

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Colección Transformación del Agro



Tricotec® WG Biofungicida Recomendaciones de uso y patógenos blanco

Carlos Andrés Moreno Velandia
Luisa Fernanda Izquierdo García
Yimmy Alexander Zapata Narváez
Camilo Rubén Beltrán Acosta
María Victoria Zuluaga Mogollón



El campo
es de todos

Minagricultura



Tricotec® WG Biofungicida

Recomendaciones de uso y patógenos blanco

Carlos Andrés Moreno Velandia

Investigador PhD

Red de Hortalizas y Aromáticas

Centro de Investigación Tibaitatá

Correo: cmoreno@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8692-7613>

Luisa Fernanda Izquierdo García

Investigadora máster

Red de Hortalizas y Aromáticas

Centro de Investigación Tibaitatá

Correo: lfizquierdo@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5462-8221>

Yimmy Alexander Zapata Narváez

Investigador máster asociado, Red de Frutales

Centro de Investigación Tibaitatá

Correo: jzapatan@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7586-209X>

Camilo Rubén Beltrán Acosta

Investigador máster asociado, Red de Cacao

Centro de Investigación Tibaitatá

Correo: cbeltran@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6063-6962>

María Victoria Zuluaga Mogollón

Investigadora máster asociada

Red de Hortalizas y Aromáticas

Centro de Investigación Tibaitatá

Correo: mzuluaga@agrosavia.co

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3246-3400>

Mosquera, Colombia, 2020

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Tricotec® WG biofungicida: recomendaciones de uso y patógenos blanco / Carlos Andrés Moreno Velandia [y otros cuatro] -- Mosquera, (Colombia) : AGROSAVIA, 2020.

44 páginas (Colección Transformación del Agro)

Incluye fotos, gráficos, tablas

ISBN obra impresa: 978-958-740-376-3

ISBN E-book: 978-958-740-378-7

1. Enfermedades de las plantas 2. Biofungicidas 3. Métodos de control 4. Manejo integrado de enfermedades 5. *Trichoderma koningiopsis* . 6. Productos fitosanitarios.

Palabras clave normalizadas según Tesauro Multilingüe de Agricultura Agrovoc

Catalogación en la publicación – Biblioteca Agropecuaria de Colombia

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA - Sede Central
Centro de Investigación Tibaitatá
Kilómetro 14 vía Mosquera-Bogotá, Mosquera, código postal 250047, Colombia.

La presente publicación se originó en el marco del Plan de Vinculación del Bioplaguicida Tricotec®. ID 1000482. El bioproducto Tricotec® WG fue desarrollado por investigadores adscritos al grupo Control Biológico de Plagas Agrícolas de AGROSAVIA, a través de la ejecución de proyectos de investigación financiados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Colciencias. El presente documento contiene información generada en dichos proyectos de investigación e información de revisión de literatura científica debidamente citada.

Colección: Transformación del Agro
Primera edición: 2.000 ejemplares
Publicado en Bogotá, Colombia, septiembre de 2020

Preparación editorial
Editorial AGROSAVIA
editorial@agrosavia.co
Editora: Liliana Gaona García
Corrección de estilo: Luz Ángela Uscátegui
Diagramación: María Paula Berón Ramírez
Impresión: DGP Editores S. A. S.

Citación sugerida: Moreno-Velandia, C. A., Izquierdo-García, L. F., Zapata-Narváez, Y. A., Beltrán-Acosta, C. R., & Zuluaga-Mogollón, M. V. (2020). *Tricotec® WG Biofungicida. Recomendaciones de uso y patógenos blanco*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA).

Cláusula de responsabilidad: AGROSAVIA no es responsable de las opiniones e información recogidas en el presente texto. Los autores asumen de manera exclusiva y plena toda responsabilidad sobre su contenido, ya sea este propio o de terceros, y declaran, en este último supuesto, que cuentan con la debida autorización de terceros para su publicación; igualmente, declaran que no existe conflicto de interés alguno en relación con los resultados de la investigación propiedad de tales terceros. En consecuencia, los autores serán responsables civil, administrativa o penalmente, frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros relativa a los derechos de autor u otros derechos que se hubieran vulnerado como resultado de su contribución.

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@agrosavia.co
<http://www.agrosavia.co/>



DOI: <https://doi.org/10.21930/agrosavia.brochure.7403787>

https://co.creativecommons.org/?page_id=13

Contenido

Agradecimientos	7
Presentación	8
Introducción	9
Características técnicas de Tricotec®	11
Indicaciones generales de uso de Tricotec®	11
Modos de acción de Tricotec® (<i>T. koningiopsis</i> Thoo3)	17
Beneficios de Tricotec®	18
Patógenos blanco de Tricotec®	19
<i>Fusarium oxysporum</i>	19
<i>Rhizoctonia solani</i>	21
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	23
<i>Botrytis cinerea</i>	25
Implementación de Tricotec®	27
Referencias	33

Lista de figuras

Figura 1	Bioplaguicida Tricotec®	12
Figura 2	Equipos y formas de aplicación de Tricotec®	14
Figura 3	Colonización y degradación de esclerocios por <i>T. koningiopsis</i> Thooz	17
Figura 4	Efecto de la aplicación de Tricotec® en plantas de mora	18
Figura 5	Síntomas y signos del marchitamiento vascular del tomate causado por <i>F. oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	20
Figura 6	Aspecto macroscópico del hongo en medio PDA	21
Figura 7	Enfermedades causadas por <i>Rhizoctonia solani</i>	22
Figura 8	Síntomas y signos de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> en lechuga	24
Figura 9	Síntomas y signos del moho gris sobre frutos de fresa	26
Figura 10	Eficacia de Tricotec® en el control del añublo de la vaina del arroz	29
Figura 11	Método de control físico para el manejo de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	31

Lista de tablas

Tabla 1 Recomendaciones de uso de Tricotec®

15





Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a los productores de tomate, lechuga, arroz, mora, fresa y floricultores que han permitido el ingreso de los investigadores de AGROSAVIA a sus fincas y han participado en los procesos de evaluación de Tricotec® y en las actividades del plan de vinculación de esta nueva oferta tecnológica en los municipios de Ábrego, Angelópolis, Betulia, Contadero, Cota, Curití, Carmen de Viboral, Filandia, Funza, Fusagasugá, Granada, La Ceja, Madrid, Marinilla, Mosquera, Ocaña, Pasca, Pasto, Saldaña, Silvania, Surata y Villa de Leyva.

Los autores hacen un reconocimiento especial al grupo inventor de Tricotec® conformado por Alba Marina Cotes Prado PhD, Laura Fernanda Villamizar Rivero PhD, Martha Isabel Gómez Álvarez PhD, Carlos Andrés Moreno Velandia PhD, Yimmy Alexander Zapata Narváez MSc, Adriana Marcela Santos Díaz MSc, Liz Alejandra Uribe Gutiérrez MSc, María Victoria Zuluaga Mogollón MSc, Camilo Rubén Beltrán Acosta MSc, Héctor Arévalo Martínez PhD, Luisa Fernanda Izquierdo García MSc, Fredy Mauricio Cruz Barrera PhD y Martha Liliana Chaparro BSc. Así mismo, los autores agradecen el valioso aporte de los profesionales Claudia Milena Mesa, Juan Carlos Barrios, Paula Elizabeth Mesa y Alexander Smith en los procesos de producción y evaluación de Tricotec®.

Presentación

Las evidencias en el proceso de producción agrícola dan cuenta de la baja eficacia de los métodos convencionales de control de enfermedades en los cultivos. Ya sea que esto se deba a malas técnicas de aplicación de productos fitosanitarios, a la baja calidad de las aguas empleadas para las mezclas de fungicidas, a la baja eficacia *per se* de los plaguicidas, al desarrollo de resistencia de los patógenos, al rompimiento de la resistencia en las variedades mejoradas o a la falta de asistencia técnica oportuna, entre otras causas, actualmente la pérdida de rendimientos en los cultivos a causa de las enfermedades llega a ser superior al 30 % (Cotes, 2018).

