



***Botrytis spp.:* estado actual del biocontrol**

Jorge Armando Téllez Palacio

Universidad Jorge Tadeo Lozano
Facultad, Ciencias Naturales e Ingeniería
Bogotá, Colombia
2022

***Botrytis spp.*: estado actual del biocontrol.**

Jorge Armando Téllez Palacio

Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista Tecnológico en Horticultura Protegida

Director:

Ph.D. en Bioingeniería. Rodrigo Gil Castañeda

Línea de Investigación:

Fitopatología

Universidad Jorge Tadeo Lozano
Facultad, Ciencias Naturales e Ingeniería

Bogotá, Colombia

2022

Dedicó este trabajo a mi familia que me han enseñado las bases para lograr ser la persona que soy. Nadia muchas gracias por la paciencia, comprensión y sacrificio en tiempo.

Agradecimientos

Quiero agradecer a Flores el Ciprés principalmente al Ingeniero Fernando Acosta por el apoyo económico y tiempo para poder realizar la especialización y a la Ingeniera Angelica González por todas las enseñanzas, consejos y oportunidades brindadas. Gracias a los dos por la confianza y permitirme ser parte de su equipo.

Gracias al profesor Rodrigo Gil, por todas las discusiones académicas importantes para adquirir conocimiento, la dinámica de las clases y la pasión por la nutrición hacen que uno se enamore de estas disciplinas.

Resumen

***Botrytis* spp.: estado actual del biocontrol**

Botrytis cinerea es uno de los patógenos más investigados en los últimos años, su amplio número de hospederos y las enormes pérdidas que generar principalmente en sistemas de producción de frutas, hortalizas y ornamentales. En esta monografía se mencionan las últimas investigaciones para este patógeno, enfocadas en el control biológico de enfermedades. La primera parte hace referencia al patógeno, sus características morfológicas y taxonomía. La segunda parte está focalizada en el control biológico de la enfermedad y por último el autor menciona la experiencia de estas herramientas en el sistema de producción de rosas.

Palabras clave: biocontrol, *Botrytis cinerea*, actividad antifúngica.

Abstract

***Botrytis* spp.: current status of biocontrol**

Botrytis cinerea is one of the most investigated pathogens in recent years, due to its large number of hosts and the enormous losses it generates, mainly in fruit, vegetable and ornamental production systems. This monograph mentions the latest research on this pathogen, focused on biological control of diseases. The first part refers to the pathogen, its morphological characteristics and taxonomy. The second part is focused on the biological control of the disease and finally the author mentions the experience of these tools in the rose production system.

Keywords: biocontrol, *Botrytis cinerea*, antifungal activity.

Tabla de contenido

RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DE <i>BOTRYTIS</i>.....	3
1.1 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	3
1.2 MORFOLOGÍA Y PRINCIPALES FUNCIONES DE LAS ESTRUCTURAS DE <i>BOTRYTIS</i>.	4
1.2.1 MICELIO.....	4
1.2.2 CONIDIÓFOROS O MACROCONIDIÓFOROS	4
1.2.3 CONIDIOS O MACROCONIDIOS	4
1.2.4 MICROCONIDIÓFOROS Y MICROCONIDIOS.....	4
1.2.5 CLAMIDOSPORAS	4
1.2.6 ESCLEROSIS.....	5
1.2.7 APOTECIOS	5
1.3 INFECCIÓN Y CICLO.	5
2. REVISIÓN CONTROL BIOLÓGICO DE <i>BOTRYTIS</i>.....	7
2.1 BIOFUNGICIDAS.....	8
2.1.1. ACEITES ESENCIALES Y POLISACÁRIDOS PARA EL CONTROL DE <i>BOTRYTIS</i>	8
2.1.2 CONTROL BIOLÓGICO.	10
3. PROPUESTAS PARA ADAPTAR AL SISTEMA DE ROSAS.	13
3.1 RECOMENDACIONES	14
4. BIBLIOGRAFÍA.....	15

Introducción

En los últimos años la producción de cultivos ha tenido que afrontar diferentes cambios en sus esquemas de producción, se han incorporado nuevas tecnologías sostenibles cuyo objetivo principal es reducir su impacto ambiental. El cambio climático ha traído como consecuencia una adaptación de los patógenos que intervienen en diferentes cultivos aumentando de manera progresiva las pérdidas y reclamaciones de calidad de los clientes (Walia et al., 2021). *Botrytis cinera* y otras especies de *Botrytis* son importantes patógenos en cultivos de hortalizas, frutas, viveros, ornamentales, y productos agrícolas almacenados y transportados. Según Elad et al. (2007) se invierte una gran cantidad de dinero en productos para la protección de cultivo antes y después de la cosecha, mencionan que en el año 2017 se gastaba aproximadamente entre 15-25 millones de dólares en fungicidas específicos para esta enfermedad.

