que se conoce como el primer boom cacaotero (Cambisca y Macias, 2023).

El cacao se produce en 21 de las 24 provincias del Ecuador, ya sea como "cultivo solitario" o como cultivo junto con otras especies. Las zonas con mayor concentración de cultivo de cacao son las provincias costeras (Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro), las estribaciones occidentales de los Andes y las provincias nororientales del Ecuador (Sucumbios, Orellana y Napo). En la provincia de Orellana el cultivo de cacao constituye una de las principales actividades agrícolas de pequeños agricultores indígenas y colonos, en la provincia se cultiva aproximadamente 59.572 ha de cacao (INEC, 2020).

La producción de cacao en la región amazónica se concentra en las provincias de Sucumbios, Orellana y Napo. Esta región produce 21.450 toneladas, de las cuales el 60% es cacao CCN y 40% del complejo nacional. En Orellana uno de los cultivos permanentes es el cacao con una superficie de 2346 hectáreas, se estima que el volumen de producción estimado es de 60933 sacos (100 libras) (Molina Cedeño, 2020).

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

La superficie cosechada, así como la producción cacaotera local han tenido un crecimiento favorable, en el año 2014 alcanzó 487.000 hectáreas sembradas con una producción de 234.000 toneladas métricas. Se estima que el 90% de las superficies de restauración cumplen con las variedades CCN-51 en los últimos 20 años (Estrella, 2015, p. 2).

Moniliophthora roreri es un patógeno del cacao (*Theobroma cacao L.*) y causa altas pérdidas económicas del Ecuador. Infección por *M. roreri* ofrece dos fases: biotrófica en la que el fruto se deforma y necrótica, provocando su muerte. Se han utilizado muchos métodos para controlar la enfermedad, incluida la fumigación con productos químicos. Análisis de diversidad genética, distribución biogeográfica y análisis del comportamiento de *M. roreri* permiten desarrollar estrategias nuevas y más efectivas para el control del patógeno y de esta manera incrementar la producción del cacao (Loor, 2020).

Los fungicidas son pesticidas que matan o impiden el crecimiento de hongos y sus esporas, estos deben eliminarse porque pueden dañar o matar todo el cultivo. Los fungicidas tienen varios modos de acción, pero la mayoría dañan la membrana celular de los hongos o interfieren con su reproducción (Duque et al., 2023). El uso de compuestos químicos es la opción más común. El control químico de enfermedades con fungicidas permite el uso de diferentes productos con diferentes concentraciones y diferentes sitios de acción, propiedades sistémicas y de contacto y con diferentes sustancias activas. La eficacia depende del método de uso, dosis y época del año (Ramos, 2020).

Adicionalmente, los fungicidas son productos sintéticos que inhiben o previenen el crecimiento de hongos y sus esporas. Los bactericidas tienen diferentes efectos según sus ingredientes activos. La mayoría de ellos interfieren con el crecimiento y la reproducción de los hongos al alterar la membrana celular del hongo o inhibir la producción de energía (Jenkins, 2022).

Clasificación de los fungicidas de acuerdo con la movilidad en la planta son de contacto o sistémicos (Almacellas y Marín, 2013):

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

- Fungicidas de contacto: Estos fungicidas también se denominan fungicidas protectores porque crean dinámicas en la superficie de la planta, formando una barrera química entre la planta y las esporas del hongo, impidiendo la germinación. Deben usarse para prevenir infecciones y futuras aplicaciones tendrán en cuenta las condiciones en las que crece el hongo. También se les conoce como fungicidas multisitio porque actúan sobre múltiples procesos metabólicos o estructurales simultáneamente, lo que dificulta mucho el desarrollo de resistencia.
- Fungicidas sistémicos: Son aquellos que son adsorbidos por la planta a través de las hojas o las raíces, estos fungicidas impiden el crecimiento de los patógenos sobre la parte de la planta tratada, así como también a las partes que están aledañas al área de tratamiento, por tanto, no es necesario aplicar coberturas altas para que afecte varias etapas del hongo que provoca la enfermedad.

