

APLICACIÓN DE TRIAZOLES PARA CONTROLAR LA ROYA DE LA HOJA DEL CAFÉ (*HEMILEIA VASTATRIX*)

Documento técnico

Rainforest Alliance (RA) está creando un mundo más sostenible aprovechando las fuerzas sociales y de mercado para proteger a la naturaleza y mejorar las vidas de los agricultores y de las comunidades forestales.

Introducción

La roya de la hoja del café, causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, es la principal enfermedad que afecta a las plantas de café en todo el mundo. (Talhinhas et al. 2017). Esta enfermedad se encuentra en todas las regiones donde se cultiva café arábica (*Coffea arabica*) y robusta (*C. canephora*) y tiene un impacto negativo sobre la salud de la planta del café, y sobre su productividad. En América Latina, la roya de la hoja del café ha causado reducciones de rendimiento de hasta el 50% en Brasil, 30% en Colombia, y 16% en América Central (Avelino et al. 2015; Zambolim 2016).

La roya de la hoja puede manejarse de manera sostenible utilizando cultivares de café resistentes, implementando sistemas de alerta temprana y diseñando sistemas de manejo del cultivo que tengan en cuenta de las amenazas planteadas por el cambio climático y otras condiciones ambientales (Belan et al. 2020; de Resende et al. 2021; Sera et al. 2022). No obstante, el control químico que consiste en fungicidas protectores y sistémicos se emplea mucho para prevenir y controlar la roya del café, a pesar de su posible impacto negativo en la salud humana y ambiental. Los compuestos a base de cobre son los fungicidas protectores más efectivos y los triazoles son los fungicidas sistémicos más comunes. Los triazoles se pueden usar solos o en mezclas con inhibidores de Qo (estrobilurina) y se aplican en las hojas o en el suelo (Zambolim 2016).

En América Latina se utilizan diferentes ingredientes activos de la familia de los triazoles para el control de la roya de la hoja, dependiendo del país. Estos incluyen ciproconazol, difenoconazol, epoxiconazol, metconazol, tebuconazol, tetraconazol, triadimenol, propiconazol y otros. Muchos triazoles son tóxicos para los mamíferos, incluidos los humanos, y para las aves, los insectos, los peces y otros organismos. De los triazoles comúnmente utilizados en las fincas cafetaleras, el ciproconazol, el epoxiconazol, el propiconazol y el triadimenol están clasificados como plaguicidas altamente peligrosos por la FAO/OMS y están incluidos en la [lista de sustancias prohibidas de Rainforest Alliance](#), lo que significa que su uso está prohibido en las fincas de café certificado Rainforest Alliance.

El objetivo de este documento técnico es explicar la postura de Rainforest Alliance sobre el uso de triazoles y resumir la literatura científica que respalda dicha postura.

Usos excepcionales

En circunstancias excepcionales, Rainforest Alliance concede a los productores autorización limitada para utilizar temporalmente plaguicidas prohibidos. Las excepciones se desarrollan para cultivos, países y plagas específicos en línea con la [estrategia de manejo integrado de plagas \(MIP\)](#) de Rainforest Alliance en respuesta a las solicitudes de uso excepcional recibidas de los productores. Las excepciones se conceden después de una cuidadosa revisión, y se basan en la determinación de si las fincas dependen de cierto plaguicida para seguir siendo económicamente viables. Estas autorizaciones temporales

tienen por objeto dar tiempo a los productores para realizar la transición a fin de no depender de sustancias peligrosas, a la vez que se especifican las medidas de mitigación de riesgos que deben aplicarse mientras tanto. Hay más información disponible en nuestra página en [la Política de Uso Excepcional de Rainforest Alliance \(PUE\)](#).

En cuanto al uso de triazoles, se han concedido excepciones para aplicaciones foliares de ciproconazol hasta 2024 y de epoxiconazol hasta 2023 para el control de la roya en el sector cafetalero latinoamericano. Sin embargo, las aplicaciones al suelo de los triazoles enumerados en la PUE, incluidas las formulaciones comerciales de ciproconazol + tiametoxam, están prohibidas en virtud de la cláusula 2k, como se explica a continuación.

Posición de Rainforest Alliance sobre los triazoles

Rainforest Alliance desaconseja el uso de triazoles por medio de aplicación en el suelo, ya que las investigaciones sugieren que la aplicación foliar es más eficaz para controlar la roya de la hoja del café. Los métodos de aplicación foliar también reducen el riesgo de contaminación del suelo y de los sistemas acuáticos al minimizar las escorrentías y la lixiviación.