El desafío actual de los diferentes sistemas productivos es incorporar nuevas estrategias de manejo para este patógeno, encaminadas en reducción del consumo de ingrediente activo, disminuir la pérdida de sensibilidad a los fungicidas y contar con estrategias que estén avaladas por los clientes y organismos de certificación (Rainforest Alliance, Global GAP, FLORVERDE Sustainable Flowers).

Por esta razón esta monografía busca explorar las últimas investigaciones que estén encaminadas en el manejo de este patógeno. Kakraliya et al., (2020) p.2 definen “El manejo integrado de enfermedades (MIE) es el proceso basado en decisiones que implica el uso coordinado de múltiples tácticas para optimizar el control del patógeno de una manera ecológica y económica”. Los objetivos principales del MIE es disminuir la probabilidad de enfermedades en el cultivo, manejo de condiciones ambientales para disminuir el desarrollo de patógenos, manejo simultaneo de diferentes enfermedades, disminuir las pérdidas en el cultivo e impactos ambientales y por último cumplir con las características de calidad de los productos ofrecidos a los clientes. En ese orden un MIE debe contar con los siguientes componentes: control cultural, ambiental, químico, genético

y en las últimas décadas se ha introducido el control biológico entendido como el uso de microorganismos para el control de enfermedades, actualmente en Colombia también se cuenta con un componente denominado biorracional que es el uso de componentes originados en plantas principalmente como ingredientes activos para el control de enfermedades.

En esta monografía el objetivo principal es mencionar las últimas investigaciones enfocadas en el control de *Botrytis* spp. con biocontroladores.

1. Descripción de *Botrytis*

“El nombre del género *Botrytis*, acuñado por Micheli 1729, es uno de los primeros géneros de hongos descritos. La especie principal de este género es *Botrytis cinerea* Pers.:Fr” (Plesken et al., 2021, p.2). normalmente es conocido como moho gris y se hospeda en mas de 1000 especies de plantas, incluidas frutas, verduras y ornamentales economicamente importantes (Jarvis, 1977). Se desarrolla bajo condiciones de levada humedad relativa y temperaturas entre 0°C a 25°C.

Es un hongo necrótofo y puede seguir sobreviviendo en tejido muerto del hospedante, lo cual dificulta el control. Se caracteriza por causar un moho gris y tiene la capacidad de atacar los cultivos en diferentes estados fenológicos y culaquier parte de la planta.

1.1 Clasificación Taxonómica

Tabla 1. Clasificación taxonómica de ambos estados del patógeno.

	Estado sexual (Ascomycota)	Estado asexual (Hongo imperfecto)
Reino	Fungi	Fungi
Filo	Ascomycota	Ascomycota
Clase	Leotiomycetes	Leotiomycetes
Orden	Helotiales	Helotiales
Familia	Sclerotiniaceae	Sclerotiniaceae
Género	<i>Botryotinia</i> Whetzel, 1945	<i>Botrytis</i> P. Micheli, 1729

Fuente: (GBIF, 2022)

En la tabla 1, se observa la clasificación taxonómica de la forma sexual y asexual, en los estudios realizados en Colombia solo se ha encontrado la parte asexual. Los conidios son los principales propágulos de dispersión entre el cultivo y a distancias largas, llegando a diferentes hospederos.

1.2 Morfología y principales funciones de las estructuras de *Botrytis*.

1.2.1 Micelio

Constituido por conjunto de hifas o filamentos cilíndricos, que se multiplican vegetativamente mediante división citoplasmática. Sus principales funciones: propagación de la enfermedad, estructura de resistencia (Carbú, 2006).