En este sentido, los modos y mecanismo de acción de los fungicidas son a partir de celulares que son inhibidos por productos sintéticos y el mecanismo de acción involucra lugares específicos donde enzimas específicas del proceso celular se unen al pesticida. Por lo tanto, modo de acción se refiere al sitio bioquímico por el cual un fungicida actúa específicamente sobre el hongo y afecta directamente la biología microbiana o reacciones bioquímicas y biofísicas que causan cambios fisiológicos o la muerte del hongo.

En este trabajo se busca evaluar el efecto de dos fungicidas comerciales (teboconazole y azoxystrobin) sobre la moniliasis en el cacao CCN-51 para determinar la variación cualitativa y cuantitativa de cada uno de los productos sobre la enfermedad. Los resultados de la investigación ayudaron a evidenciar que la aplicación de fungicidas puede ser una herramienta que permitirá controlar la moniliasis de forma eficiente, siendo una alternativa técnica al alcance de los productores para tener un mejor control sobre la moniliasis del cacao y así no afecte su buena producción. En correspondencia con lo antes expresado surgió esta investigación que tuvo objetivo general evaluar dos

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

fungicidas con diferentes mecanismos de acción para control de *Moniliophthora roreri* en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en la parroquia Enokanqui, provincia de Orellana.

MÉTODO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la finca del Sr. Lenin Freire, ubicada en la comunidad Unión Chimboracense, parroquia Enokanqui, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, Ecuador. La latitud corresponde Sur: 0° 13 ' 54,948" y longitud Oeste: 76° 49 '36,192 " y una altitud de 280 msnm. Las condiciones climáticas son: precipitaciones promedio anual de 3300 mm, temperatura promedio de 25° C, humedad relativa promedio de 90%.

La investigación fue de tipo experimental donde se pudo conocer mediante el ensayo realizado en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) el método de control más adecuado para la enfermedad Moniliasis (*Moniliophthora roreri*). El nivel fue descriptivo, al respecto se logró identificar las diferencias entre las distintas variables obtenidas y la investigación bibliográfica fue de apoyo tomando diferentes investigaciones.

A continuación se describen los fungicidas utilizados en la investigación:

- **Tebuconazole (Grupo químico: Triazoles).** El tebuconazol es un inhibidor de la desmetilación (DMI) que interfiere con la biosíntesis de ergosterol fúngico. Inhibe la 14 α -desmetilasa, que es necesaria para la desmetilación oxidativa dependiente del citocromo P450 del 24-metilen-24,25-dihidrolanosterol, un precursor del ergosterol, un esteroles importante en los hongos filamentosos (Odintsova et al., 2020).
- **Azoxystrobin (Grupo químico: Estrobirulinas).** Este grupo de fungicidas son inhibidores externos de quinona que inhiben la respiración al unirse al sitio Qo del complejo enzimático citocromo bc1, lo que provoca falta de energía y muerte del patógeno (Bartlett et al., 2002).

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

RESULTADOS

Para la obtención de los resultados se determinó la incidencia con los datos tomados en el área experimental, mediante el software Infostat se realizó el análisis de varianza con un nivel de confianza de 95% y una significancia en Tukey menor al 0.05. En la Tabla 1 se muestran las medias del porcentaje de incidencia de la enfermedad inicial antes de aplicar los productos; de acuerdo con el análisis los valores son estadísticamente similares y el p-valor en la prueba de Tukey es mayor al 5% por lo que no existe significancia, aspecto que con la aplicación de los productos correspondiente a cada tratamiento se esperan cambios.

Tabla 1.
Incidencia inicial de *Moniliophthora roreri* (%).

No.	Tratamientos	Medias	
T2	Azoxystrobin	49,52	A
T1	Tebuconazole	50,12	A
T4	Testigo	51,61	A
T3	Tebuconazole + Azoxystrobin	51,72	A
CV		20,68	

Elaboración: Los autores.

Con relación a los datos tomados de la variable de incidencia 15 días después de la aplicación se ejecutó el análisis estadístico que demuestra que existe diferencia estadística entre los tratamientos ya que el p valor es menor al 0,05 y de acuerdo con las medias resultantes del análisis de varianza con Tukey al 5% detallados en la tabla 6 se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos, siendo el T1 y T2 los que presentaron valores más bajos de incidencia de la enfermedad, seguido del T3 y finalmente el tratamiento testigo sin aplicación.