Además, la cláusula 2k de la Política de Uso Excepcional (PUE) de Rainforest Alliance prohíbe la aplicación en el suelo de los triazoles enumerados en la lista de la PUE, ya que estas sustancias se deben emplear de la manera más precisa y eficiente posible. Como se indica a continuación, las investigaciones sugieren que las aplicaciones foliares de triazoles son más eficientes y protegen más la salud del medio ambiente.

Evidencia sobre las estrategias relativas a Triazoles: en el suelo frente de aplicaciones foliares

Eficiencia para la roya de la hoja del café (Hemileia vastatrix)

Múltiples estudios sugieren que los triazoles son menos efectivos para controlar la roya del café cuando se aplican a través del suelo, en comparación con la aplicación foliar. Investigaciones realizadas en Costa Rica ha revelado que se necesita tres veces más ingrediente activo de triazoles en las aplicaciones al suelo, y que las aplicaciones al suelo son menos efectivas que las aplicaciones foliares contra enfermedades como la roya de la hoja y el Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*; M. Barquero-CICAPE, comunicación personal, 2 de marzo de 2022). Un estudio de cinco años en Brasil también encontró que la aplicación foliar de epoxiconazol fue más efectiva para controlar la roya en *C. arabica* en comparación con los fungicidas sistémicos aplicados al suelo al comienzo de la temporada de lluvias (de Souza et al. 2011). El estudio mostró que, aunque las aplicaciones al suelo fueron efectivas para mantener la roya controlada hasta marzo, la enfermedad alcanzó un nivel de incidencia de hasta el 30% a principios del verano, cuando las condiciones climáticas favorecen la progresión de la roya. En este punto, se necesitaban tratamientos foliares para controlar el avance de la enfermedad, lo que sugiere que las aplicaciones al suelo por sí solas no son suficientes (de Souza et al. 2011). Del mismo modo, Honorato et al. (2015) encontraron que rociar las hojas de *C. arábica* con fungicida sistémico controló la roya con la misma eficacia que las estrategias que combinaron aplicaciones al suelo y foliares, lo que sugiere que la estrategia foliar es más rentable, ya que implica menos aplicaciones y menos ingrediente activo en general.

Otro estudio realizado en Brasil encontró que la aplicación foliar de epoxiconazol fue más efectiva que el empapado del suelo con flutriafol, ya que las aplicaciones foliares se podían adaptar a la incidencia de la enfermedad (Belan et al. 2015). Estas dos estrategias (aplicación foliar y al suelo) se probaron en 13 clones de *C. canephora* y, en algunos casos, la incidencia de la roya se mantuvo por debajo del umbral del 5% durante toda la temporada de crecimiento en ausencia de tratamiento, lo que sugiere que el tratamiento con fungicidas no siempre es necesario y debe seleccionarse en función de la presencia de la enfermedad (Belan et al. 2015). En general, los estudios muestran que las estrategias en las que se aplica fungicida con base en un calendario fijo no son tan efectivas ni eficientes como las estrategias adaptativas basadas en la incidencia de la roya o los sistemas de

pronóstico (Capucho et al. 2013; Hinnah et al. 2020). Por ejemplo, las estrategias de uso de fungicidas en el suelo a menudo involucran la aplicación de triazoles a las parcelas de café al inicio de la temporada de lluvias, o a las plántulas de café en los viveros. Como resultado, estas estrategias no se adaptan a los brotes de roya o los niveles de incidencia actuales, lo que puede conducir a una aplicación excesiva (se necesitan pulverizaciones foliares adicionales) y reducir la rentabilidad de los tratamientos con fungicidas.

Efecto en la productividad

Aunque el uso de fungicidas puede aumentar la productividad del café, los estudios no encuentran un beneficio en la productividad de la aplicación de triazoles al suelo sobre la aplicación foliar. Las investigaciones realizadas en Costa Rica y Brasil no han encontrado diferencias en la productividad entre las plantas de café tratadas con aplicaciones foliares y al suelo de triazoles (M. Barquero-CICAFE, comunicación personal, 2 de marzo de 2022; de Souza et al. 2011). De hecho, un estudio en Brasil encontró que las aplicaciones foliares por sí solas dieron como resultado rendimientos marginalmente más altos de *C. arabica* que una estrategia que combinó aplicaciones foliares y al suelo (Honorato et al. 2015).

