

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y  
AGROINDUSTRIA**

**ALTERNATIVAS BIOLÓGICAS PARA REEMPLAZAR LOS  
PLAGUICIDAS DE MAYOR CONSUMO EN EL ECUADOR**

**ALTERNATIVA BIOLÓGICA CON POTENCIAL PARA  
REEMPLAZAR A LOS FUNGICIDAS DE SÍNTESIS QUÍMICA EN  
CULTIVOS DE ECUADOR**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN  
AGROINDUSTRIA**

**MARJORIE ALEJANDRA LÓPEZ ARROYO**

**marjorie.lopez@epn.edu.ec**

**DIRECTOR: ING. MARY FERNANDA CASA VILLEGAS, Ph.D.**

**mary.casa@epn.edu.ec**

**Quito, agosto 2022**

## CERTIFICACIONES

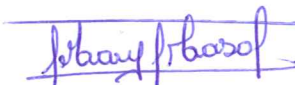
Yo, Marjorie Alejandra López Arroyo declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



---

**Marjorie Alejandra López Arroyo**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Marjorie Alejandra López Arroyo, bajo mi supervisión.



---

**Mary Fernanda Casa Villegas, Ph.D.**  
**DIRECTOR**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Marjorie Alejandra López Arroyo

Mary Fernanda Casa Villegas, Ph.D.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	IV
RESUMEN .....	VI
ABSTRACT .....	VII
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1 Objetivo general .....	2
1.2 Objetivos específicos .....	2
1.3 Alcance .....	2
1.4 Marco teórico .....	2
2 METODOLOGÍA.....	7
2.1 Identificación de los fungicidas químicos registrados para su uso en Ecuador y cultivos de aplicación .....	7
2.2 Selección de una alternativa biológica capaz de controlar hongos fitopatógenos .....	8
2.3 Identificación de condiciones de cultivo y recuperación del material biológico.....	8
3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	8
3.1 Resultados .....	8
3.1.1 Fungicidas de síntesis química vigentes en Ecuador, hongos que controlan y cultivos a los que se destinan .....	8
3.1.2 Alternativa biológica con potencial para controlar los hongos que afectan a los principales cultivos de Ecuador	16
3.1.3 Medios de cultivo de <i>B. subtilis</i> para la producción de lipopéptidos y alternativas de recuperación del material biológico	24
3.2 Conclusiones.....	27
3.3 Recomendaciones.....	28
4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
5 ANEXOS.....	36
ANEXO I.....	36

ANEXO II.....	57
---------------	----

## RESUMEN

El presente trabajo describe una alternativa biológica de control de hongos fitopatógenos que afectan los cultivos del Ecuador. En primera instancia, se adquirieron datos de instituciones públicas referentes a los principios activos de fungicidas vigentes, hongos que controlan y los cultivos a los que se destinan. Posteriormente, se seleccionaron dos cultivos de exportación por su relevancia económica y se consultaron las principales enfermedades fúngicas a las que son susceptibles, una alternativa biológica de control, las condiciones de producción y las opciones de recuperación del material biológico. Se determinó que en el país se distribuyen 94 principios activos y 123 combinaciones para el control de 42 géneros de hongos patógenos en 83 cultivos. Se estableció que el banano y la rosa son cultivos importantes en términos monetarios con un total de 6 625 032 y 124 646 toneladas exportadas y una contribución al Valor Agregado Bruto (VAB) agropecuario de 17,4 % y 6,9 %, respectivamente en 2021. *Mycosphaerella fijiensis* destaca como el principal hongo que afecta al banano, mientras que *Botrytis cinerea* es uno de los patógenos más perjudiciales para la rosa. Se escogió a *Bacillus subtilis* como alternativa biológica de control por su potencial para producir tres familias de lipopéptidos, surfactinas, iturinas y fengicinas, con efecto inhibitorio demostrado en varios géneros fúngicos. Se precisó que la fermentación líquida, pese a sus bajos rendimientos, es el proceso más utilizado para la obtención de lipopéptidos, los cuales son recuperados mediante diversas técnicas que favorecen la concentración de los principios activos.

**PALABRAS CLAVE:** Fungicidas, hongos fitopatógenos, *B. subtilis*, lipopéptidos.

## ABSTRACT

The present work describes a biological alternative to control phytopathogenic fungi that affect crops in Ecuador. In the first instance, data was obtained from public institutions regarding the active principles of current fungicides, fungi that they control and the crops that they are already destined. Two export crops were selected according to their economic relevance; subsequently, the main fungal diseases were re-searched to which they are susceptible. In addition, a biological control alternative, the production conditions and the options for recovering the biological material were also re-searched. It was concluded that 94 active ingredients and 123 combinations are distributed in the country for the control of 42 genera of pathogenic fungi in 83 crops. It was established that banana and rose are important crops in monetary terms with a total of 6 625 032 and 124 646 tons exported and a contribution to VAB of 17,4 % and 6,9 %, respectively in 2021. *Mycosphaerella fijiensis* stands out as the main fungus that affects bananas, while *Botrytis cinerea* is one of the most damaging pathogens for roses. *Bacillus subtilis* was chosen as a biological control alternative because of its potential to produce three families of lipopeptides, surfactins, iturins and fengycins, with a proven inhibitory effect on several fungal genera. It was determined that liquid fermentation, despite its low yields, is the most used process for obtaining lipopeptides, which are recovered by various techniques that favor the concentration of active ingredients.

**KEYWORDS:** Fungicides, phytopathogenic fungi, *B. subtilis*, lipopeptides.

# 1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La importancia del sector agrícola radica en que cubre la creciente demanda de alimentos de poblaciones humanas y animales. Para cumplir con este propósito, requiere garantizar la obtención de productos vegetales de calidad, lo cual ha sido posible mediante la dependencia de una serie de insumos químicos, entre ellos los plaguicidas. Si bien estos compuestos han demostrado su capacidad para proteger los cultivos, su uso indiscriminado por parte de agricultores que buscan soluciones inmediatas a los problemas del campo sumado a la falta de capacitación acerca de la adecuada forma de manipulación, han generado impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana (Paredes et al., 2013).

Para frenar el uso generalizado de estos insumos, se requiere un cambio en la forma de manejar las plagas dirigido a prácticas sostenibles. Una de estas prácticas es el control biológico, definido como la utilización de organismos para disminuir la densidad de población de una plaga específica, haciéndola menos abundante (DeBach, 1964). La fauna auxiliar que actúa contra las plagas incluye microorganismos y animales superiores como artrópodos. El primer caso exitoso de control biológico sucedió en 1890 cuando el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se encargó de introducir 140 escarabajos *Rodolia cardinalis* provenientes de Australia en California para combatir la escama blanca del algodón, insecto que amenazó con acabar las plantaciones de cítricos (Chaput y Guharay, 2004).