Ante este panorama general, es urgente el desarrollo de alternativas compatibles con los métodos de control actuales, para que puedan incorporarse en esquemas de manejo integrado de enfermedades. Es aquí donde el control biológico con microorganismos que son enemigos naturales de los fitopatógenos adquiere gran importancia a través del desarrollo de bioproductos de alta calidad, esto es, fabricados a base de cepas de microorganismos con alta actividad biocontroladora demostrada en campo, con una larga vida útil, que sean fáciles de aplicar y que sean seguros para los operarios, para el consumidor final de los alimentos producidos y para el medio ambiente.

Hoy se entrega a los agricultores del país el bioplaguicida Tricotec® WG (en adelante nombrado como Tricotec®), desarrollado por AGROSAVIA bajo los estándares más altos de calidad. Tricotec® está formulado a base del hongo antagonista *Trichoderma koningiopsis* cepa Thoo3, cuenta con registro ICA n.º 12164 y se emplea para el control de varios patógenos de alto impacto económico en la agricultura. El desarrollo de Tricotec® está soportado en las investigaciones realizadas y publicadas por un grupo interdisciplinario de profesionales de AGROSAVIA. La presente publicación busca dar a conocer a los agricultores la disponibilidad del bioproducto Tricotec®, sus características y recomendaciones de uso.

Introducción

El método más ampliamente utilizado para el control de enfermedades en los cultivos es el control químico, con un amplio número de moléculas de fungicidas desarrolladas. Este método de control ha ayudado a reducir el impacto negativo de los patógenos sobre los cultivos, pero el riesgo de los efectos adversos sobre el medio ambiente y la salud de los operarios, sumado a una pérdida permanente de rendimientos a pesar de su uso, ha despertado el interés por los métodos de control no convencionales.

Entre las alternativas al uso de fungicidas están el control cultural, el control físico, el control genético y el control biológico (Panth et al., 2020). Teniendo en cuenta que los microorganismos antagonistas de los fitopatógenos han sido la principal fuente de desarrollo del control biológico, se ha demostrado que los microorganismos benéficos pueden ser, al menos en parte, una solución sostenible para combatir los efectos negativos de las enfermedades de las plantas cultivadas.

Actualmente varios países se han sumado a la iniciativa del uso responsable de agroquímicos y del estímulo por el empleo de alternativas amigables con la salud y el medio ambiente, para lo cual han expedido normas oficiales para retirar del mercado ingredientes activos extremadamente tóxicos y para reglamentar el uso sostenible de plaguicidas (Colla et al., 2012). Estas acciones oficiales han abierto el camino al desarrollo y registro de bioproductos, incluso por parte de empresas que tradicionalmente estaban dedicadas al desarrollo de productos químicos.

En este sentido, hace seis años Colombia contaba con un registro de 26 bioproductos para el control de fitopatógenos (Cotes, 2014) y actualmente son 44, aunque en el año 2018 llegó a ser de 50 bioproductos. Entonces, hoy nos encontramos en un momento de la agricultura en el cual se está construyendo la confianza en este tipo de productos para la protección

vegetal, razón suficiente para afirmar que le corresponde a los fabricantes y los promotores de ventas de biofungicidas entregar productos de la mejor calidad y capacitar a los agricultores sobre la naturaleza, las fortalezas y las debilidades de los bioproductos. De esta manera, el agricultor deberá tener claro que el control biológico es una medida de control preventiva y que cuando usa un bioproducto está aplicando un organismo vivo que requiere ciertas condiciones que favorezcan su establecimiento y su actividad biológica, por lo cual también su efecto de control no es inmediato, como sucede generalmente con los fungicidas. Algo muy importante es que los bioproductos se suman al resto de opciones disponibles para el control de enfermedades, sobre lo cual se conoce que el uso combinado de los bioproductos con otros métodos de control genera mayor eficacia comparado con el uso de un solo método.

Bajo el escenario descrito antes, AGROSAVIA desarrolló el biofungicida Tricotec[®], a base del hongo antagonista *Trichoderma koningiopsis* cepa Thoo3, y al mismo tiempo desarrolló estándares de calidad que son referentes a nivel internacional. Lo anterior indica que con la entrega de Tricotec[®] se garantiza un bioproducto altamente eficaz, que reduce entre un 31 y un 60 % la incidencia de las enfermedades de marchitamiento vascular (*Fusarium oxysporum*), adelgazamiento del tallo (*Rhizoctonia solani*), moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* y *Sclerotinia minor*), moho gris (*Botrytis cinerea*) y añublo de la vaina del arroz (*Rhizoctonia solani*). La formulación de Tricotec[®] es original y presenta larga vida útil, de 18 meses a 6 °C y de 12 meses a 18 °C; es de fácil y homogénea disolución en agua; con la concentración más alta de principio activo entre los productos del mercado (1×10^9 conidios/g) y con un porcentaje de germinación de conidios mínimo del 80 %, entre otras características que dan cuenta de su alta calidad y eficacia.

Características técnicas de Tricotec®

El principio activo de un biofungicida es su componente fundamental, es el que ejerce la actividad de control sobre un fitopatógeno y con el cual se realiza el desarrollo tecnológico para producirlo y formularlo como un bioproducto estable. El principio activo de Tricotec® son conidios (estructuras de propagación) del hongo nativo *Trichoderma koningiopsis* cepa Thoo3 (Cotes, 2011). *T. koningiopsis* Thoo3 se desarrolla bien a temperaturas entre los 20 °C a 30 °C, sin embargo, tolera temperaturas por debajo y por encima de este rango.

Tricotec® está formulado como granulado dispersable (WG) de color verde para aplicación foliar o edáfica (figura 1). Además de los conidios de Thoo3, Tricotec® contiene agentes desintegrantes para facilitar su rápida disgregación al contacto con el agua; estos diluentes lo hacen más fluido y contribuyen con la distribución homogénea del principio activo en el agua, lo que hace, a su vez, que su aplicación sea sencilla y fluida con todos los equipos de fumigación y riego disponibles, sin ocasionar taponamiento de las boquillas y los goteros. También contiene protectores de secado que protegen los conidios durante el proceso de formulación del bioplaguicida y aseguran su viabilidad en el tiempo, así como protectores ultravioleta para proteger al hongo cuando sea asperjado al follaje. Tricotec® presenta baja toxicidad (categoría IV); sin embargo, para su aplicación se recomienda usar tapabocas y guantes.

Indicaciones generales de uso de Tricotec®

- Se recomienda reconstituir la cantidad requerida de Tricotec® en un recipiente con un volumen pequeño de agua y agitar para facilitar la disolución (ver dosis de aplicación por cultivo/hectárea en la tabla 1).



Fotos: Camilo Beltrán
y María Elena Londoño

Figura 1. Bioplaguicida Tricotec®. a. Morfología de *T. koningiopsis* Thoo3 vista al microscopio; b. Formulación granulada dispersable a base de Thoo3.

- Ya disuelto el producto, el contenido del recipiente se debe añadir al tanque de mezcla mientras se completa con el volumen de agua requerido para la aplicación. Para evitar residuos en el recipiente de disolución, se debe lavar con agua y vaciar los residuos en el tanque.
- Se recomienda aplicar la suspensión de Tricotec® al suelo para el control de los patógenos *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. minor* y *Botrytis cinerea*, los cuales cumplen ciertas fases de su ciclo de vida en el suelo.
- Se recomienda hacer aplicaciones foliares para el control de patógenos como *Botrytis cinerea* y *S. sclerotiorum* cuyas esporas (conidios y ascosporas respectivamente) son transportadas por el viento hasta los órganos aéreos de las plantas, donde causan infecciones.
- Teniendo en cuenta que los propágulos de los fitopatógenos mencionados antes generalmente están distribuidos en la zona del crecimiento de las raíces, es importante que haya un buen cubrimiento del suelo con la suspensión de Tricotec®, así habrá mayor oportunidad de que los propágulos de los patógenos sean alcanzados con mayor rapidez por *T. koningiopsis* Thoo3, por lo cual las aplicaciones en drench (con poma o cacho) o vía sistema de riego son lo más recomendado.