1.2.2 Conidióforos o Macroconidióforos

Estas estructuras se originan en la masa de hifas o también a partir de los esclerocios. Para que la esporulación y formación de conidios se pueda desarrollar se tienen que presentar condiciones de humedad y luz determinadas. La proliferación de los conidióforos en el tejido vegetal da la coloración blanquecina o grisácea y por esta razón se denomina moho gris (Carbú, 2006).

1.2.3 Conidios o Macroconidios

Son la principal estructura de dispersión, pueden sobre vivir en las diferentes estructuras de la planta y en tejido muerto. Su viabilidad depende de las condiciones ambientales. Se caracterizan por ser estructuras ovaladas, globosas o elípticas (Carbú, 2006).

1.2.4 Microconidióforos y Microconidios

Son estructuras que se caracterizan por formar una pequeña vesícula de la que surgen uno o más esterigmas a modo de botella y es donde se forman los microconidios. Su función principal es la de gameto masculino en la fase sexual del hongo y como estructura de resistencia, por la permanencia que puede tener en condiciones adversas (Carbú, 2006).

1.2.5 Clamidosporas

Son estructuras con alta variabilidad en forma y tamaño. Actúan como estructuras de resistencia (Carbú, 2006).

1.2.6 Esclerosis.

Estructuras de resistencia y su formación está determinada por los factores ambientales (Carbú, 2006).

1.2.7 Apotecios

Son cuerpos reproductivos, compuesto por ascas que en su interior albergan ocho ascosporas (Carbú, 2006).

1.3 Infección y ciclo.

Botrytis se conoce por la capacidad de generar lesiones en los huéspedes o estar en estado de latencia en frutos, flores, semillas entre otros órganos de la planta. La infección se origina por los conidios, formados a partir de micelio o esclerocios ubicados en cualquier parte del cultivo, material muerto o tejidos de la planta vivos infectados. Se inicia la germinación conidial que ocurre por las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del hongo, inicia la penetración principalmente por la cutícula, o por estructuras como estomas o heridas que estén en la epidermis. En la germinación conidial el hongo invade células del tejido subepidérmico e inicia el crecimiento de las hifas, cuando termina esta fase se da la muerte de las células que dan origen a la lesión primaria, sigue el crecimiento en el tejido logrando macerarlo no finalmente la esporulación, para dar inicio a un nuevo ciclo de infección (Gomez, 2013).

2.Revisión control biológico de *Botrytis*.

El control biológico ha sido investigado en los últimos 50 años. Sin embargo, el uso de este control en Colombia para el manejo de la enfermedad ha tomado importancia en la última década, principalmente por la necesidad de encontrar herramientas que puedan disminuir las pérdidas por *Botrytis* y por la baja eficacia que están teniendo los fungicidas curativos para el manejo de la misma. El uso de esta herramienta tiene como objetivo disminuir el ingrediente activo por hectárea, mejorar niveles de eficacia de los fungicidas y reemplazar ingredientes activos que no están permitidos por los organismos de certificación existentes en productos agrícolas.

En los últimos años se ha estudiado el control biológico de *Botrytis* utilizando hongos filamentosos, bacterias y levaduras. Destacándose bajo impacto ambiental, modo de acción diferente que el químico, ayudando a reducir el riesgo de resistencia. En sistemas con manejo orgánico, son alternativas que pueden ser utilizadas.

Elad y Freeman (2002) mencionan que la fase penetración es donde existe mayor probabilidad para hacer manejo eficaz de la enfermedad, con el uso de productos biológico. Principalmente debido a la dependencia de *Botrytis* de nutrientes externos para su germinación. Los conidios de la enfermedad son sensibles al efecto de antibióticos, enzimas líticas producidas por microorganismos utilizados para el biocontrol. La disminución de la enfermedad por el uso de biocontroladores se basa en la reducción de la capacidad saprofita del patógeno, diseminación de esporas, disminución de la virulencia y resistencia inducida en la planta huésped (eficaz contra la infección quiescentes).

De acuerdo con el Reglamento número 1107/2009 de la Unión Europea, los términos agentes de biocontrol microbianos, son microorganismos (bacterias, virus y hongos) de diferente naturaleza. Se pueden utilizar en campos cubiertos o en cultivos de campo debido a su capacidad para actuar contra un gran número de patógenos, plagas y malas hierbas,

lo que ayuda a controlar diversas enfermedades, agentes y plagas de los cultivos (Citado por Walia et al., 2021).