Dentro del control biológico, la producción de plaguicidas a base de bacterias, hongos y virus entomopatógenos ha cobrado importancia en los últimos años, debido a que suelen ser muy específicos con su blanco de ataque y son de bajo o nulo impacto ambiental, a diferencia de sus equivalentes sintéticos (Bode, 2009).

En la actualidad, una amplia variedad de microorganismos es utilizada para el control de plagas y patógenos en reemplazo o en combinación con plaguicidas de síntesis química, ya sea por conciencia de las personas que buscan incorporar sistemas de producción basados en la agroecología o como respuesta a instituciones reguladoras que continuamente incluyen a ciertas sustancias en la lista de prohibidas. Entre los aspectos más importantes a considerar para la producción a escala industrial y difusión del uso de este tipo de plaguicidas biológicos, se encuentran las condiciones de crecimiento, la recuperación y el mantenimiento del material biológico con efecto plaguicida (Fenibo et al., 2021).



## **1.1 Objetivo general**

Evaluar una alternativa biológica con potencial para reemplazar a los fungicidas de síntesis química empleados en los cultivos agrícolas de Ecuador.

## **1.2 Objetivos específicos**

1. Identificar los fungicidas químicos usados en Ecuador, los cultivos a los que se destinan y los hongos que controlan.
2. Identificar una alternativa biológica con potencial para controlar los hongos patógenos que afectan a los cultivos en Ecuador.
3. Determinar las condiciones para la producción de biomasa y recuperación del biofungicida.

## **1.3 Alcance**

Se pretende recopilar y analizar información disponible en Ecuador acerca de los fungicidas químicos cuyo uso está permitido en el país, los cultivos a los que se destinan y los hongos que controlan. Una vez identificados los fungicidas, se realizará una búsqueda bibliográfica para determinar una alternativa biológica para el control de hongos con potencial para reemplazar a los fungicidas tradicionales. Finalmente, se identificarán las condiciones de crecimiento y las opciones de recuperación del material biológico.

## **1.4 Marco teórico**

El descubrimiento de la agricultura convirtió a esta actividad en la principal fuente de alimento para el sustento humano y, desde sus inicios, ha enfrentado problemas relacionados con insectos y microorganismos que se alimentan de los distintos órganos de las plantas, demeritan su calidad y causan pérdidas económicas. Ante esta problemática y a partir de la Revolución Industrial en 1760, la industria química se encargó de la formulación y comercialización de compuestos destinados a erradicar plagas y promover la protección de los cultivos vegetales (Albert y Benítez, 2005).

Un plaguicida se define como una sustancia orientada a destruir especies de animales o plantas que causan algún tipo de daño en los productos agrícolas a lo largo de su producción, transporte, almacenamiento o comercialización. El evidente beneficio procedente del uso de plaguicidas es el incremento de la productividad de las cosechas a causa de la disminución de pérdidas generadas por plagas, lo que a su vez incrementa la disponibilidad de materias primas y alimentos (Castrejón et al., 2014).

El auge de la utilización masiva tanto de plaguicidas como de fertilizantes se dio en la Revolución Verde, época comprendida entre 1940-1970 que se caracterizó por un significativo aumento de la producción agrícola gracias al control de plagas y a innovaciones tecnológicas y genéticas, tales como el empleo de maquinaria pesada y el uso de semillas modificadas. Fue incuestionable el éxito de este nuevo sistema, pues en México, la producción de trigo se cuadruplicó en la misma superficie de terreno. Esta aparente solución a la escasez de alimentos trajo consigo una serie de problemas a largo plazo como la compactación e infertilidad del suelo, contaminación de aguas superficiales y subterráneas (incluyendo eutrofización), mutación de plagas que desarrollaron resistencia a los agroquímicos y dependencia de estos insumos por parte de los agricultores (Martínez y Huerta, 2018).

Los años posteriores a la Revolución Verde dejaron el aprendizaje de que a pesar de su eficacia en la eliminación de plagas y patógenos, el uso desmedido de plaguicidas está ligado a efectos adversos que ponen en peligro a los ecosistemas y la salud de las personas. Entidades regulatorias como la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) y el Parlamento Europeo se han encargado de restringir el uso de ciertos compuestos, no obstante, agricultores de todo el mundo aún se apoyan en una gran variedad de plaguicidas para salvaguardar sus cultivos y satisfacer las necesidades de alimentación de una población que se mantiene en constante aumento (Aktar et al., 2009).

Un claro ejemplo de plaguicidas que han generado un impacto negativo en los agroecosistemas, así como en el medio ambiente y la salud humana son los denominados contaminantes orgánicos persistentes (POPs). Después de la Segunda Guerra Mundial en 1945, se extendió alrededor del mundo el uso de 9 pesticidas organoclorados: aldrina, toxafeno, dicloro difenil tricloroetano (DDT), clordano, dieldrina, endrina, heptacloro, mirex y hexaclorobenceno; la aplicación de estos compuestos aportó a la protección de cultivos y al control de vectores de enfermedades. Sin embargo, estos pesticidas demostraron ser tóxicos, bioacumulables y propensos al transporte de largo alcance (Lohmann et al., 2007).

China destacó como un país productor y consumidor de pesticidas POPs, entre los nueve POPs, seis (DDT, toxafeno, hexaclorobenceno, clordano, heptacloro y mirex) se produjeron a escala industrial y tres (aldrina, dieldrina y endrina) a pequeña escala para fines de investigación. Desde 1950 hasta 1983, China produjo 0,4 millones de toneladas de DDT, lo que representó el 20 % de la producción mundial total y se usó principalmente en Asia y África por su bajo costo y versatilidad en cuanto a plagas objetivo. En la década de 1960 se hizo evidente que el DDT se impregnaba en plantas y animales, así como en los factores abióticos aire, agua y suelo. Se demostró que el DDT causó el adelgazamiento de las

cáscaras de huevos de las águilas calvas en los Estados Unidos y la falla reproductiva en otras especies de aves, por lo que en 1972 la EPA emitió una orden de cancelación de este compuesto con base en sus efectos adversos en la vida silvestre, así como a sus riesgos potenciales para la salud humana. Desde entonces, los estudios han continuado y se sospecha que existe una relación entre la exposición al DDT y los efectos reproductivos en humanos, según estudios realizados en animales. Asimismo, algunos animales expuestos al DDT desarrollaron tumores hepáticos por lo que, en la actualidad, el DDT está clasificado como probable carcinógeno humano por las autoridades estadounidenses. Después de prohibirse el DDT en Estados Unidos, se prohibió en China en 1987 y en Ecuador en 1992 (Wong et al., 2005).