- Tricotec® se puede aplicar con una fumigadora de espalda, con un equipo de riego por drench o a través de sistemas de fertirriego debidamente calibrados (figura 2).
- Siempre lea la etiqueta del producto. No mezcle Tricotec® en el tanque con residuos de ningún plaguicida químico o soluciones concentradas de fertilizantes, ya que su actividad controladora y benéfica se puede ver afectada. Tricotec® se puede utilizar en etapa de semillero, en el trasplante o en la siembra de manera preventiva.
- En arroz se recomienda realizar aplicaciones foliares adicionales de Tricotec® para prevenir infecciones foliares de *R. solani*.
- La suspensión de Tricotec® se puede asperjar con los equipos convencionales de fumigación utilizados en los diferentes sistemas productivos. Sin embargo, se debe realizar previamente un lavado del sistema de aplicación (balde, tanque de mezcla, tubería/mangueras, aguillones y boquillas) para reducir la exposición del principio activo de Tricotec® a los residuos de fungicidas que pueda contener. También se recomienda realizar la calibración respectiva de los equipos de aplicación.
- Las aplicaciones periódicas de Tricotec® para cada cultivo y enfermedad en particular son recomendadas con el fin de mantener el nivel de población mínimo efectivo del biocontrolador *T. koningiopsis* Thooz ya que, como es natural, todos los microorganismos benéficos introducidos estarán influenciados por factores físicos, químicos y microbiológicos propios de la rizósfera y del ambiente foliar donde se apliquen, como la humedad, la temperatura, los exudados de la raíz, el pH, la conductividad eléctrica, los plaguicidas utilizados, el microbioma nativo y las respuestas del patógeno frente al ataque.

A través de la colonización de la rizósfera, Thooz entra en contacto con la planta, estimulando la activación de respuestas de defensa. Por otra parte, en el ambiente foliar, los conidios de Thooz compiten por espacio y nutrientes con las esporas de fitopatógenos que llegan con el movimiento de aire, y también activan el sistema de defensa de la planta. En la tabla 1 se presentan las recomendaciones de uso de Tricotec® con mayor detalle.



Fotos: Carlos Andrés Moreno

Figura 2. Equipos y formas de aplicación de Tricotec®. Panel superior: aspersión con aguilón de ocho boquillas de cono hueco con la ayuda de un equipo de fumigación estacionario. Panel central: aplicación en drench con poma de 1.000 huecos. La suspensión de Tricotec® se inyectó a través de un sistema de Venturi. Panel inferior: aspersión de Tricotec® con aguilón de tres boquillas o con lanza con una boquilla mediante un equipo de fumigación estacionario y aspersión con una fumigadora espalda.

Tabla 1. Recomendaciones de uso de Tricotec®

Cultivo	Blanco biológico	Dosis (g/ha)	Recomendación de aplicación
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	Damping-off (<i>Rhizoctonia solani</i>)	500-800 g/ha	Semillero: aplicación en drench en el momento de la siembra, 7 y 21 días después de la siembra. Campo: aplicación en drench durante el trasplante, 7 y 21 días después del trasplante, dirigiendo la aplicación a la base de la planta.
	Damping-off y marchitamiento vascular (<i>Fusarium oxysporum</i>)	500-800 g/ha	
Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>)	Moho blanco (<i>Sclerotinia minor</i> y <i>S. sclerotiorum</i>)	Drench: 500-600 g/ha Foliar: 400 g/ha	Semillero: aplicación en drench en el momento de la siembra, 7 y 21 días después de la siembra. Campo: aplicación en drench durante el trasplante, 7 y 21 días después del trasplante, dirigiendo la aplicación a la base de la planta. Aplicación foliar a los 28 y 42 días después del trasplante.

(Continúa)

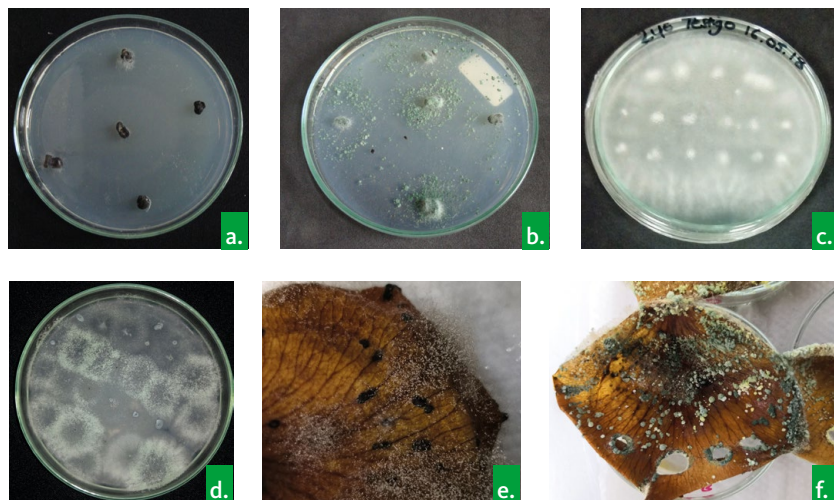
(Continuación tabla 1)

Cultivo	Blanco biológico	Dosis (g/ha)	Recomendación de aplicación
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	Añublo de la vaina (<i>Rhizoctonia solani</i>)	500-1000 g/ha	Semillero: aplicación en drench en el momento de la siembra, 7 y 21 días después de la siembra. Campo: aplicación foliar a los 30 y 60 días después del trasplante.
Fresa (<i>Fragaria</i> sp.), mora (<i>Rubus</i> sp.), frambuesa (<i>Rubus idaeus</i>), arándanos (<i>Vaccinium</i> sp.), uva (<i>Vitis</i> sp.) y brevo (<i>Ficus carica</i>)	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	250-500 g/ha	Aplicación foliar cada 7 a 15 días
Rosas y ornamentales	Moho gris (<i>Botrytis cinerea</i>)	Drench: 500-1000 g/ha Foliar: 500 g/ha	Aplicación foliar cada 7 días. Aplicación en drench mensual.
Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	<i>Rhizoctonia solani</i>	250-500 g/ha	Cuatro aplicaciones: siembra, emergencia de tallos, antes de aporque y después de aporque.

Fuente: Elaboración propia

Modos de acción de Tricotec® (*T. koningiopsis* Thoo3)

T. koningiopsis Thoo3 se caracteriza por su rápido crecimiento y bajos requerimientos nutricionales, lo cual lo hacen un buen competidor y colonizador del suelo. Adicionalmente produce enzimas como celulasas, glucanasas y quitinasas, las cuales están relacionadas con la degradación de la pared celular de los hongos fitopatógenos durante procesos de micoparasitismo (Cotes, 2011). Debido a la producción de estas enzimas, *T. koningiopsis* Thoo3 tiene la capacidad de degradar esclerocios (estructuras de resistencia) de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium cepivorum* (Beltrán et al., 2010; Smith et al., 2013; Zapata-Narváez et al., 2020) y *Botrytis cinerea* (figura 3).



Fotos: Yimmy Zapata y Carlos Andrés Moreno

Figura 3. Colonización y degradación de esclerocios por *T. koningiopsis* Thoo3. a. Esclerocios de *S. sclerotiorum* sin tratar de muestras recuperadas de suelo; b. Colonización de los esclerocios de *S. sclerotiorum* de muestras de suelo tratado con Tricotec®; c. Colonias de *S. cepivorum* formadas a partir de esclerocios recuperados del suelo no tratado; d. Colonización de esclerocios de *S. cepivorum* recuperados de suelo tratado con Tricotec®; e. Crecimiento de *B. cinerea* sobre pétalos de rosa var. Pink Floyd libres de tratamiento, nótese la esporulación y la formación de esclerocios del hongo; f. Pétalo de rosa var. Pink Floyd asperjado con Tricotec®. Nótese el parasitismo de *T. koningiopsis* Thoo3 sobre los esclerocios de *Botrytis* y la inhibición de la esporulación.