2.1 Biofungicidas

Hace referencia a los agentes biológicos que pueden ser utilizados para el control de enfermedades, en ellos podemos agrupar extractos de plantas, microorganismos, aceites esenciales.

2.1.1. Aceites esenciales y polisacáridos para el control de *Botrytis*.

En este grupo se encuentran la mayoría de productos que se utilizan en postcosecha, los alimentos frescos y productos ornamentales, son perecederos lo cual hace que se deterioren fácilmente. Los recubrimientos realizados con materiales comestibles son tendencia para el control de enfermedades bacterianas y fúngicas, aplicados por diferentes técnicas, la más utilizada en el país es la inmersión de los productos en una solución con el ingrediente activo. Los recubrimientos a partir de polisacáridos o aceites naturales, juegan un papel importante para disminuir el crecimiento bacteriano.

En el año (2020) da Silva et al., evaluaron dos especies de *Eucalyptus* (aceites esenciales) para el control de *Botrytis* y *Rhizopus* en fresa. Primero evaluaron las especies de *Eucalyptus* cuales tenía las mejores características antifúngicas. Donde observaron que la especie *Eucalyptus staigeriana* F. Muell fue la que tuvo mejor control in vitro para las dos especies, este control se midió sobre el porcentaje de crecimiento del micelio en un medio de cultivo. Esta especie se muestran porcentajes altos de inhibición del crecimiento de micelio para *Botrytis*. En la segunda parte del experimento se evaluó el crecimiento de *Botrytis* en frutos de fresa, comparándolos con el tratamiento control (sin ninguna aplicación). Se realizó inmersión de estos frutos en carboximetilcelulosa, se evaluó el efecto curativo y preventivo. Los otros dos tratamientos fueron la mezcla de carboximetilcelulosa en mezcla con el aceite esencial de *Eucalyptus staigeriana* F. Muell realizando la medición como preventivo y curativo. En esos tratamientos no se mostró ningún beneficio de utilizar los aceites esenciales para el control de *Botrytis*. El mejor tratamiento para disminuir *Botrytis* en los frutos de fresa fue la inmersión en

carboximetilcelulosa. Sin embargo, la mezcla con los aceites esenciales presentaron menor crecimiento del hongo frente al testigo. Es importante mencionar que en futuras investigaciones, se podría evaluar el efecto con otros mezcla o acompañantes del aceite esencial. El principal mecanismos que los autores mencionan es el rompimiento y deshidratación de las hifas del hongo, causado principalmente por el Limoneno y menciona que el uso de estos aceites tienen primero una reducción en la podredumbre de los frutos, debido a las propiedades antifúngicas de los aceites y segundo la preservación de la fruta en postcosecha.

Otros de los aceites estudiados es el del árbol de té (*Melaleuca alternifolia*), los compuestos responsables de la actividad fungicida son terpenos y alcoholes terciarios, se caracteriza por inhibir el crecimiento de una variedad de patógenos de frutas y hortalizas. Yue et al., (2020) realizaron un estudio para optimizar la extracción del aceite del árbol de té y evaluar el efecto sobre *Botrytis cinerea* en frutos de tomate Cherry. En el estudio los investigadores realizaron la inoculación de *Botrytis* en los frutos a través de una punción y después aplicaron diferentes concentraciones de aceite. Encontraron que el acetite del árbol de té, disminuye el desarrollo de *Botrytis* en frutos de tomate Cherry y ayuda a prolongar su vida útil. Los resultados de las investigaciones antes mencionadas coinciden con lo encontrado por Alamari et al., (2019), en frutos de melocotón. Ellos evaluaron el uso de aceites esenciales de menta y tomillo, utilizando como emulsionante Tween 20 y como material de recubrimiento goma arábica. Seis días después de la aplicación de los tratamientos para el control de *Botrytis* observaron la reducción del crecimiento del patógeno, alcanzando el 83% de control. El mejor tratamiento fue la mezcla de goma arábica con menta y Tween 20, seguido de tomillo mezclado con goma arábica y Tween 20. En el estudio también se puede observar que estos tratamientos se logran mayores días de almacenamiento y menor pérdida de peso de los frutos. La goma arábica es un polisacárido extraído del árbol de acacia y se utiliza en la industria alimentaria para recubrimientos, agente encapsulador, emulsionante y adhesivo alimentario (El-Kheir, Abu, & Baker, 2008) . El Tween 20 es un polímero para preparar emulsiones (Roodbari et al., 2016). En el año (Ling, y otros, 2022), consolidan una revisión donde menciona aceites esenciales y polisacáridos utilizados para controlar los microorganismos en las frutas. Algunos de los productos que se mencionan son el quitosano, aceites de ajo, sábila, canela, pimienta, tomillo y menta.