Cabe destacar que, en el año 2006, la Organización Mundial de la Salud (OMS) manifestó su apoyo al uso de DDT para el control de los mosquitos que transmiten el parásito que causa la malaria en países de África y en China, por lo que su uso es permitido cuando se trata del control de vectores de enfermedades (EPA, 2022).

Afecciones provocadas por pesticidas perjudican a personas de todas las edades. Plaguicidas vigentes como el insecticida deltametrina puede causar erupciones en la piel, irritación ocular grave y daños en los órganos por exposiciones prolongadas. Los fungicidas cimoxanilo y tridemorf advierten que pueden dañar al feto en caso de exposición de mujeres embarazadas, mismas que, aunque no laboran directamente como asalariadas, se dedican a la recolección de alimentos fumigados para el consumo familiar o llevan refrigerios a sus familiares en las zonas de cultivo. En el caso de los niños, la inexperiencia y el analfabetismo juegan un rol crucial en la ingesta accidental de tóxicos (Blair et al., 2014).

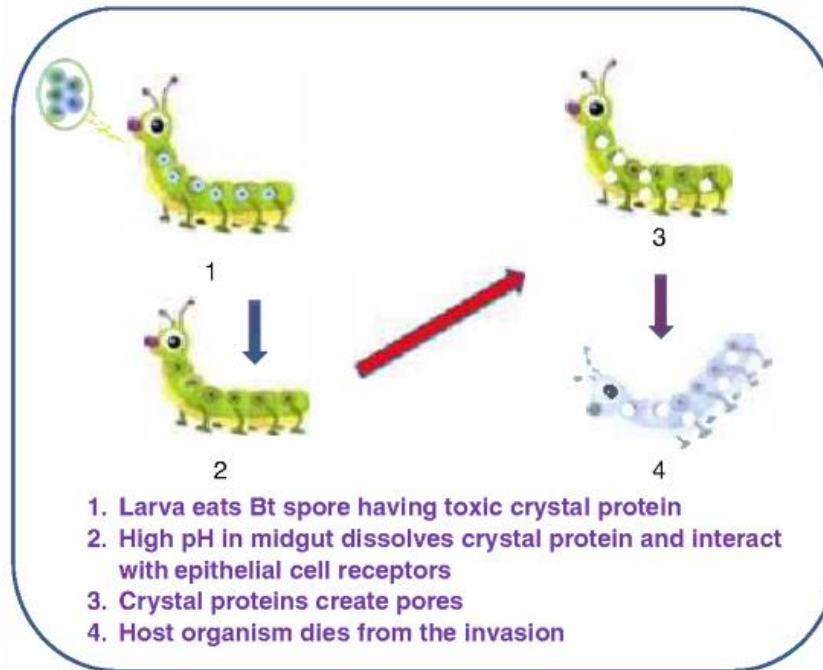
Los riesgos asociados a plaguicidas aumentan con la desinformación por parte de dueños de plantaciones y jornaleros encargados de su manipulación. En Ecuador, 7 de cada 10 productores no leen las etiquetas de los químicos antes de aplicarlos y tan solo 2 de cada 10 han recibido capacitación respecto al adecuado manejo y precauciones. En ciertas circunstancias, el clima cálido dificulta el uso de ropa de protección como guantes y mascarillas dado que a los trabajadores les resulta incómodo, lo que favorece a una exposición más directa a los agrotóxicos (Naranjo, 2017).

Frente a la problemática del uso intensivo de plaguicidas, surge la necesidad de buscar alternativas que sustituyan en forma gradual a estas tradicionales sustancias y que promuevan la protección ambiental y la salud de las personas que se dedican a las labores agrícolas. Los bioplaguicidas se proyectan como una opción sostenible y viable, dado que son compuestos derivados de materia natural como plantas (plaguicidas botánicos) y

microorganismos que conservan la productividad de la plantación, son específicos contra su blanco biológico y no dejan residuos tóxicos, por lo que no contribuyen al deterioro de los ecosistemas ni suponen un riesgo para la salud humana (Camacho et al., 2012).

Con respecto a los plaguicidas botánicos, estos se basan en aprovechar el efecto insecticida de los metabolitos secundarios de las plantas, tales como alcaloides, saponinas, terpenos y compuestos fenólicos para la elaboración de extractos y aceites esenciales mediante el uso de solventes o por destilación. Los plaguicidas botánicos presentan neurotoxicidad en insectos, suprimen la ovoposición y modifican su estructura celular. Por otro lado, los plaguicidas a base de hongos, virus y bacterias entomopatógenos atacan las plagas a través de mecanismos que incluyen el crecimiento y multiplicación en los organismos hospederos (actividad parasitaria), antibiosis y la producción de toxinas específicas y letales. Los costos de producción de este tipo de plaguicidas varían según la tecnología a utilizar y los ingredientes necesarios para la elaboración de los medios de cultivo, mismos que serán acordes a los requerimientos nutricionales de cada microorganismo (Lengai y Muthomi, 2018).

Los productos basados en cepas de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) se encuentran entre los bioplaguicidas más producidos a nivel mundial y abarcan aproximadamente el 90 % del mercado de los bioplaguicidas. *Bacillus thuringiensis* fue aislada por primera vez en 1901 por el biólogo japonés Shigetane Ishiwatari y su rasgo más destacado es su capacidad para producir cristales proteicos (Cry) durante la esporulación, mismos que representan el principio activo de los plaguicidas comerciales. Las protoxinas Cry son las responsables del cese de la alimentación y muerte de los insectos, ya que una vez que son ingeridas, se solubilizan en pH básico, se unen a los receptores de la membrana del borde en cepillo del intestino y provocan un desequilibrio osmótico por la formación de poros con la consiguiente lisis celular y alteración de la integridad del intestino, como se observa en el ejemplo de la Figura 1.1. El requerimiento de condiciones alcalinas y receptores específicos explica el hecho de que *Bt* sea inofensivo para los mamíferos, los cuales tienen un intestino ácido y carecen de los receptores correspondientes (Openden, 2011).