Thoo3 tiene capacidad endofítica, es decir que puede colonizar y vivir en los tejidos de una planta sin causar daño, estableciendo una relación simbiótica de mutuo beneficio. Thoo3 también es inductor de respuestas de defensa en la planta (Moreno-Velandia et al., 2009). Además, Thoo3 es promotor del crecimiento vegetal. Por ejemplo, con la incorporación de Tricotec® desde la fase de endurecimiento de plántulas de mora propagadas *in vitro* se aumentó el éxito del endurecimiento y las plantas mostraron mayor tamaño en comparación con las plantas no tratadas (figura 4) (Beltrán & Cotes, 2009).

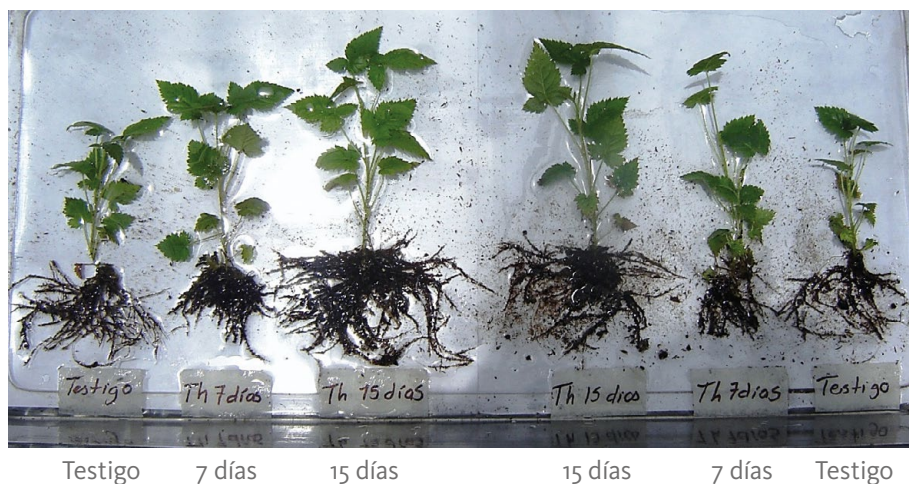


Figura 4. Efecto de la aplicación de Tricotec® en plantas de mora cada 7 o cada 15 días. Estado de las plantas evaluado 35 días después del trasplante.

Fuente: Adaptado de Beltrán y Cotes (2009)

Beneficios de Tricotec®

- Amplio espectro de acción contra diferentes patógenos.
- Actúa en diferentes sitios de la planta (raíz y follaje).
- Promueve el crecimiento vegetal.
- Excelente alternativa biológica en planes de manejo integrado de enfermedades.

- Su establecimiento en el suelo favorece el control de fitopatógenos por un tiempo prolongado.
- Seguro para insectos benéficos.
- Bajo riesgo de resistencia.
- Establece una relación endofítica con la planta hospedera.
- Único producto de la especie *Trichoderma koningiopsis* en el mercado local.
- Bioproducto a base de *Trichoderma* sp. de mayor concentración (1×10^9 conidios/g) en el mercado local.
- Respaldo de experiencia de investigación y desarrollo de AGROSAVIA.

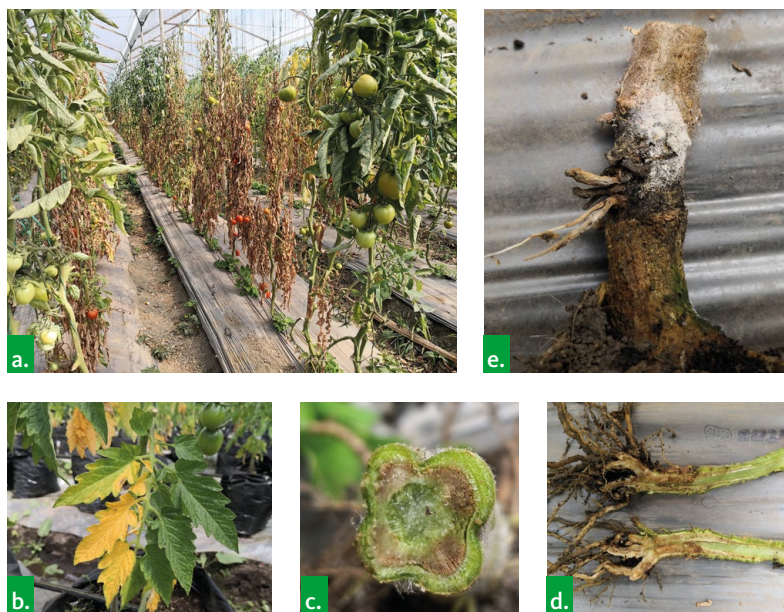
Patógenos blanco de Tricotec®

Fusarium oxysporum

Fusarium oxysporum es un hongo filamentosos que habita en la mayor parte de los climas y lugares del mundo. En las plantas, *F. oxysporum* causa pudrición de raíz o marchitamiento vascular en más de cien especies (Gordon & Martyn, 1997), ocasionando pérdidas severas en cultivos de alta importancia económica como tomate, banano, clavel, uchuva y algodón, entre otros.

Después de ingresar en la planta, *F. oxysporum* coloniza el tejido vascular, lo cual desenlaza el marchitamiento típico, la clorosis y la necrosis en los órganos aéreos de las plantas (Husaini et al., 2018) (figura 5a). Es típico observar los síntomas externos desarrollándose de forma unilateral desde la base del tallo hacia arriba (figura 5b). En cortes transversales de la parte baja del tallo generalmente se presenta un anillo marrón en la zona de los haces vasculares (Nogués et al., 2002) (figuras 5c y 5d). Las plantas infectadas por *F. oxysporum* sufren un severo estrés hídrico debido principalmente a la obstrucción de los vasos del xilema, por acumulación de micelio del hongo, por la producción de micotoxinas y por las respuestas de defensa del hospedero, lo que genera estos síntomas típicos de marchitez (Di Pietro et al., 2003).

F. oxysporum ha sido recuperado de las raíces de plantas y de materia orgánica en descomposición, lo cual ha sugerido que estos sustratos son fuente para el crecimiento y la reproducción de la especie (Gordon, 2017). Aunque la diseminación del patógeno ocurre principalmente en el suelo, también puede estar asociada a hospederos alternos, a fuentes de agua y a material vegetal de propagación (McGovern, 2015). *F. oxysporum* es un patógeno de raíz hemibiótrofo, esto significa que actúa típicamente como biótrofo en estadios tempranos de su ciclo de vida, se alimenta de células vivas del hospedero y establece la infección antes de cambiar a una fase necrótrofa para completar su ciclo de vida (Brown & Ogle, 1997). En estados severos de colonización, el hongo invade el parénquima y llega a esporular en la superficie del hospedero (Di Pietro et al., 2003) (figura 5e), propiciando la diseminación por el viento.

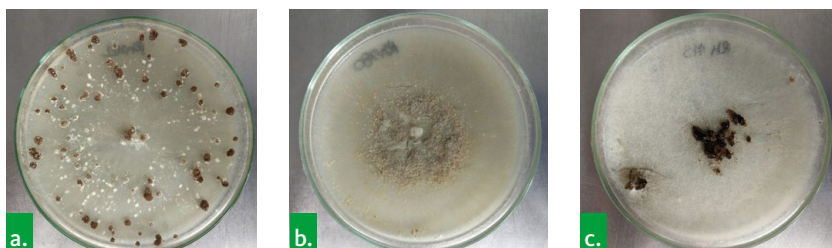


Fotos: Carlos Andrés Moreno

Figura 5. Síntomas y signos del marchitamiento vascular del tomate causado por *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. a. Cultivo afectado fuertemente por el patógeno; b. Síntoma típico de clorosis lateral de las hojas; c. Corte transversal y d. Corte longitudinal del tallo que muestran la coloración marrón típica en los haces vasculares. e. Esporulación de *F. oxysporum* en la superficie del tallo, a la altura del cuello de una planta en estado avanzado de enfermedad.

Rhizoctonia solani

Rhizoctonia solani es un hongo que puede vivir en el suelo, sobre residuos de materia orgánica o en residuos vegetales (Papavizas, 1970) y no produce esporas asexuales, lo que supone una limitada diseminación a larga distancia (Ogoshi, 1987), la cual, cuando ocurre, se atribuye a movimiento de agua y a la dispersión mecánica durante las labores de siembra y cosecha (Truscott & Gillian, 2001). Adicionalmente, este hongo sobrevive ante condiciones adversas formando masas compactas de micelio conocidas como esclerocios (Sumner, 1996) (figura 6).