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

Tabla 2.
 Incidencia de *Moniliophthora roreri* a los 15 días (%).

No.	Tratamientos	Medias		
T1	Tebuconazole	39,59	A	
T2	Azoxystrobin	43,71	A	
T3	Tebuconazole + Azoxystrobin	44,9	A	B
T4	Testigo	54,52	B	
CV		26,24		

Elaboración: Los autores.

Como se detalla en la tabla 3, la incidencia a los 30 días de acuerdo con el análisis de varianza con Tukey al 5% demuestra que existe significancia entre los tratamientos en estudios; la media de incidencia de la enfermedad muestra que hubo un mejor control en el tratamiento 3 con aplicación de Tebuconazole + Azoxystrobin + Clorotalonil, seguido del tratamiento 2 y tratamiento 1.

Tabla 3.
 Incidencia de *Moniliophthora roreri* a los 30 días (%).

No.	Tratamientos	Medias		
T3	Tebuconazole + Azoxystrobin	15,83	A	
T2	Azoxystrobin	19,79	A	B
T1	Tebuconazole	24	B	
T4	Testigo	55,3	C	
CV		29,1		

Elaboración: Los autores.

El análisis de varianza de incidencia de moniliasis a los 45 días presentó valores significantes ya que en la prueba de Tukey se obtuvo un p valor menor al 0.05. Según la tabla 4 existen medias similares entre los tratamientos con aplicación, pero frente al tratamiento testigo son significativamente diferentes. Al realizar un contraste entre las medias de la tabla, el tratamiento 2 el que presenta menor incidencia.

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

Tabla 4.
 Incidencia de *Moniliophthora roreri* a los 45 días (%).

No.	Tratamientos	Medias	
T2	Azoxystrobin	19,21	A
T3	Tebuconazole + Azoxystrobin	19,27	A
T1	Tebuconazole	21,13	A
T4	Testigo	54,79	B
CV		23,77	

Elaboración: Los autores.

En cuanto al análisis de varianza de la variable a los 60 días se evidencia que el p valor es menor al 0.05 en la prueba de Tukey por lo que se indica que son significativamente diferentes los tratamientos. En la tabla 5 de acuerdo con el porcentaje de incidencia, el T3 presentó mejor control de la enfermedad, seguido de T1 y T2.

Tabla 5.
 Incidencia de *Moniliophthora roreri* a los 60 días (%).

No.	Tratamientos	Medias	
T3	Tebuconazole + Azoxystrobin	4,83	A
T1	Tebuconazole	6,5	A
T2	Azoxystrobin	6,77	A
T4	Testigo	49,07	B
CV		43,34	

Elaboración: Los autores.

CONCLUSIONES

La toma de datos en el área experimental para calcular la incidencia de la enfermedad previo a la aplicación de las moléculas evidenció medias que demostraban la presencia de moniliasis con valores similares y conforme a los valores que van desde 49,52% al

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

51,72% existía un grado de afectación de la enfermedad en el cultivo perjudicial para el productor ya que alrededor de la mitad de su producción poseía moniliasis.

En las diferentes frecuencias de evaluación el T1 de Tebuconazole y T2 Azoxystrobin presentaron una disminución constante de los porcentajes de incidencia, pero el T3 Tebuconazole + Azoxystrobin muestra una media con menor porcentaje de incidencia al ser evaluado a los 60 días. En base al análisis de costos, el tratamiento con Tebuconazole es el de menor costo con \$ 385.25 por el precio del fungicida aplicado, el tratamiento con Azoxystrobin es el más costoso con \$ 408.5 y el tratamiento Tebuconazole + Azoxystrobin tiene un costo intermedio de \$ 423.5 para aplicarlo por lo que se usan los 2 productos químicos, a la larga este último tratamiento es el que se debería aplicar ya que se evitaría resistencia a los productos por parte del hongo (Moniliasis).

FINANCIAMIENTO

No monetario.