**Figura 1.1.** Muerte de larva por acción de una protoxina secretada por *B.thuringiensis* (Openden, 2011)

El descubrimiento del potencial de *Bt* como plaguicida condujo al desarrollo de Sporeine, insecticida comercial usado por primera vez en Francia en el año 1938. En Estados Unidos se registraron plaguicidas a base de *Bt* en forma de gránulos dispersables a partir de 1971 bajo los nombres comerciales de Biobit HP, DiPel DF, Javelin WG, Condor WP y Crymax, y, desde el año 1996 se desarrollaron aerosoles foliares de *Bt* con la precaución de que persisten solo unos pocos días en la superficie de las plantas, pues las proteínas Cry se degradan con la luz ultravioleta, el calor y la presencia de proteasas, además se quitan fácilmente con el viento y la lluvia por lo que es necesaria una nueva aplicación para obtener un efecto completo. Los productos de *Bt* se utilizan en cultivos de tomate, pimiento, calabaza, árboles frutales y plantas ornamentales. Es importante mencionar que no hay evidencia que señale que *Bt* sea peligroso para los humanos u otros mamíferos, lo que sugiere que es uno de los pesticidas microbianos más seguros que se conocen (Sanahuja et al., 2011).

Con respecto a bioplaguicidas con principio activo de origen fúngico, varios se encuentran registrados para su uso, tales como: Xpulse, PFR-97 y DiTera. XPulse consiste en una combinación de esporas del hongo *Beauveria bassiana* con aceite de árbol de neem, efectivo en el control de artrópodos y usado en campos de vegetales y fresas en California. PFR-97 se comercializa para el control de la mosca blanca, cochinillas harinosas, trips, pulgones y ácaros en cultivos de pimientos, tomates y ornamentales; su ingrediente activo

son las esporas de *Paecilomyces fumosoroseus*. Por su parte, DiTera contiene sólidos secos resultantes de la fermentación del hongo *Myrothecium verrucaria* y tóxicos para una amplia gama de nemátodos. Este último plaguicida se destina a cultivos de uva y cítricos. La aplicación de los mencionados bioplaguicidas, incluyendo los fabricados a base de *Bt*, es especialmente útil cerca de la cosecha, debido a las preocupaciones de los consumidores sobre los residuos químicos en los alimentos frescos y para el manejo de la resistencia en rotación con pesticidas químicos (Arthurs y Dara, 2019).

El interés en el uso de plaguicidas biológicos como parte del manejo integrado de plagas (MIP) incrementa conforme crece la preocupación de la población por la forma de producir alimentos. Estimaciones sugieren que la región de América del Norte contenía la mayor parte del mercado de plaguicidas biológicos basados en bacterias, hongos y virus en el 2015, con un valor de 539 millones de dólares, y se proyecta que alcanzará los 1,67 billones de dólares para el 2022; este crecimiento se debe a que tanto productores como consumidores toman conciencia de la importancia de la agroecología como una práctica que busca minimizar la incorporación de fertilizantes y plaguicidas de origen químico y estimular las interacciones biológicas benéficas entre especies de animales y plantas para favorecer la salud de los suelos (Bautista et al., 2018).

## **2 METODOLOGÍA**

### **2.1 Identificación de los fungicidas químicos registrados para su uso en Ecuador y cultivos de aplicación**

Para la identificación de los principios activos de fungicidas vigentes en Ecuador, cantidad de marcas comerciales, hongos fitopatógenos que controlan y los cultivos a los que se destinan se obtuvo información de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario Agrocalidad.

Para la identificación de las toneladas de plaguicidas adquiridas en el año 2020, su respectivo costo y los países de origen de los fungicidas importados se recurrió a la base de datos del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Para todos los cultivos de exportación afectados por hongos, se consultaron datos del año 2021 correspondientes a superficie cosechada, producción, rendimiento, aporte al Valor Agregado Bruto (VAB) agropecuario, toneladas exportadas y su equivalencia económica en el Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA).

A partir de los datos obtenidos, se seleccionaron dos cultivos de exportación atacados por hongos, según sus contribuciones al VAB y según la posición de Ecuador en la lista de países exportadores. Para los cultivos seleccionados se consultó la evolución de las exportaciones desde el año 2012 hasta el 2021 en el Banco Central del Ecuador. Además, para dichos cultivos, se realizó una revisión bibliográfica para identificar las principales enfermedades ocasionadas por hongos a las que son susceptibles.

## **2.2 Selección de una alternativa biológica capaz de controlar hongos fitopatógenos**

Para los principales hongos que atacan a los dos cultivos de exportación seleccionados, se identificó, mediante una búsqueda bibliográfica, una alternativa microbiana de control con efecto fungicida demostrado y que, además, su uso y comercialización sean permitidos en Ecuador.

Una vez definido el microorganismo con capacidad de control biológico, se realizó una búsqueda del mecanismo biológico que permite el control de los hongos fitopatógenos.

## **2.3 Identificación de condiciones de cultivo y recuperación del material biológico**

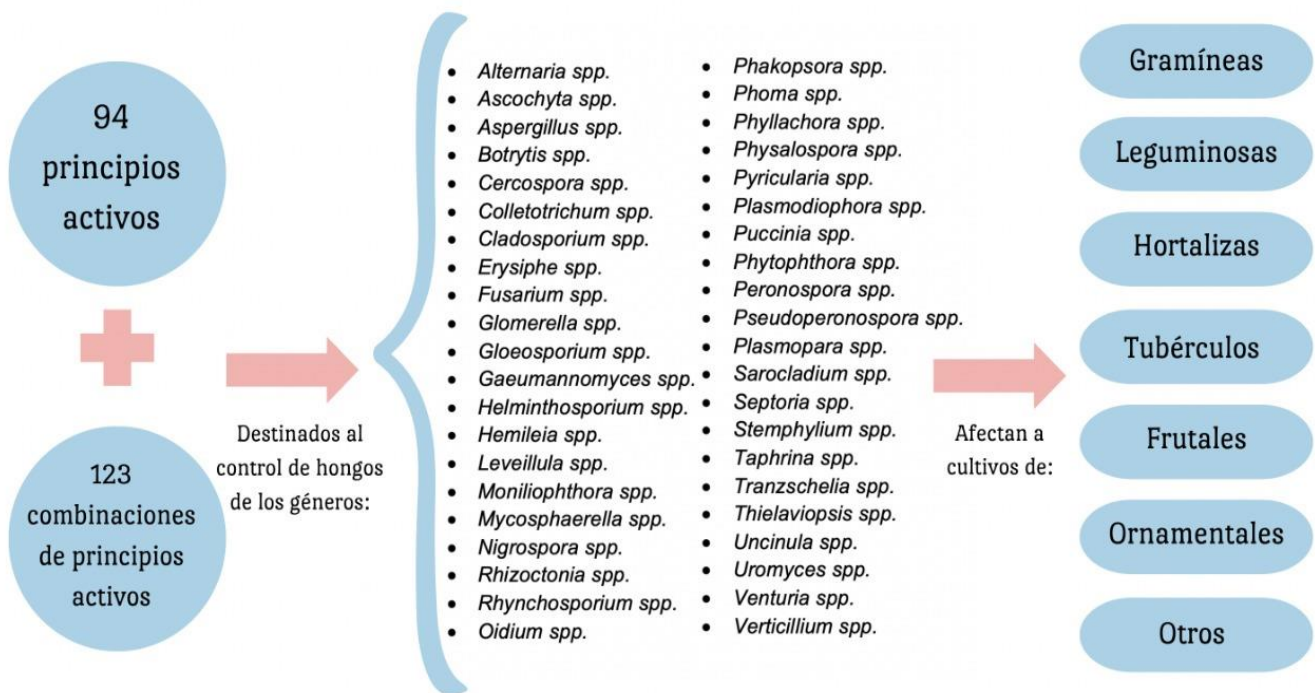
Tras identificar el mecanismo biológico de control del microorganismo, se realizó una búsqueda de trabajos experimentales para determinar las condiciones de fermentación, formulaciones de medios de cultivo adecuados para la obtención de los compuestos biofungicidas y las técnicas de recuperación del material biológico. Se seleccionaron aquellos medios que presentaron los mejores rendimientos.