Este grupo de compuestos para futuras investigaciones en Colombia pueden llegar a tener una gran importancia. Los artículos mencionados solo utilizaron los productos en aplicaciones en postcosecha. En la floricultura colombiana algunos de estos aceites se ha utilizado para el manejo de *Botrytis* y polvoso en rosa, las aplicaciones son dirigidas al follaje y las concentraciones utilizadas son muy pequeña, ya que con la formulaciones actuales se pueden generar fitotoxicidades en plantas de rosa. Es importante tener presente los mecanismos de acción de los aceites naturales y polisacáridos, para que puedan ser una herramienta adicional en la rotación de ingredientes activos para *Botrytis*.

2.1.2 Control Biológico.

Andrews (1992), define el control biológico como la introducción artificial de microorganismos antagonistas, para el control de plagas y enfermedades. Su potencial depende de las características de cada organismo y de los sistemas de producción. En el grupo de controladores se han identificado levaduras, bacterias y hongos con resultados importantes sobre el control de *Botrytis* en diferentes especies de plantas. Normalmente la actividad de los controladores biológicos depende de competencia por nutrientes, inhibición de la esporulación y secretando toxinas para los hongos que producen enfermedades, además se ha encontrado que algunas especies secretan sustancias que ayudan activar el sistema de defensa de las plantas. Cuando se recurre al uso biocontroladores para el control de *Botrytis* se pueden tener los siguientes efectos sobre el patógeno: disminución de la infección, principalmente el efecto es en la germinación conidial. Disminución de la esporulación, lo cual ayuda a tener un mayor control sobre el ciclo de la enfermedad o ayuda disminuir el ciclo biológico de la misma y supresión de estados latentes del patógeno, impactando las futuras generaciones del patógeno (Fokkema, 1993).

Ren et al., (2022). mostraron que el uso de *Bacillus velezensis*, tienen una actividad antifúngica importante para *Botrytis*, ellos mencionan que los compuestos más importantes que ejercen el control son isooctanol y el 2-nonanol. Encontraron efecto protectante y curativo superior al 80% de control, estas aplicaciones se realizaron en plantas de tomate y se evaluaron 7 y 14 días después de la aplicación, las cepas se mezclaron con aceite para garantizar una suspensión del ingrediente activo. En las observaciones que realizaron en el microscopio encontraron micelio delgado, deformado, bifurcado y colapsado lo cual