AGRADECIMIENTO

Al propietario y trabajadores de la finca Freire, ubicada en la comunidad Unión Chimboracense, parroquia Enokanqui, Cantón Joya de los Sachas, Provincia de Orellana, Ecuador por el apoyo brindado en esta investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Almacellas, J., y Marin, J. (2013). ¿Tenemos Resistencia a fungicidas? Situación en España y su manejo. [Do we have resistance to fungicides? Situation in Spain and its management] *Phytoma, Revista profesional de sanidad vegetal*, (247), 32-39. <https://n9.cl/6u804>
- Bartlett, P. L., y Mendelson, S. (2002). Complejidades de Rademacher y Gauss: límites de riesgo y resultados estructurales [Rademacher and Gaussian complexities: risk limits and structural results]. *Journal of Machine Learning Research*, 3, 463-482. <https://n9.cl/vmv7i>

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

- Cambisca Dias, M., y Macias Badaraco, K. (2023). Competitividad de las exportaciones de cacao en Ecuador 2015-2020. [Competitiveness of cocoa exports in Ecuador 2015–2020]. *Revista Económica*, 11(1), 83-91. <https://doi.org/10.54753/rve.v11i1.1595>
- Duke, S. O., Pan, Z., Bajsa Hirschel, J., Tamang, P., Hammerschmidt, R., Lorsbach, B. A., & Sparks, T. C. (2023). Molecular Targets of Herbicides and Fungicides-Are There Useful Overlaps for Fungicide Discovery?. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(51), 20532-20548. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c07166>
- INEC. (2020). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. [Continuous Agricultural Surface and Production Survey]. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://n9.cl/y21b>
- Estrella, D. (2015). Diagnóstico de la Cadena Productiva del Cacao en el Ecuador. [Diagnosis of the Cocoa Productive Chain in Ecuador]. Quito, Ecuador: Vicepresidencia de la República. <https://n9.cl/jmzni>
- Loor Veliz, J. (2020). Comparación de 2 fungicidas para controlar la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), en cacao (*Theobroma cacao* L.), cantón las Naves provincia de Bolívar. [Comparison of 2 fungicides to control moniliasis (*Moniliophthora roreri*) in cocoa (*Theobroma cacao* L.), Las Naves canton, province of Bolívar]. (Tesis de grado). Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador. <https://n9.cl/vth9t>
- Molina Cedeño, C. S., Pillco Herrera, B. M., Salazar Muñoz, E. F., Coronel Espinoza, B. D., Sarduy Pereira, L. B., & Diéguez Santana, K. (2020). Producción más limpia como estrategia ambiental preventiva en el proceso de elaboración de pasta de cacao. Un caso en la Amazonia Ecuatoriana. *Industrial data*, 23(2), 59-72. <https://doi.org/10.15381/idata.v23i2.17640>
- Jenkins, J. (2022). National Pesticide Information Center -2022- Annual Report. Oregon, U. S. A.: Oregon State University. <https://n9.cl/1xqn5>
- Odintsova, T., Shcherbakova, L., Slezina, M., Pasechnik, T., Kartabaeva, B., Istomina, E., y Dzhavakhiya, V. (2020). Hevein-like antimicrobial peptides WAMP: structure-function relationship in antifungal activity and sensitization of phytopathogenic fungi to tebuconazole by peptides derived from WAMP-2. *Int. J. Mol. Sci.*, 21(21), 7912. <https://doi.org/10.3390/ijms21217912>

Juan Gabriel Chipantiza-Masabanda; Jennifer Alexandra Orejuela-Romero; Maritza Tatiana Chaglla-Cango

Ramos Zúniga, B. A. (2020). Efecto de fungicidas minerales aplicados al fruto del cacao (*Theobroma cacao L.*) para el control de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora*. [Effect of mineral fungicides applied to cocoa fruit (*Theobroma cacao L.*) for the control of *Moniliophthora roreri* and *Phytophthora palmivora*]. (Tesis de maestría). Maestría en Agricultura Tropical Sostenible, Escuela Agrícola Panamericana, Ciencias en Agricultura Tropical Sostenible, Zamorano, Honduras. <https://n9.cl/s240h>

Vélez Balderramo, E., y Almeida Vera, D. (2023). Efecto de fungicidas sistémicos y protectores en el control de moniliasis y escoba de bruja en cacao. [Effect of systemic and protective fungicides in the control of moniliasis and witches' broom in cocoa]. (Trabajo de Grado). Carrera de Ingeniería Agrícola, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador. <https://n9.cl/k3dzu>