# **3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **3.1 Resultados**

### **3.1.1 Fungicidas de síntesis química vigentes en Ecuador, hongos que controlan y cultivos a los que se destinan**

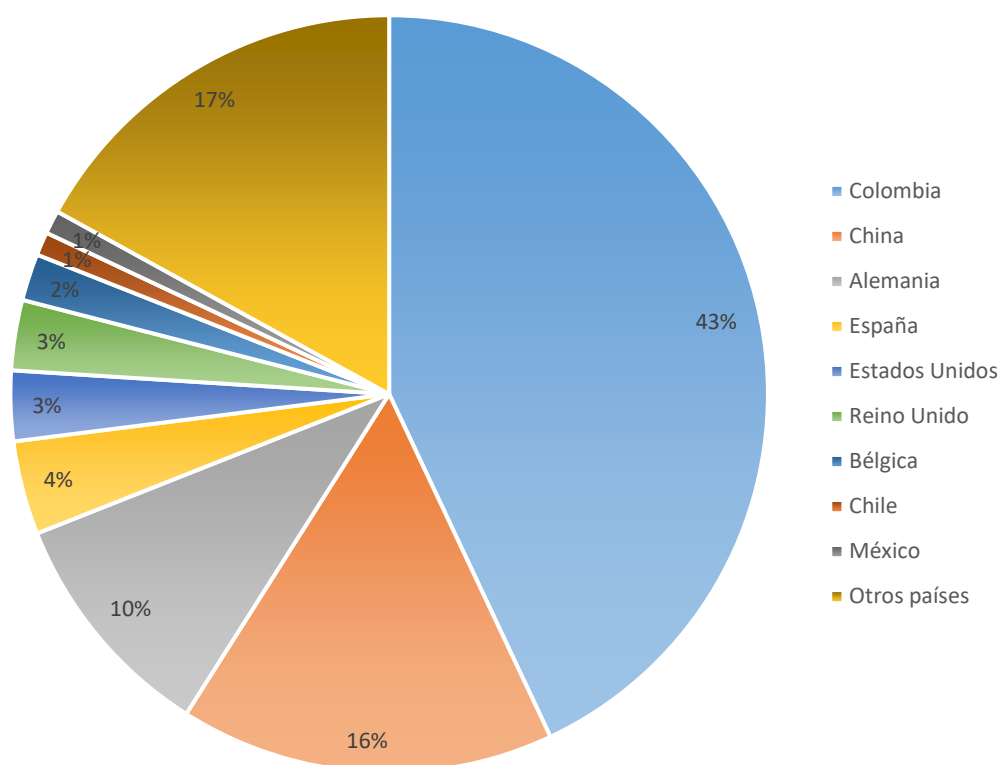
En Ecuador están registrados 94 principios activos y 123 combinaciones que se distribuyen bajo 613 y 354 marcas comerciales, respectivamente. Todos estos compuestos que se indican en el Anexo 1, se destinan al control de 42 géneros de hongos fitopatógenos como se observa en la Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Géneros de hongos controlados con fungicidas de síntesis química cuyo uso está autorizado en Ecuador (Agrocalidad, 2022)

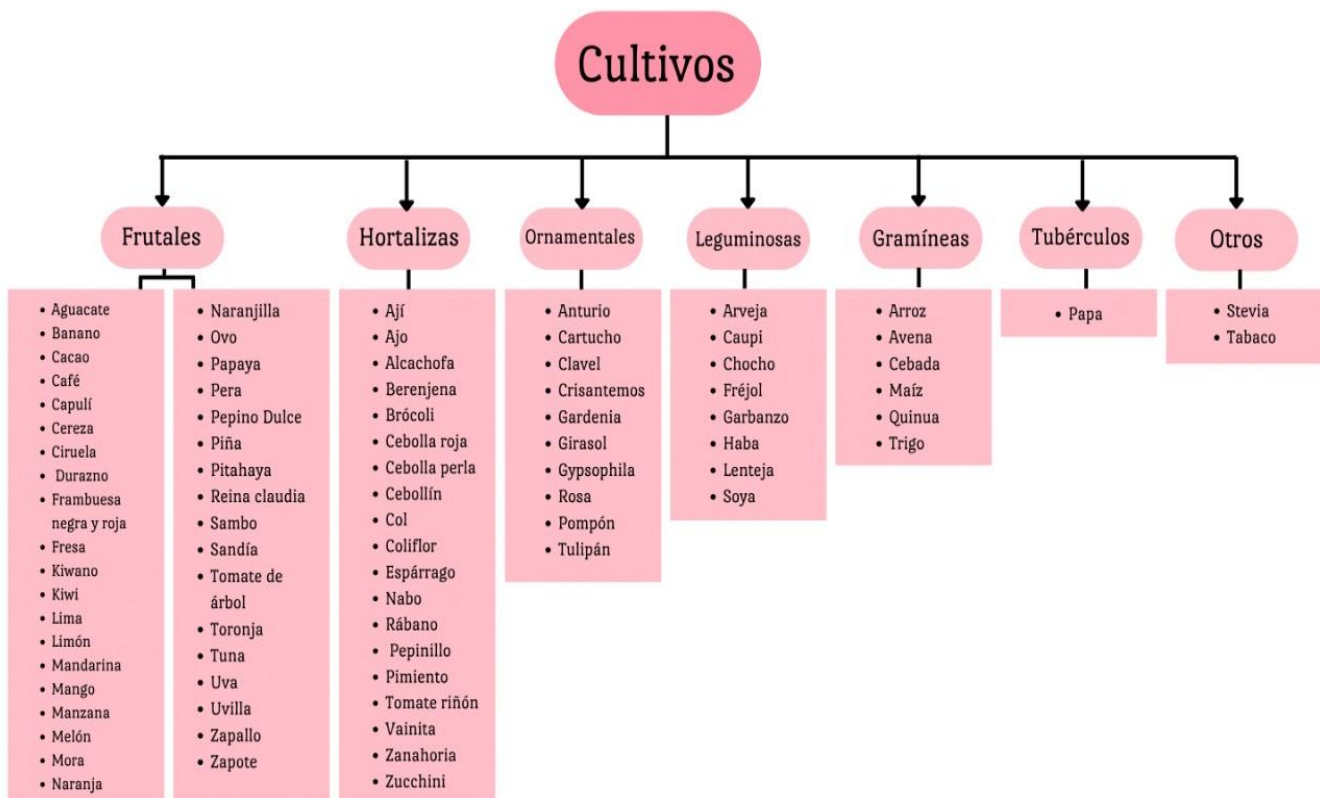
En el país la mayoría de insumos químicos se importan. En el año 2020 se invirtió alrededor de 585 millones de dólares en la compra de insumos agrícolas, de los cuales, 257 millones correspondieron a plaguicidas con un equivalente a 41 232 toneladas. Del monto total empleado en plaguicidas, 105 millones se destinaron a la obtención de fungicidas (MAG, 2020). En la Figura 3.2 se observan los porcentajes de este monto destinados a la compra de fungicidas por países de origen.