genero pérdida del contenido intracelular del patógeno. Es importante destacar que en esta investigación evaluaron los dos ingredientes activos importante para el control y la suspensión del agente de biocontrol. Es muy importante hacer referencia a este tipo de detalles de la investigación, por que facilitaría el uso de esta bacteria para el control de *Botrytis* sin necesidad de realizar la extracción de los compuestos que generan el control. Este estudio concuerda con otra bacteria del género *Bacillus* con control de *Botrytis* en lirios, Nakkeeran et al., (2020) revisaron primero el antagonismo in vitro de *Bacillus amyloliquefaciens* controlando el 46% del micelio de *Botrytis*, en la segunda parte del ensayo revisaron la interacción de la planta con *Botrytis*, planta – *B. amyloliquefaciens* y la interacción del patógeno – planta – biocontrolador. Tuvieron en cuenta estas fases para revisar cuales eran los genes que se expresaban en cada interacción y lograron evidenciar en la interacción de la tres especies habían un mayor número de genes expresados y estos eran los responsables del sistema de defensa de la planta, también encontraron más compuestos volátiles en esta interacción. Por lo cual se puede concluir que *Bacillus amyloliquefaciens* combina mecanismos de acción para ejercer el control, en los que se destaca inducción del sistema de defensa de la planta y acción antifúngica. Finalmente muestran el aumento en número de tallos con la aplicación del *Bacillus* con respecto al tratamiento control, el tratamiento control presento menor área afectada por *Botrytis*, pero las variables rendimiento (tallos/metro cuadrado) y peso del tallo fueron mejores con la aplicación de *Bacillus*. Otra bacteria estudiada para el control de *Botrytis* es *Paenibacillus elgii*, se destaca por la producción de quitinasa. En pruebas in vitro tuvo un control del 100% sobre la germinación conidial de *Botrytis*. Además, del control realizado sobre *Botrytis* en frutos de tomate, el cual presentó una menor incidencia frente al tratamiento control (Kim et al., 2019). Otra de las bacterias utilizadas para el control de esta enfermedad es *Burkholderia sp.*, el cual tienen mecanismos combinados de control: competencia por nutrientes, biosíntesis de antibióticos, antagonismos con múltiples patógenos e inducción del sistema de defensa de la planta. En plantas de petunia, con aplicaciones de *Burkholderia* se tuvo una disminución de la severidad en la primera semana después de la aplicación del 66,7% de control (Kong et al., 2020). A diferencia de lo encontrado por (Rochette et al., 2022), el uso de *Bacillus subtilis* y *Bacillus pumilus*, puede ser usado en tomate, ellos no encontraron diferencias significativas con respecto al testigo que son tomates tratados químicamente. Esto es interesante, debido al uso

promisorio de esta herramienta para disminuir la presión de selección por los fungicidas. Los investigadores atribuyen el control a los lipopéptidos de las familias de surfactina, iturina y fengicina. También es importante mencionar que las cepas duraron 21 días en la filósfera de las plantas de tomate. Con una supervivencia que varía entre el 43% - 61%. (Bu et al., 2021) encontraron que también *Bacillus subtilis* puede ser utilizado en postcosecha de tomate teniendo buenos niveles de control sobre *Botrytis* 86% con la dosis más alta de *Bacillus*.

Para finalizar uno de los microorganismos más importantes para el control de *Botrytis* es el uso de *Trichoderma atroviridae*, que se ha evaluado en poscosecha de arándanos en la cuales después de 14 días se encontró que frutos tratados con este hongo tenían una incidencia del 17% frente al control 100% y los evaluados a los 31 días una incidencia del patógeno del 11% en los frutos tratados y el control del 82%. Los autores mencionan que es importante evaluar los riesgos para la salud humana al usarlo en postcosecha (Bello et al., 2022). *Trichoderma spp.* Produce diferentes metabolitos secundarios con efecto antifúngico y antibacterial, de la misma manera compite por nutrientes frente a *Botrytis*, es una especie que a bajas concentraciones no genera problemas en la salud humana. Es un hongo con potencial muy grande para manejar en el cualquiera de los sistemas productivos.

3. Propuestas para adaptar al sistema de rosas.

El objetivo principal de esta monografía es conocer las nuevas investigaciones en el manejo biológico de enfermedades. Con énfasis en *Botrytis cinerea*. En la actualidad hay una fuerte presión de los clientes en los productos que cuentan con certificaciones internacionales, para disminuir el uso de agroquímicos y las herramientas expuestas son una opción viable para implementarlas en algunos cultivos.

En Colombia el cultivo de rosas es uno de los cultivos con mayor número de aplicaciones en el año para *Botrytis cinerea*, por las pérdidas o reclamaciones que se pueden tener por parte de los clientes. Esto ha tenido como consecuencia pérdida de sensibilidad de varias moléculas de agroquímicos específicas para este hongo. Sin embargo, en los últimos cinco años este sector ha hecho frente a esta situación y ha ingresado nuevas herramientas para el control del patógeno.

Primero el control cultural tiene un peso importante en el manejo de la enfermedad, han investigado las labores que más inocular mueven, como disminuir el riego del inocular, en que parte del invernadero están ubicados los niveles más altos de inocular y como prevenir los riesgos de afectación del patógeno cuando se realicen las labores. En segunda medida todos los años se monitorean las eficacias de los productos utilizados y los de interés. Sin embargo, la estrategia se basa en el control de protectantes para esta enfermedad y tercero se ingresaron como herramientas de control los microorganismos mencionados en este trabajo.