Existen algunas evidencias de que la aplicación de triazoles al suelo puede causar un “efecto tónico” en las plantas de café, que se caracteriza por el engrosamiento del tejido foliar, el aumento del follaje y el tono más verde de las hojas (Silva et al. 2018; Moura et al. 2013). Aunque este efecto puede dar la impresión de una mejor salud de las plantas, los estudios demuestran que el efecto tónico puede, causar estrés metabólico en las plantas de café, afectando el crecimiento a largo plazo y el vigor de la planta, con posibles impactos negativos en la productividad (Martins et al. 2011; Carvalho et al. 1997).

El impacto metabólico negativo de los triazoles aplicados a través del suelo puede ser particularmente elevado si los fungicidas se aplican a las plantas jóvenes en el vivero o el campo, o a suelo que carece de equilibrio nutricional, o que carece de la humedad adecuada (Martins et al. 2011). Por ejemplo, en un experimento en un invernadero controlado, las aplicaciones al suelo de ciproconazol + tiametoxam redujeron significativamente el vigor de las plántulas de *C. canephora* en comparación con un control en el que no se aplicó fungicida, lo que sugiere un efecto fitotóxico de los triazoles aplicados a través del suelo (Martins et al. 2011). Un estudio separado encontró que un aumento en la concentración de triadimenol aplicado al suelo estaba asociado con una disminución en el tamaño de los brotes de plantas de *C. arabica* (Carvalho et al. 1997).

Impacto ambiental

Se sabe que muchos triazoles que se usan comúnmente para controlar la roya del café tienen impactos negativos en la salud humana y ambiental. Estos impactos pueden exacerbarse cuando los triazoles se aplican directamente al suelo, debido a la escorrentía y la lixiviación. En comparación con las aplicaciones al suelo, las aplicaciones foliares son más precisas, ya que pueden dirigirse a brotes específicos de roya en la hoja. Por lo tanto, la estrategia de aplicación al suelo generalmente involucra más ingredientes activos en general (M. Barquero-CICAFE, comunicación personal, 2 de marzo de 2022) y da como resultado el contacto directo de los triazoles con el suelo, las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

La lixiviación de triazoles en el suelo y la escorrentía en los cuerpos de agua pueden tener graves impactos negativos en los organismos acuáticos y que habitan en el suelo. La aplicación de triazoles al suelo también puede afectar la salud humana si estas sustancias llegan a los cuerpos de agua que se usan para beber o lavar, ya que muchos fungicidas a base de triazoles son altamente tóxicos para los mamíferos, incluidos los humanos. Por ejemplo, el ciproconazol y el tiametoxam son altamente solubles en agua y persistentes en el suelo. Estos productos químicos también tienen un alto potencial de filtrarse a las aguas subterráneas y superficiales y son moderadamente tóxicos para los mamíferos, las aves, los insectos, incluidas las lombrices de tierra y los polinizadores, y los organismos acuáticos, incluidos los peces, los invertebrados, los crustáceos y las plantas acuáticas (PPDB 2022).

Otros triazoles populares, incluidos el flutriafol, el triadimenol y el propiconazol, también son solubles en agua y, por lo tanto, llegan fácilmente a las aguas subterráneas y a los ecosistemas acuáticos cercanos con una toxicidad moderada para los mamíferos, las aves, los insectos y los organismos acuáticos (PPDB 2022). Un estudio en Brasil demostró estos impactos en el campo: de 38 ingredientes activos que se emplean comúnmente en el café (entre insecticidas, herbicidas y fungicidas), el flutriafol, el epoxiconazol y el ciproconazol fueron los que tenían más probabilidad de filtrarse al suelo y se encontraron en las concentraciones más altas en aguas subterráneas (de Queiroz et al. 2018). Además, se encontró flutriafol y epoxiconazol en concentraciones tóxicas para los ecosistemas acuáticos locales. Con base en estos resultados, los autores de este estudio recomiendan evitar las aplicaciones de estos triazoles en cafetales cercanos a aguas superficiales o subterráneas, debido al riesgo de contaminación tóxica (de Queiroz et al. 2018).