Fotos: Luisa Fernanda Izquierdo

Figura 6. Aspecto macroscópico del hongo *R. solani* en medio PDA. a. Aislamiento de arroz; b. Aislamiento de tomate; c. Aislamiento de papa. Nótese la formación de esclerocios de color marrón. Así mismo, el crecimiento del hongo en medio de cultivo puede variar entre cepas.

R. solani tiene una amplia distribución mundial y causa enfermedades en todos los tipos de cultivos, incluyendo forrajes, oleaginosas, hortalizas, ornamentales y cereales. Entre los hospederos de interés agrícola más conocidos están el tomate, la papa, el arroz, el maíz y la soya. En las últimas dos décadas, la enfermedad añublo de la vaina, causada por *R. solani*, ha sido la segunda más importante en el cultivo de arroz en los países productores (Adhipathi et al., 2013; Sandoval & Camagun, 2019).

Dentro de los síntomas que puede causar *R. solani* se encuentran pudrición en la semilla, la raíz, el cuello, el tallo y las ramas; cáncer del tallo, costra negra, añublo en plántulas y damping-off o adelgazamiento del tallo en pre y postemergencia (figura 7). El tipo de síntomas que se desarrollen depende de la especie vegetal hospedera y del grupo de anastomosis del patógeno (Ajayi-Oyetunde & Bradley, 2018). El hongo puede formar esclerocios en la superficie del tejido vegetal, los cuales son resistentes a temperaturas altas y a la desecación, limitan el éxito del ataque por otros microorganismos y se convierten en una forma de sobrevivir ante la ausencia de un hospedero.



Fotos: Luisa Fernanda Izquierdo y Carlos Andrés Moreno

Figura 7. Enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani*. a. Síntomas de añublo de la vaina en arroz; b. Chancro del tallo del tomate; c. *Damping-off* en plántulas de tomate en semillero; d. *Damping-off* en plántulas de tomate en cultivo bajo invernadero.

Sclerotinia sclerotiorum

Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary es un hongo con distribución mundial, que causa la enfermedad conocida como moho blanco o pudrición blanda a cerca de 408 especies de plantas de 75 familias (Boland & Hall, 1994). Entre los hospederos más conocidos se encuentran: lechuga, tomate, zanahoria, alcachofa, apio, pepino, habichuela, frijol, espinaca, soya, girasol, alfalfa y algodón, entre otras especies (Ávila et al., 1996). La enfermedad ocasionada por *S. sclerotiorum* puede afectar plantas en cualquier etapa de desarrollo, desde plántulas y plantas maduras hasta órganos cosechados durante su transporte y almacenamiento (Agrios, 2005).

La incidencia del moho blanco en los cultivos de especies como oleaginosas, forrajes y hortalizas puede llegar a causar pérdidas de entre 10 y 80% del rendimiento (Madloo, et al., 2017). Estudios previos realizados en cultivos de lechuga en municipios productores de Cundinamarca describieron epidemias con pérdidas desde el 5 hasta el 54% (Moreno et al., 2010).

El daño ocasionado por *S. sclerotiorum* varía de acuerdo con el huésped, el órgano afectado y las condiciones ambientales. Los daños iniciales se presentan como una pudrición blanda en el área afectada (figuras 8a y 8b), seguida por la formación de un micelio algodonoso y blanco (figura 8c). Posteriormente el micelio se agrega formando estructuras compactas y duras denominadas esclerocios, de color negro o marrón, de forma principalmente plana y alargada, con un diámetro entre 2 y 10 mm (figura 8d) (Agrios, 2005). Estos hacen posible la permanencia del hongo en el suelo hasta por diez años (Vannacci et al., 1988).

Este hongo puede infectar a la planta por la germinación miceliogénica de esclerocios presentes en el suelo, en donde las hifas infectan directamente la planta, o de manera carpogénica, en donde los esclerocios producen apotecios (figuras 8e y 8f). Los apotecios liberan millones de ascosporas que pueden

transportarse por el viento e infectar otras plantas (Madloo et al., 2017). El número de esclerocios que forma *S. sclerotiorum* varía de acuerdo con la planta hospedero, el órgano afectado y las condiciones ambientales. No obstante, se estima que un esclerocio en 5 kg de suelo puede causar un 40 % de severidad de la enfermedad (Madloo et al., 2017).



Fotos: Camilo Beltrán y Carlos Andrés Moreno

Figura 8. Síntomas y signos de *Sclerotinia sclerotiorum* en lechuga. a. y b. Síntomas de marchitamiento causados por *S. sclerotiorum* en plantas jóvenes; c. y d. Micelio algodonoso y esclerocios de *S. sclerotiorum* formados en la superficie de plantas maduras; e. y f. Apothecios formados a partir de esclerocios de *S. sclerotiorum*.

Botrytis cinerea

El moho gris es la enfermedad producida por el hongo *Botrytis cinerea*, el cual no cuenta con hospederos específicos y llega a afectar a más de 250 especies vegetales de interés agrícola entre las que se encuentran frutas, hortalizas y especies ornamentales (Benito et al., 2000; Carisse, 2016). Dada la capacidad de causar daño en estos cultivos, el moho gris se considera como una de las enfermedades más limitantes por sus efectos en cultivo y en poscosecha, ya que puede llegar a provocar pérdidas que superan el 50 % (Tamayo et al., 2001; Adnan et al., 2019; Araújo et al., 2005).

B. cinerea es un hongo cosmopolita y puede encontrarse en el suelo y en el aire. Este hongo puede infectar los tejidos vegetales a través de heridas como los cortes de poda o a través de aberturas naturales como las lenticelas, o también a través de estructuras como los tricomas. En plantas como la fresa, la frambuesa, la mora, la vid y en plantas ornamentales como la rosa, *B. cinerea* puede afectar cualquier etapa del desarrollo de la flor o del fruto. El proceso de infección de *B. cinerea* se ve favorecido por condiciones de alta humedad relativa ($HR > 90\%$) y una temperatura moderada ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $22\text{ }^{\circ}\text{C}$) (Carisse, 2016).

Sin embargo, si las condiciones ambientales no son adecuadas para el progreso de la enfermedad, *B. cinerea* puede permanecer en un estado latente, por lo que los frutos y las flores podrían cosecharse sin síntomas aparentes, pero el patógeno puede activar su crecimiento después, desarrollándose rápidamente y provocando pérdidas económicas importantes durante la poscosecha (Mason & Dennis, 1978; Molina et al., 2004).

Los síntomas iniciales del moho gris consisten en lesiones necróticas de coloración marrón sobre el tejido afectado, las cuales avanzan rápidamente. Generalmente, sobre estas lesiones se observa el crecimiento del micelio y la posterior esporulación del hongo con una coloración que va de gris a marrón (figura 9). Los conidios de *Botrytis* son fácilmente transportados por el viento, el agua, los

insectos o el hombre, lo cual favorece su dispersión y la infección de diferentes órganos en otras plantas (Jarvis, 1962; Mason & Dennis, 1978; McNicol et al., 1985; Molina et al., 2004; Viret et al., 2004; Latorre et al., 2015).



Fotos: Yimmy Zapata y Camilo Beltrán

Figura 9. Síntomas y signos del moho gris sobre frutos de fresa (panel superior), frutos de mora (panel del medio) y rosas (panel inferior).

B. cinerea sobrevive en forma de esclerocios, micelio o conidios sobre restos de material vegetal provenientes de residuos de podas, de cosecha u órganos senescentes. El crecimiento vegetativo (micelio) del hongo ocurre a partir de la germinación de los esclerocios o de los conidios y posteriormente produce abundantes conidios. Cuando se levantan masas de suelo en forma de polvo también se elevan los conidios de *Botrytis*, los cuales llegan a las flores o frutos que pueden desarrollar la enfermedad si las condiciones de humedad y temperatura son óptimas o producir infecciones quiescentes (Jarvis, 1962; Carisse, 2016).