**Figura 3.2.** Países proveedores de fungicidas a Ecuador en el año 2020 (MAG, 2020)

En la Figura 3.3 se indican los cultivos en los que se aplican los fungicidas de síntesis química clasificados por tipo de cultivo.



**Figura 3.3.** Cultivos a los que se destinan los fungicidas de síntesis química vigentes en Ecuador (Agrocalidad, 2022)

De los cultivos anteriormente mencionados, aquellos que se destinan a exportación son de gran importancia por sus aportaciones económicas al país. En la Tabla 3.1 se presentan la superficie cosechada de cada cultivo de exportación, la producción, el rendimiento, las contribuciones al Valor Agregado Bruto (VAB) agropecuario, las toneladas exportadas y su equivalencia en valor económico en el año 2021.

De todos los cultivos de exportación mencionados en la Tabla 3.1, el banano y las rosas son de especial importancia ya que Ecuador figura como el mayor exportador de banano del mundo y el segundo exportador mundial de rosas (SIPA, 2021). Las estrictas exigencias de calidad por parte de los países importadores de ambos productos, hacen que el uso de fungicidas sea indispensable para garantizar su comercialización, es por esto que el cultivo de banano cuenta con 43 principios activos y 21 combinaciones registrados para su aplicación, mientras que para el cultivo de rosas están vigentes 60 principios activos y 60 combinaciones (Agrocalidad, 2022).

**Tabla 3.1.** Datos de cultivos de exportación en el año 2021 (SIPA, 2021)

Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)	Aporte al VAB (%)	Toneladas exportadas	Equivalencia económica de las toneladas exportadas (millones de dólares)
Aguacate	6 005	42 492	7,08	0,5	698	632***
Arroz	317 400	1 697 353	5,35	3,9	19 081	10
Banano	164 085	6 684 916	40,74	17,4	6 625 032	3 272
Brócoli	7 063	129 764	19,37	1,1	89 000	150
Cacao	543 547	330 872	0,61	6,9	359 486	940
Café	29 480	17 164	0,58	1,2	14 377	78
Mango	16 160	124 167	7,68	0,8	62 676	49
Mora	3 508	16 438	4,69	0,3	121	352***
Naranja	1 644	9 291	5,65	0,5	95	227***
Rosas	5 581	3 647 998 000*	654 000**	6,9	124 646	649
Piña	4 905	206 660	42,13	0,8	100 197	51
Pitahaya	1 446	8 673	6,00	0,5	18 950	91
Tomate de árbol	1 009	6 742	6,68	0,1	784	2

\*Producción de rosas expresada en número de tallos cortados.

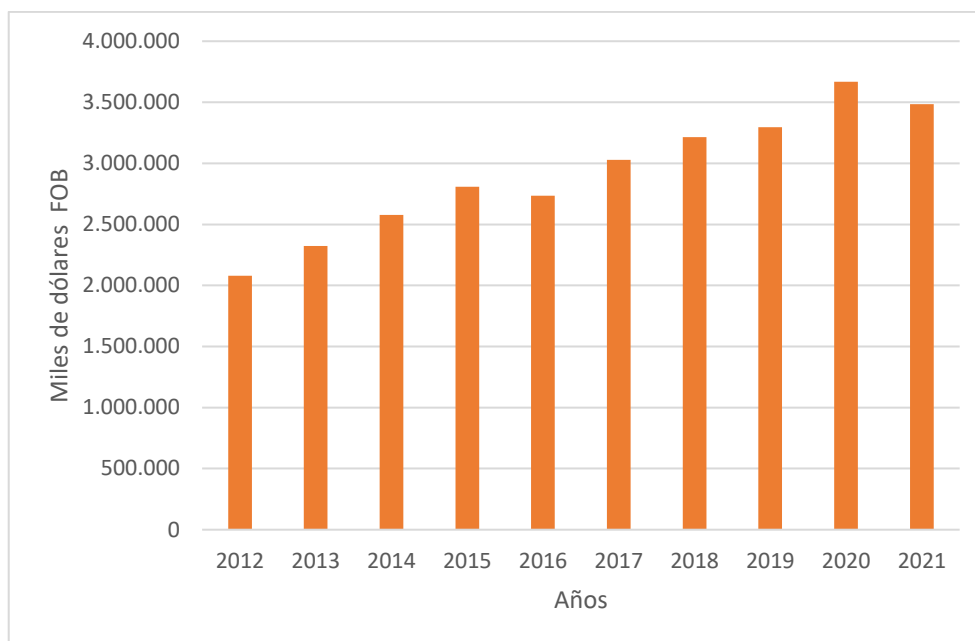
\*\*Rendimiento de rosas expresada en número de tallos cortados/ha.