Se está utilizando como complemento a la estrategia de manejo el uso de *Bacillus subtilis*, *Burkholderia*, y levaduras. El uso de aceites esenciales es muy incipiente y puede ser uno de los factores para investigaciones futuras.

Esta monografía también muestra que el control biológico ha tenido un mayor desarrollo y las investigaciones en los últimos años, tienen diferentes puntos de análisis. Las investigaciones se destacan por que todas tienen una parte de control en laboratorio y la otra con la interacción con la planta o producto de interés comercial. Lo cual muestra que es una alternativa muy confiable para darle un mejor uso.

Desde la experiencia del autor ya se están utilizando estos microorganismos, pero no se ha bajado el ingrediente activo por hectárea utilizado, esto debido a que estos productos entraron fue a sumar a la estrategia y no ha sustituir productos químicos, que como se evidencia en las ultimas investigaciones se puede disminuir el uso de la herramienta química. Con dos objetivos principalmente disminuir impacto ambiental y recuperar la sensibilidad de productos que no se pueden utilizar en este momento para el manejo de la enfermedad.

3.1 Recomendaciones

Las investigaciones muestran que se cuenta con una herramienta promisoría para las frutas y ornamentales de exportación. El uso de los aceites puede ser rápidamente incluido en postcosechas de frutas y hortalizas, pero en flores si necesitan un mayor desarrollo esta herramienta, incluso puede ser una alternativa, pero en cultivo.

Los biocontroladores son herramientas robustas para el manejo de enfermedades, la mayoría cuenta con diferentes ingredientes activos que afectan el desarrollo del hongo, generando en su mayoría una combinación de modos de acción, incluso en las últimas investigaciones mencionas o monitorean la expresión de los genes por parte de la planta que intervienen en el sistema de defensa.

Finalmente, en el sector floricultor se debe seguir utilizando estas herramientas, teniendo en cuenta de hacer investigaciones para poder reemplazar el uso de fungicidas curativos o protectantes. No reemplazarlo en su totalidad, pero si lograr disminuir las aplicaciones en el año con productos químicos.

4. Bibliografía

- Alamari, S., Hashem, M., Alqahtani, M., Alshehri, A., Mohamed, Z., & Ziedan, E. (2019). Formulation of mint and thyme essential oils with Arabic gum and Tween to enhance their efficiency in the control of postharvest rots of peach fruit. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 330-343.
- Andrews, J. (1992). Biological control in the phyllosphere. *Annual Review Phytopathology*, 603-635.
- Bello, F., Montironi, I., Medina, M., Munitz, M., Ferreira, F., William, C., . . . Musumeci, M. (2022). Mycofumigation of postharvest blueberries with volatile compounds from *Trichoderma atroviride* IC-11 is a promising tool to control rots caused by *Botrytis cinerea*. *Food Microbiology*, 1-14.
- Bu, S., Munir, S., He, P., Li, Y., Wu, Y., Li, X., . . . He, Y. (2021). *Bacillus subtilis* L1-21 as a biocontrol agent for postharvest gray mold of tomato caused by *Botrytis cinerea*. *Biological Control*, 1-8.
- Carbú, M. (2006). Estudio de la Variabilidad Genética y Organización Cromosómica en el Hongo Fitopatógeno *Botrytis cinerea*. *Tesis Doctoral*, 206.
- da Silva, P., Oliveira, J., Biazotto, A., Parisi, M., Gloria, E., & Spoto, M. (2020). Essential oils from *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey and *Eucalyptus urograndis* W. Hill ex Maiden associated to carboxymethylcellulose coating for the control of *Botrytis cinerea* Pers. Fr. and *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. in strawberry. *Industrial Crops and Products*, 10.
- GBIF. (1 de Octubre de 2022). GBIF. Obtenido de Global Biodiversity Information Facility: <https://www.gbif.org/null>
- Elad, Y., & Freeman, S. (2002). Biological Control of Fungal plant Pathogens. En F. Kempken, *Agricultural Applications. The Mycota, Vol 11*. Berlin: Springer
- Elad, Y., Williamson, B., Tudzynsky, P., & Delen, N. (2007). *Botrytis* SPP. and Diseases they Causes in Agriculture Systems-An Introduction. En Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynsky, & N. Delen, *Botrytis: Biology Pathology and Control* (pág. 412). Netherlands: Springer.