Implementación de Tricotec®

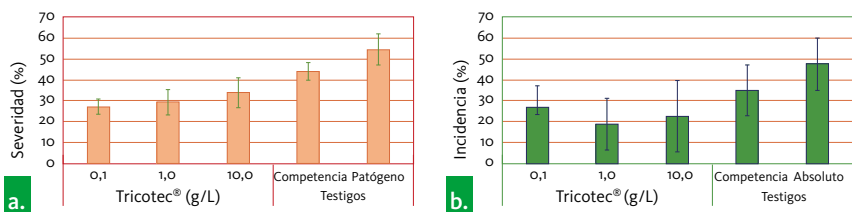
El control biológico se ha considerado muy útil para el control de *F. oxysporum*, *R. solani*, *S. sclerotiorum*, *S. minor* y *B. cinerea* no solo por su eficacia directa sobre estos fitopatógenos, sino porque mejora la consistencia de las demás medidas de control y contribuye a la sostenibilidad de los sistemas productivos. Este método de control reduce el riesgo de desarrollo de resistencia de los patógenos a los fungicidas y disminuye el impacto negativo del control químico sobre el medio ambiente y sobre la salud de los operarios en los cultivos y de los consumidores de los productos agrícolas.

En este contexto, el bioproducto Tricotec® desarrollado por AGROSAVIA ha mostrado alta eficacia en el control de los marchitamientos vasculares del tomate, la uchuva y el clavel; la enfermedad damping-off del tomate; el añublo de la vaina del arroz; la costra negra de los tubérculos de papa; el moho blanco de las hortalizas y el moho gris de los frutos rojos y las flores de exportación, lo cual lo ubica como un bioproducto con alto potencial para reducir el impacto económico que causan estas enfermedades y el impacto ambiental derivado del uso frecuente de fungicidas.

Dada la propiedad preventiva del control biológico, este constituye una estrategia complementaria al empleo de variedades resistentes; a las prácticas culturales, como los drenajes, la eliminación de residuos de cosecha, la rotación de cultivos y la eliminación de malezas susceptibles a los patógenos; al control físico, como la solarización del suelo (Moreno-Velandia & Cotes, 2010), y al uso de fungicidas en casos necesarios (Moya, 2012), todo esto en un contexto de manejo integrado.

Una de las principales características de la cepa *T. koningiopsis* Thoo3 es la capacidad de degradar los esclerocios que forman *F. oxysporum*, *R. solani*, *S. sclerotiorum* y *B. cinerea*. En los estudios que llevaron al desarrollo del bioproducto se encontró que Thoo3 es capaz de parasitar los esclerocios de *R. solani* hasta en un 80 % (Beltrán et al., 2007). La acción de las enzimas líticas de Thoo3, como se mencionó, degrada los esclerocios y reduce la sobrevivencia del patógeno y, por ende, su capacidad de propagarse y causar infección.

Tricotec® ha llegado a reducir en cerca del 50 % el número de plantas de tomate afectadas por damping-off o adelgazamiento del cuello en semillero. En el cultivo de arroz, Tricotec® ha presentado una eficacia del 38 al 50 % en la reducción de la severidad de la enfermedad añublo de la vaina en casa de malla (figura 10a, c, d, e) y del 45 al 60 % de reducción del número de plantas con síntomas de la enfermedad en campo (figura 10b).



Fotos: Carlos Andrés Moreno

Figura 10. Eficacia de Tricotec® en el control del añublo de la vaina del arroz. a. Respuesta de la severidad de la enfermedad en condiciones de inóculo artificial de *R. solani* en plantas crecidas en materas (C. I. Nataima, Espinal, Tolima); b. Respuesta de la incidencia de la enfermedad en condiciones de inóculo natural de *R. solani* en un cultivo comercial de arroz en el municipio de Saldaña, Tolima; c. Unidad experimental del testigo patógeno; d. Unidad experimental tratada con Tricotec® en dosis de 1 g/L; e. Unidad experimental tratada con un bioplaguicida comercial a base de *Trichoderma viride* registrado para el control de la enfermedad. Obsérvese la reducción de síntomas de añublo de la vaina en las plantas tratadas con Tricotec®.

Las características ambientales en las cuales se desarrolla el cultivo de arroz, como altas temperaturas e inundación, no afectan significativamente la sobrevivencia del principio activo de Tricotec®. Se ha encontrado que la cepa Thoo3 de *T. koningiopsis* sobrevive en condiciones de 35 °C en suelo seco hasta por dos semanas, tolera condiciones de 25 y 30 °C en suelo seco e inundado y mantiene una densidad de población similar a la aplicada inicialmente al suelo. En el caso de rizoctonias en papa, se ha encontrado que Tricotec® puede

reducir hasta en un 80 % el número de tubérculos afectados en condiciones de almacenamiento de semilla (Santos et al., 2011). En condiciones del cultivo en campo puede aumentar hasta en un 11% el rendimiento y reducir en un 40% el número de tubérculos afectados por presencia de esclerocios (Beltrán et al., 2011). En el cultivo de papa, se recomienda aplicar Tricotec® en el momento de la siembra, tres semanas después de la siembra, antes y después del aporque.

Estudios previos han demostrado la eficacia de Tricotec® contra el moho blanco de la lechuga en los municipios de mayor producción de lechuga en Cundinamarca (Mosquera, Funza y Madrid), en donde *S. sclerotiorum* es la principal limitante. El bioproducto fue incorporado en un esquema de manejo integrado que incluyó además solarización del suelo y cobertura plástica sobre la cama de siembra. Este esquema se comparó con la aplicación del fungicida procimidona y con un testigo no tratado (figura 11). Las plantas bajo el manejo integrado de la enfermedad presentaron mayor peso, en especial en el tratamiento con cobertura plástica, en comparación con los demás tratamientos. A los 62 días después de trasplante, la incidencia de *S. sclerotiorum* en el tratamiento químico fue de 4,5 %, en el testigo no tratado fue del 4,4 % y en el tratamiento de manejo integrado de plagas (MIP) fue de 1,4 %, presentando así una eficacia del 70 % (Moreno, Smith, & Cotes, 2010). En consideración con las propiedades de *T. koningiopsis* Thoo3 y de las características del producto Tricotec®, su incorporación en esquemas de manejo integrado del cultivo (MIC) se configura como una opción satisfactoria para el control de *Sclerotinia* spp.



Fotos: Carlos Andrés Moreno

Figura 11. Método de control físico para el manejo de *Sclerotinia sclerotiorum*. a. Solarización del suelo y método de control cultural; b. Cobertura plástica para evitar el contacto de hojas bajas con el suelo y con esclerocios de *S. sclerotiorum*.

Por otra parte, para el manejo del moho gris es importante sembrar con adecuadas distancias de siembra, ya que las altas densidades de siembra favorecen largos periodos de humedad sobre el follaje, lo cual también ayuda al desarrollo del moho gris. Adicionalmente, *B. cinerea* produce abundantes conidios (principal estructura de dispersión aérea) en la superficie de los tejidos infectados (Carisse, 2016), por lo cual es necesario retirar los órganos infectados, reduciendo así el riesgo de dispersión sobre nuevos tejidos o sobre otras plantas en el cultivo. En el mismo sentido, es importante retirar del cultivo el material vegetal senescente y los residuos de las podas debido a que en estos tejidos *B. cinerea* puede sobrevivir y producir conidios y estructuras de resistencia como los esclerocios.

La cepa *T. koningiopsis* Thoo3 ha mostrado su capacidad para reducir la epidemia del moho gris en el cultivo de tomate (Moreno-Velandia, 2007). La aplicación de Tricotec® ha mostrado que reduce la densidad de conidios en el ambiente del cultivo de rosas bajo invernadero mediante aplicaciones en drench y el complemento de aplicaciones foliares ha mostrado el mismo nivel de eficacia que los fungicidas de uso común.