Conclusión

Dados sus impactos potencialmente tóxicos, los fungicidas triazoles deben aplicarse de manera que maximicen la eficacia y minimicen la contaminación ambiental. La evidencia muestra que la aplicación foliar de triazoles es más eficiente y efectiva que la aplicación al suelo y reduce los impactos ambientales negativos. Por lo tanto, Rainforest Alliance desaconseja las aplicaciones de triazoles en el suelo de forma general y no permite las aplicaciones en el suelo de los triazoles enumerados en la PUE debido a su mayor toxicidad. A través del Estándar 2020, la guía de apoyo, las iniciativas de capacitación y la PUE, Rainforest Alliance proporciona un conjunto de recursos y servicios para ayudar a los productores a dejar de depender de los triazoles tóxicos para tratar la roya del café.

Referencias

- Avelino J., Cristancho M., Georgiou S., Imbach P., Aguilar L., Bornemann G., Läderach P., Anzueto F., Hruska A.J., Morales C. (2015). Las crisis de la roya del café en Colombia y Centroamérica (2008-2013): impactos, posibles causas y propuestas de solución. *Seguridad alimentaria*. 7: 303–321.
- Belan L.L., Jesus-Junior W.C., Souza A.F., Zambolim L., Tomaz M.A., Alves F.R., Ferrão M.A.G., Amaral J.F.T. (2015). Seguimiento a la roya de la hoja en clones de café Conilon para mejorar el uso de fungicidas. *Patología vegetal de Australasia*. 44: 5–12.
- Belan, L.L., de Jesus, W.C. Jr., de Souza, A.F., Zambolim, L., Filho, J.C., Barbosa, D.H.S.G., Moraes, W.B. (2020). El manejo de la roya del café en *Coffea canephora* basado en el monitoreo de enfermedades reduce el uso de fungicidas y el costo de manejo. *Revista Europea de Patología Vegetal*. 156: 683-694.
- Carvalho, G.R., Pasqual, M., Antunes, L.E.C., da Silva, A.T., Scarante, M.J. (1997). Efecto de bencilaminopurina triadimenol sobre el desarrollo de brotes in vitro de café cv. Catuaí. *UNIMAR*. 19(3): 767-775.
- De Resende, M.L.V., Pozza, E.A., Reichel, T., Botelho, D.M.S. (2021). Estrategias para el manejo de la roya del café en sistemas de cultivos orgánicos. *Agronomía*. 11. doi.org/10.3390/agronomy11091865
- De Souza, A., Zambolim, L., Júnior, V. Cecon, P. (2011). Enfoques químicos para el manejo de la roya del café en árboles regados por goteo. *Patología vegetal de Australasia*. 40: 293-300.
- De Queiroz, V., Azevedo, M., Quadros, I., Costa, A., Alves, A., Santos, G., Juvanhol, R., Santos, A., Arthur de Almeida Telles, L. (2018). Evaluación de riesgos ambientales para el uso sostenible de pesticidas en la producción de café. *Revista de hidrología de contaminantes*. 219. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2018.08.008>
- Hinnah, F.D., Sentelhas, P.C., Patricio, F.R.A., Paiva, R.N., Parenti, M.V. (2020). Desempeño de un sistema de pronóstico basado en el clima para el control químico de la roya del café. *Protección de los cultivos*. 137. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105225>

- Honorato J., Zambolim, L., Lopes, U., Lopes, U., Duarte, H. (2015). Fungicidas DMI y QoI para el control de la roya del café. *Patología vegetal de Australasia*. 44. <https://doi.org/10.1007/s13313-015-0373-4>.
- Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Tomaz, M.A., de Souza, A. F., de Jesus, W.C. Jr., Donatelli, E.J. Jr. (2011). Pérdida de vigor en plántulas de café Conilon por aplicación de fungicida granular para suelo. *Núcleo*. 8(2): 97-104.
- PPDB, (Pesticide Properties DataBase). (2022). Lista de ingredientes activos de la A a la Z. [En línea].
- Disponible en: Base de datos de propiedades de plaguicidas (herts.ac.uk). Fecha de consulta: 15 de marzo de 2022.
- Talhinhas, P., Batista, D., Diniz, I., Vieira, A., Silva, D.N., Loureiro, A., Tavares, S., Pereira, A.P., Aziheira, H.G., Guerra-Guimaraes, L., Varzea, V., do Ceu Silva, M. (2017). El patógeno de la roya del café *Hemileia vastatrix*: un siglo y medio en los trópicos. *Patología Molecular de Plantas*. 18(8): 1039-1051.
- Zambolim, L. 2016. Situación actual y manejo de la roya de la hoja del café en Brasil. *Patología de plantas tropicales*. 41: 1-8.