\*\*\* Valores expresados en miles de dólares.

El banano se sitúa en el cuarto lugar dentro del grupo de cultivos alimentarios más importantes del mundo después del arroz, el trigo y el maíz y es la fruta fresca más exportada en términos de volumen con un consumo promedio mundial de  $9,51 \frac{kg}{persona \cdot año}$ .

El banano se cultiva en las regiones tropicales de África, Asia y América Latina y su producción es esencial para las economías de muchos países en vías de desarrollo donde la venta en mercados locales y la exportación a mercados internacionales proporcionan ingresos y empleo a las poblaciones rurales. La producción se concentra principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, El Oro y Cañar donde las condiciones agroclimáticas presentes han permitido que el banano esté disponible para el consumo los 365 días del año (Iriarte et al., 2013).

En la Figura 3.4 se presenta la evolución de las exportaciones de banano desde el año 2012 hasta el 2021 expresada en miles de dólares FOB.



**Figura 3.4.** Evolución de las exportaciones anuales de banano desde el año 2012 hasta el 2021 expresada en miles de dólares FOB (BCE, 2022)

En el año 2021 las exportaciones mundiales de banano alcanzaron los 13 790 millones de dólares, de los cuales a Ecuador le correspondió el 25 %, seguido de Costa Rica con el 13 %, Filipinas con el 8 % y Colombia con el 7 % (SIPA, 2021).

De enero a mayo del año 2022 Ecuador exportó alrededor de 158 millones de cajas de banano de 158,14 kg cada una. En la Tabla 3.2 se presenta el número de cajas enviadas a los distintos territorios importadores.

**Tabla 3.2.** Exportaciones de banano a diferentes destinos de enero a mayo del 2022 (ACORBANEC, 2022)

Destino	Cajas exportadas de 158,14 kg c/u
África	7 805 200
Asia Central	4 202 800
Asia Oriental	9 179 800
Canadá	31 600
Cono Sur	10 570 200
Estados Unidos	13 809 200
Europa del Este	5 119 200
Medio Oriente	27 191 800
Noruega	726 800
Nueva Zelanda	1 216 600
Reino Unido	1 690 600
Rusia	33 812 000
Unión Europea	42 596 800
Otros mercados	63 200

El rendimiento de los cultivos de banano con frecuencia se ve afectado por plagas y enfermedades, mismas que en el 2021 causaron la pérdida de 272 ha de producción a nivel nacional (SIPA, 2021). La sigatoka negra es considerada la enfermedad más costosa y perjudicial del banano en todas las zonas de producción, ya que es responsable de más del 50 % de las pérdidas de cultivos. Esta afección es causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis*, el cual penetra las hojas a través de los estomas, coloniza los espacios intercelulares entre las células mesófilas y se apropia de los nutrientes de la planta huésped (Escobar et al., 2015).

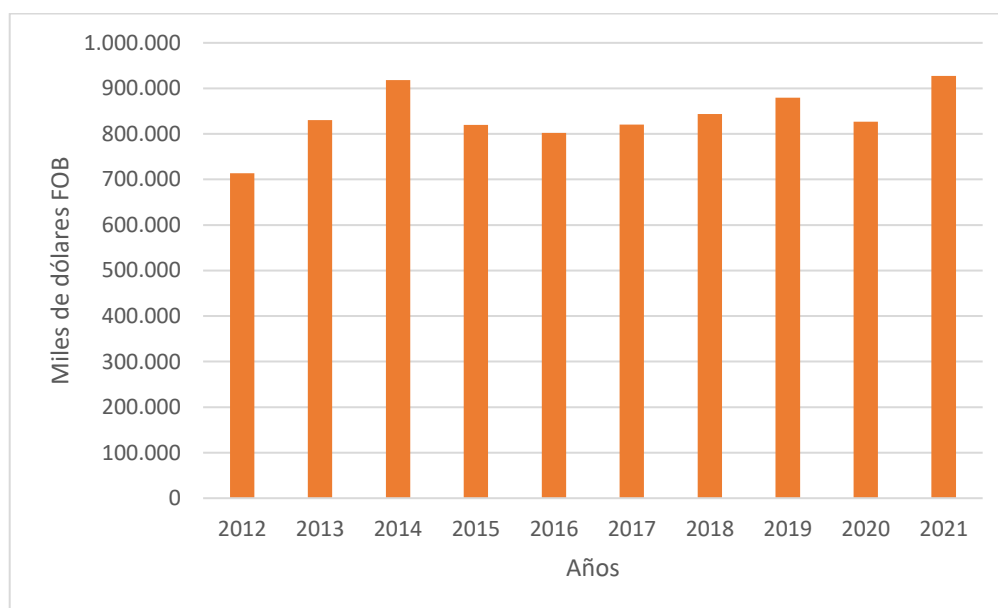
La sigatoka negra se manifiesta con la aparición de puntos de color café rojizo en las hojas que con el tiempo se transforman en rayas oscuras que se extienden paralelas a las venas; estas rayas eventualmente se fusionan para causar necrosis de las hojas. La enfermedad no mata a las plantas de inmediato, pero las debilita disminuyendo la capacidad fotosintética de las hojas, causando una reducción en la cantidad y calidad de la fruta e induce la maduración prematura de la misma (Churchill, 2010).

Son 36 los principios activos permitidos en Ecuador que se utilizan para combatir a *M. fijiensis*: mancozeb, clorotalonil, azoxistrobina, bitertanol, boscalid, óxido de cobre, sulfato de cobre pentahidratado, dietofencarb, difenoconazol, dodina, epoxiconazol, fenbuconazol, fenpicoxamid, fenpropidin, fenpropimorf, fluazinam, flutriafol, fluxapiroxad, folpet, peróxido de hidrógeno, isoprotiolano, isopirazam, isotianil, mefentrifluconazol, metconazol, metiram, polisulfuro de calcio, propiconazol, piraclostrobina, pirimetanil, spiroxamina, tebuconazol, tiram, trans-cinnamaldehído, tridemorf y trifloxistrobina. A parte de estos compuestos, también se aplican 18 combinaciones de principios activos (Agrocalidad, 2022).