Por lo anterior, se recomienda que el bioproducto Tricotec® se incorpore a los sistemas de producción de flores de corte y frutos rojos de forma preventiva, mediante aplicación en drench al suelo (500 a 1000 g/ha) y mediante aspersiones foliares (250 a 500 g/ha) desde la etapa de establecimiento del cultivo. En el ambiente foliar, *T. koningiopsis* es más susceptible a las limitaciones nutricionales, a la radiación ultravioleta, a la temperatura, a la baja humedad y a los efectos de los fungicidas usados en el cultivo, por lo que su población tiende a disminuir a través del tiempo (Moreno-Velandia, 2007) y esto hace necesarias las aplicaciones de refuerzo para mantener un nivel de población eficaz contra *B. cinerea* en la filósfera.

Mediante el esquema de aplicación foliar de Tricotec® con una frecuencia de aplicación cada quince días en el cultivo de mora, se ha obtenido una eficacia en el control del moho gris del 60%, similar a la eficacia obtenida con el fungicida Procloraz (58%), pero superior a la eficacia obtenida con el uso de Carbendazim (27%) (Zapata & Cotes, 2013). Con el aumento de la humedad en el aire, particularmente en épocas de lluvias, las aplicaciones de Tricotec® se deben alternar con aplicaciones de fungicidas que cuenten con registro del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) para su uso en estos cultivos, en esquemas de rotación de los principios activos con diferentes modos de acción a fin de evitar el desarrollo de resistencia de *B. cinerea* a los fungicidas aplicados (Leroux, 2007; Kretschmer et al., 2009), debido a que estas condiciones ambientales favorecen la multiplicación y la dispersión del patógeno, limitando así el control ejercido por los agentes de control biológico.

En los cultivos con alta frecuencia de aplicación de plaguicidas, se recomienda contar con un equipo de fumigación exclusivo para los bioproductos con el fin de reducir los riesgos de pérdida de principio activo por efecto de los fungicidas. En su defecto, es necesario realizar un lavado exhaustivo al equipo de fumigación antes de aplicar Tricotec® para retirar todo rastro de insumo químico.

Por último, el buen manejo de la nutrición vegetal es un aspecto importante para prevenir las infecciones de *Botrytis* o para reducir la severidad de las infecciones. Niveles adecuados de fertilización con Ca^{+2} y K han demostrado reducir las infecciones, mientras que en el caso del N debe tenerse especial cuidado, ya que, si bien los altos niveles favorecen el crecimiento vegetal y los rendimientos, también favorecen las infecciones por *Botrytis* (Elad, 2016).

Referencias

- Adhipathi, P., Singh, V., & Meena, S. C. (2013). Virulence diversity of *Rhizoctonia solani* causing sheath blight disease in rice and its host pathogen interaction. *The Bioscan*, 8(3), 949-952.
- Adnan, M., Hamada, M. S., Hahn, M., Li, G., & Luo, C. (2019). Fungicide resistance of *Botrytis cinerea* from strawberry to procymidone and zoxamide in Hubei, China. *Phytopathology Research*, 1, Article 17. <https://doi.org/10.1186/s42483-019-0024-8>
- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology* (5th ed.). Academic Press.
- Ajayi-Oyetunde, O. O., & Bradley, C. A. (2018). *Rhizoctonia solani*: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. *Plant Pathology*, 67(1), 3-17. <https://doi.org/10.1111/ppa.12733>
- Araújo, A., Maffia, L., Mizubuti, E., Alfenas, A., de Capdeville, G., & Grossi, J. (2005). Survival of *Botrytis cinerea* as mycelium in rose crop debris and as sclerotia in soil. *Fitopatologia Brasileira*, 30(5), 516-521. <https://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582005000500009>

- Ávila, C., Velandia, J., & López, A. (1996). *Enfermedades de las plagas de las hortalizas y su manejo*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
- Beltrán, C. R., Cotes, A. M., & París, A. (2007). Selection of isolates of *Trichoderma* spp. with biocontrol activity over *Rhizoctonia solani* in potato. *IOBC/wprs Bulletin*, 30(6), 55-58.
- Beltrán, C., & Cotes, A. M. (2009). Promoción de crecimiento en endurecimiento de plántulas de mora producidas *in vitro* (efecto de la aplicación de *Trichoderma koningiopsis* Thoo3). En L. Barrero (Ed.), *Caracterización, evaluación y producción de material limpio de mora con alto valor agregado* (pp. 57-63). [Boletín técnico]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/12870>
- Beltrán, C., Moreno, C., Blanco, P., Villamizar, L., & Cotes, A. M. (2010). Biological control of *Rhizoctonia solani* and growth promotion activity of *Trichoderma koningiopsis* Thoo3 and *Trichoderma asperellum* Tho34 formulations in potato (*Solanum tuberosum*). *IOBC/wprs Bulletin*, 78, 223-227.
- Beltrán, C. R., Smith, A., Cotes, A. M., & Moreno-Velandia, C. A. (2011). Eficacia de dos formulaciones a base de *T. koningiopsis* Thoo3 para el control de *R. solani* en campo. En C. R. Beltrán., C. A. Moreno-Velandia & A. M. Cotes (Eds.), *Trichoderma koningiopsis Thoo3 alternativa biológica para el control de Rhizoctonia solani en el cultivo de papa* (pp. 54-72). Corpoica.
- Benito, E., Arranz, M., & Eslava, A. (2000). Factores de patogenicidad de *Botrytis cinerea*. *Revista Iberoamericana de Micología*, 17, S43-S46. <http://www.reviberoammicol.com/2000-17/S43S46.pdf>

- Boland, G. J., & Hall, R. (1994). Index of plant host of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal of Plant pathology*, 16(2), 93-108. <https://doi.org/10.1080/07060669409500766>
- Brown, J. F., & Ogle, H. J. (1997). *Plant Pathogens and Plant Diseases*. Rockvale Publications.
- Carisse, O. (2016). Epidemiology and Aerobiology of *Botrytis* spp. In S. Fillinger & Y. Elad (Eds.), *Botrytis – the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems* (pp. 127-148). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0_7
- Colla, P., Gilardi, G., & Gullino, M. L. (2012). A review and critical analysis of the European situation of soilborne disease management in the vegetable sector. *Phytoparasitica*, 40, 515-523. <https://doi.org/10.1007/s12600-012-0252-2>
- Cotes, A. M. (2011). Aislamiento, selección y mecanismos de acción de *Trichoderma koningiopsis*. En M. I. Gómez & A. M. Santos (Eds.), *Uso de Trichoderma koningiopsis Thoo3 para el control de fitopatógenos en hortalizas* (pp. 9-18). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1780>
- Cotes, A. M. (2014). Control biológico de enfermedades en Colombia. En W. Bettiol, M. C. Rivera, P. Mondino, J. R. Montealegre, & Y. C. Colmenárez (Eds.), *Control biológico de enfermedades de plantas en América Latina y el Caribe* (pp. 169-179). Universidad de la República de Uruguay.

- Cotes, A. M. (2018). Introducción. El concepto de control biológico y sus premisas fundamentales. En A. M. Cotes (Ed.), *Control Biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. Agentes de control biológico* (Vol. 1, pp. 40-55). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33829>
- Di Pietro, A., Madrid, M. P., Caracuel, Z., Delgado-Jarana, J., & Roncero, M. I. G. (2003). *Fusarium oxysporum*: exploring the molecular arsenal of a vascular wilt fungus. *Molecular Plant Pathology*, 4(5), 315-325. <https://doi.org/10.1046/j.1364-3703.2003.00180.x>
- Elad, Y. (2016). Cultural and integrated control of *Botrytis* spp. In S. Fillinger & Y. Elad (Eds.), *Botrytis - the Fungus, the Pathogen and its Management in Agricultural Systems* (pp. 149-164). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-23371-0>
- Gordon, T. R. (2017). *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium* wilt syndrome. *Annual Review of Phytopathology*, 55, 23-39. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615-095919>
- Gordon, T. R., & Martyn, R. D. (1997). The evolutionary biology of *Fusarium oxysporum*. *Annual Review of Phytopathology*, 35, 111-128. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.35.1.111>
- Husaini, A. M., Sakina, A., & Cambay, S. R. (2018). Host-pathogen interaction in *Fusarium oxysporum* infections: Where do we stand? *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 31(9), 889-898. <https://doi.org/10.1094/MPMI-12-17-0302-CR>
- Jarvis, W. R. (1962). The infection of strawberry and raspberry fruits by *Botrytis cinerea* Fr. *Annals of Applied Biology*, 50(3), 569-575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1962.tb06049.x>