- El-Kheir, M., Abu, E., & Baker, A. (2008). Emulsio-stabilizing effect of gum from acacia senegal (L) willd. The role of quality and grade of gum, oil type, temperature, stirring time and concentration. *Pakistan Journal Nutrit.*, 395-399.
- Fokkema, N. (1993). Opportunities and problems of control of foliar pathogens whit microorganism. *Pesticide Science*, 411-416.
- Gomez, T. (2013). Caracterización de aislamientos de Botrytis cinerea de rosa en la Sabana de Bogotá. *Tesis para optar el título de: Maestría en Ciencias Agrarias con Énfasis en Fitopatología*, 88.
- Jarvis, W. R. (1977). *Botryotinia and Botrytis Species: Taxonomy, Physiology, and Pathogenicity. A Guide to the literature*. Ontario: Canada Department of Agriculture.
- Kakraliya, S. S., Abrol, S., Choskit, D., & Pandit, D. (2020). Integrated Disease Management in Agriculture. *Just Agriculture Multidisciplinary e-Newsletter*, 17.
- Kim, Y., Hur, J., & Park, S. (2019). Biocontrol of Botrytis cinerea by chitin-based cultures of Paenibacillus elgii HOA73. *Eur J Plant Pathology*, 253-263.
- Kong, P., Richardson, P., & Chuanxue, H. (2020). Burkholderia sp. SSG is a broad-spectrum antagonist against plant diseases caused by diverse pathogens. *Biological Control*, 1-13.
- Ling, W., Rovina, K., Vonnice, J., Nur, M., Erna, K., & Mailin, M. (2022). Consolidating plant-based essential oils onto polysaccharides-based coatings: Effect on mechanisms and reducing postharvest losses of fruits. *Applied Food Research*, 24.
- Nakkeeran, S., Priyanka, R., Rajamanickam, S., & Sivakumar, U. (2020). Bacillus amyloliquefaciens alters the diversity of volatile and non-volatile metabolites and induces the expression of defence genes for the management of Botrytis leaf of Liliium under protected conditions. *Journal of Plant Pathology*, 1179-1189.
- Plesken, C., Pattar, P., Bianka, R., Noor, Z., Zhang, L., Klug, K., . . . Hahn, M. (2021). Genetic Diversity of Botrytis cinerea Revealed by Multilocus Sequencing, and Identification of B. cinerea Populations Showing Genetic Isolation and Distinct Host Adaption. *Frontier in Plant Science*, 16.
- Ren, L., Zhou, J., Yin, H., Qin, N., Yao, F., Ma, D., & Zhao, X. (2022). Antifungal activity and control efficiency of endophytic Bacillus velezensis ZJ1 strain and its volatile compounds against Alternaria solani and Botrytis cinerea. *Journal of Plant Pathology*, 575-589.

- Rochette, M., Machrafi, Y., Cossus, L., Nguyen, T., Antoun, H., Droit, A., & Tweddell, R. (2022). *Bacillus pumilus* PTB180 and *Bacillus subtilis* PTB185: Production of lipopeptides, antifungal activity, and biocontrol ability against *Botrytis cinerea*. *Biological Control*, 1-11.
- Roodbari, N., Badiei, A., Soleimani, E., & Khaniani, Y. (2016). Tweens demulsification effects on heavy crude oil/water emulsion. *Arabian Journal Chem*, 806-811.
- Walia, A., Patatunda, C., Sharma, R., Sharma, S., & Thakur, A. (2021). Biocontrol: A Sustainable Agricultural Solution for Management of Plant Diseases. En M. Kaushal, & R. Prasad, *Microbial Biotechnology in Crop protection* (pág. 449). Singapore: Springe Nature.
- Yue, Q., Shao, X., Wei, Y., Jiang, S., Xu, F., Wang, H., & Gao, H. (2020). Optimized preparation of tea tree oil complexation and their antifungal activity against *Botrytis cinerea*. *Pstharvest Biology and Technology*, 7.