- Kretschmer, M., Leroch, M., Mosbach, A., Walker, A-S., Fillinger, S., & Mernke, D. (2009). Fungicide-Driven Evolution and Molecular Basis of Multidrug Resistance in Field Populations of the Grey Mould Fungus *Botrytis cinerea*. *PLoS Pathogens*, 5(12), Article e1000696. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1000696>
- Latorre, B., Elfar, K., & Ferrada, E. (2015). Gray mold caused by *Botrytis cinerea* limits grape production in Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3), 305-330. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000300001>
- Leroux, P. (2007). Chemical Control of *Botrytis* and its Resistance to Chemical Fungicides. In Y. Elad (Ed.), *Botrytis: Biology, Pathology and Control* (pp. 195-222). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2626-3>
- McGovern, R. J. (2015). Management of tomato diseases caused by *Fusarium oxysporum*. *Crop Protection*, 73, 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.02.021>
- McNicol, R. J., Williamson, B., & Dolan, A. (1985). Infection of red raspberry styles and carpels by *Botrytis cinerea* and its possible role in post-harvest grey mould. *Annals of Applied Biology*, 106(1), 49-53. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1985.tb03093.x>
- Madloo, P., Rodríguez, V., Ramos, M., Lema, M., & Soengas, P. (2017). La enfermedad del moho blanco de las brásicas. *Horticultura*, 329, 14-19. <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/184513-La-enfermedad-del-moho-blanco-de-las-brasicas.html>
- Mason, D., & Dennis, C. (1978). Post-harvest spoilage of Scottish raspberries in relation to pre-harvest fungicide sprays. *Horticultural Research*, 18, 41-53.

- Molina, S., de La Rotta, M., & Torres, E. (2004). Incidencia de infecciones quiescentes de *Botrytis cinerea* en flores y frutos de mora de castilla (*Rubus glaucus*, Benth.). *Agronomía Colombiana*, 22(2), 101-109. <https://www.redalyc.org/pdf/1803/180318264002.pdf>
- Moreno-Velandia, C. A. (2007). *Sobrevivencia de Trichoderma koningii en la filósfera de plantas de tomate y evaluación de su actividad biocontroladora sobre patógenos foliares*. Produmedios.
- Moreno-Velandia, C. A., Castillo, F., González, A., Bernal, D., Jaimes, Y., Chaparro, M., González, C., Rodríguez, F. Restrepo, S., & Cotes, A. M. (2009). Biological and molecular characterization of the response of tomato plants treated with *Trichoderma koningiopsis*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 74(2), 111-120. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2009.10.001>
- Moreno-Velandia, C. A., & Cotes, A. M. (2010). *Desarrollo de un bioplaguicida a base de Trichoderma koningiopsis Thoo3 y uso en el cultivo de lechuga para el control del moho blanco (Sclerotinia sclerotiorum y Sclerotinia minor)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Moreno, C., Smith, A., & Cotes, A. (2010). Pruebas de eficacia de *Trichoderma koningiopsis* Thoo3 para el control del moho blanco de la lechuga. En C. Moreno & A. M. Cotes (Eds.), *Desarrollo de un bioplaguicida a base de Trichoderma koningiopsis Thoo3 y uso en el cultivo de lechuga para el control del moho blanco (Sclerotinia sclerotiorum y Sclerotinia minor)*, (pp. 60-76). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Moya, H. J. (2012). *Manejo fitosanitario para el cultivo de hortalizas. Medidas para la temporada invernal*. Produmedios.

- Nogués, S., Cotxarrera, L., Alegre, L., & Trillas, M. I. (2002). Limitations to photosynthesis in tomato leaves induced by *Fusarium* wilt. *New Phytologist*, 154(2), 461-470.
- Ogoshi, A. (1987). Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kuhn. *Annual Review of Phytopathology*, 25, 125-143. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.25.090187.001013>
- Panth, M., Hassler, S. C., & Baysal-Gurel, F. (2020). Methods for Management of Soilborne Diseases in Crop Production. *Agriculture*, 10(1), 16. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010016>
- Papavizas, G. C. (1970). Colonization and growth of *Rhizoctonia solani* in soil. In J. R. Parmeter Jr. (Ed.), *Rhizoctonia solani, Biology and Pathology* (pp. 108-122). University of California Press.
- Sandoval, R. F. C., & Cumagun, C. J. R. (2019). Phenotypic and molecular analyses of *Rhizoctonia* spp. associated with rice and other hosts. *Microorganisms*, 7(3), 88. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7030088>
- Santos, A., Beltrán, C. R., García, M., Cotes, A. M., & Villamizar, L. (2011). Control de *R. solani* en semilla de papa criolla con *T. koningiopsis* (Tho03) y *T. asperellum* (Tho34). En C. R. Beltrán., C. A. Moreno-Velandia & A. M. Cotes (Eds.), *Trichoderma koningiopsis* Tho03, *alternativa biológica para el control de Rhizoctonia solani en el cultivo de papa* (pp. 32-42). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

- Smith, A., Beltrán, C. R., Mazabuel, C. A., Sastoque, L., & Cotes, A. M. (2013). Rizobacterias con actividad biocontroladora de *Olpidium virulentus*, como posible vector del virus de la macana del fique (*Furcraea* spp.). En A. Smith., C. R. Beltrán., & A. M. Cotes (Eds.), *Avances en el estudio del virus de la macana en el cultivo de fique* (*Furcraea* spp.) (pp. 44-58). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).
- Sumner, D. R. (1996). Sclerotia formation by *Rhizoctonia* species and their survival. In B. Sneh, S. Jabaji-Hare, S. Neate, & G. Dijst (Eds.), *Rhizoctonia species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control* (pp. 207-215). Kluwer Academic Publications.
- Tamayo, P. (2001). *Principales enfermedades del tomate de árbol, la mora y el lulo en Colombia*. (2ª ed.). [Boletín técnico N.º 12]. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/1175>
- Truscott, J. E., & Gilligan, C. A. (2001). The effect of cultivation on the size, shape, and persistence of disease patches in fields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(13), 7128-7133. <https://doi.org/10.1073/pnas.111548698>
- Vannacci, G., Triolo, E., & Materazzi, A. (1988). Survival of *Sclerotinia minor* Jagger sclerotia in solarized soil. *Plant and Soil*, 109, 49-55. <https://doi.org/10.1007/BF02197579>
- Viret, O., Keller, M., Jaudzems, V., & Cole, F. (2004). *Botrytis cinerea* Infection of Grape Flowers: Light and Electron Microscopical Studies of Infection Sites. *Phytopathology*, 94(8), 850-857. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2004.94.8.850>

Zapata, J., & Cotes, A. M. (2013). Eficacia de dos prototipos de bioplaguicida a base de *Rhodotorula glutinis* cepa LvCo7 y un bioplaguicida a base de *Trichoderma koningiopsis* cepa Thoo3 en el control de *B. cinerea* en cultivos de mora. En J. Zapata (Ed.), *Desarrollo de prototipos de bioplaguicida a base de Rhodotorula glutinis LvCo7 para el control de Botrytis cinerea en cultivos de mora* (pp. 63-79). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13072>

Zapata-Narváez, Y. A., Gómez-Marroquín, M. R., & Botina-Azain, B. L. (2020). Evaluation of microbial antagonists and essential oils to control *Sclerotium cepivorum* in garlic under controlled conditions. *Mexican Journal of Phytopathology*, 38(2), 182-197. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2002-2>







Tricotec® WG
Biofungicida
Recomendaciones de
uso y patógenos blanco

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria

Mayor información:

Departamento de Desarrollo de Negocios

Correo: productos@agrosavia.co

Línea de atención nacional gratuita: 01 8000 12 15 15

www.agrosavia.co

ISBN: 978-958-740-376-3



9 789587 403763