Uno de los principios activos más utilizados es el mancozeb, de nombre químico ditiocarbamato de manganeso con sal de zinc. Este compuesto consiste en un polvo blanco y se aplica en banano y en una gran variedad de otros cultivos como se observa en el Anexo 1. El uso de mancozeb también es permitido en Estados Unidos donde se estima que alrededor de 2,54 millones de kilogramos se aplican cada año en cultivos de manzanas, papas, uvas, cebolla, peras, tomates y melones (EPA, 2005). Sin embargo, el panorama respecto a este compuesto cambia para la Unión Europea, puesto que en el 2020 tomó la decisión de no renovar la aprobación de su uso. Ante esta situación, Ecuador y Colombia han mostrado su preocupación ante la imposibilidad de usar esta herramienta fitosanitaria y estar expuestos a pérdidas del producto. Ambos países alegan que no hay evidencia científica contundente acerca de los efectos adversos a la salud y el uso del

compuesto en cultivos de exportación sigue siendo permitido siempre que se respeten las dosis autorizadas (OMC, 2020).

El cultivo de flores naturales es otra actividad económica importante en el país e involucra la producción de rosas, flores de verano, gypsophilas, claveles, lirios, orquídeas, entre otras. Alrededor del 4 % de la producción nacional de flores se comercializa en el mercado local, mientras que el 96 % se exporta (BCE, 2022). En la Figura 3.5 se presenta la evolución de las exportaciones de flores naturales desde el año 2012 hasta el 2021 expresada en miles de dólares FOB.



**Figura 3.5.** Evolución de las exportaciones de flores naturales desde el año 2012 hasta el 2021 expresada en miles de dólares FOB (BCE, 2022)

Dentro del sector florícola, las rosas son el grupo más representativo ya que son la especie más demandada y la que más se exporta. Las rosas se cultivan en la región interandina y se caracterizan por sus tallos gruesos y alargados, botones grandes y colores intensos, atributos apreciados por los países adquirentes como Estados Unidos, Canadá, Rusia, Bielorrusia, Kazajistán y Unión Europea (Franze y Ciroth, 2011).

En el año 2021 las exportaciones mundiales de rosas alcanzaron los 3 579 millones de dólares, de los cuales el 42 % le correspondió a Países Bajos, el 18 % a Ecuador, el 15 % a Kenia y el 10 % a Colombia (SIPA, 2021).

Uno de los patógenos que afecta la integridad de las rosas es el hongo *Botrytis cinerea*, (conocido como el moho gris) causante de la podredumbre gris. La enfermedad puede afectar los diferentes tejidos vegetales, pero el daño económico más severo ocurre cuando

el patógeno infecta los pétalos de las flores. Los síntomas se manifiestan con manchas pardas en hojas y pétalos que se convierten en tejido necrótico; además, la infección evita la apertura de los botones y provoca la caída de las hojas (Muñoz et al., 2019).

*B. cinerea* ataca a más de 200 cultivos hospedantes en todo el mundo. El hongo ingresa en las plantas a través de heridas y permanece inactivo durante un período considerable antes de pudrir rápidamente los tejidos cuando las condiciones ambientales son favorables (humedad relativa alta mayor a 94 % y temperaturas que oscilan entre 15 °C y 25 °C), por lo tanto, se producen graves daños tras la cosecha de cultivos aparentemente sanos que posteriormente son transportados a mercados lejanos donde las pérdidas se hacen evidentes (Williamson et al., 2007).

Son 26 los principios activos permitidos en Ecuador que se utilizan para combatir a *B. cinerea*: clorotalonil, boscalid, captan, ciprodinil, dietofencarb, difenoconazol, dodina, fenhexamida, fluazinam, fludioxonil, fluxaproxad, folpet, iminoctadina tris (albesilato), iprodiona, isofetamid, kresoxim-metil, mepanipirim, polyoxin B, procloraz, procimidona, pirimetanil, tebuconazol, metil tiofanato y tiram. A parte de estos compuestos, también se aplican 18 combinaciones de principios activos (Agrocalidad, 2022).

Dada la importancia económica de los cultivos de banano y rosas, es necesario establecer un control biológico de enfermedades que complemente la acción de los fungicidas químicos tradicionalmente usados para disminuir la dependencia y el efecto negativo de estos últimos tanto en el entorno natural como en la salud de las personas, a la vez que se logren obtener productos de calidad cotizados por mercados internacionales.

### **3.1.2 Alternativa biológica con potencial para controlar los hogos que afectan a los principales cultivos de Ecuador**

En general, establecer un control biológico para *M. fijiensis* supone un gran reto debido a que la superficie de las hojas está expuesta a variaciones de humedad y temperatura, lo que constituye un ambiente hostil para microorganismos controladores; además, la disponibilidad de fungicidas químicos altamente efectivos ha disminuido el interés por investigar nuevos métodos de control de la enfermedad. Sin embargo, la preocupación acerca del desarrollo de resistencia de los hongos patógenos ante la aplicación de fungicidas sistémicos llevó a la necesidad de desarrollar tecnologías más limpias de producción, lo que motivó la investigación respecto al control biológico mediante el uso de bacterias como *Bacillus spp.* y *Serratia spp.* (Guzmán, 2012).

Bacterias del género *Bacillus* se caracterizan por ser aerobias o anaerobias facultativas, Gram positivas, mesófilas y de morfología bacilar; su crecimiento óptimo se da en torno a pH neutro y forman endosporas como estrategia de supervivencia en condiciones de estrés, lo cual les permite habitar en casi todos los agroecosistemas. Además, ciertas bacterias pertenecientes a este género son consideradas como fábricas microbianas por su capacidad para producir una extensa gama de moléculas bioactivas con efecto inhibitorio sobre el crecimiento de varios fitopatógenos, por lo que, los productos que tienen como principio activo a *Bacillus* representan la clase más importante de pesticidas microbianos para uso fitosanitario disponibles comercialmente, esto gracias a que estas bacterias son consideradas organismos GRAS (Generally Recognized as Safe) (Pedraza et al., 2020).

*Bacillus subtilis* forma parte del grupo de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR). El efecto beneficioso de estas rizobacterias sobre el crecimiento de las plantas se logra mediante mecanismos directos e indirectos. Los mecanismos directos incluyen la colonización de las raíces de las plantas y activación de la resistencia sistémica inducida en los huéspedes, lo que resulta en la producción de fitoalexinas, quitinasas y peroxidasas, producción de lignina para el fortalecimiento de la pared celular, producción de auxinas que fomentan la formación de raíces laterales y fijación del nitrógeno para que pueda ser absorbido y aprovechado por las plantas. La forma indirecta se relaciona con la excreción de metabolitos secundarios antagonistas de patógenos, dado que *B. subtilis* tiene un promedio de 4 % a 5 % de su genoma dedicado a la síntesis de antibióticos y posee el potencial de producir más de dos docenas de compuestos antimicrobianos estructuralmente diversos como sideróforos, lipopéptidos y enzimas (Hashem et al., 2019).

Los metabolitos secundarios denominados sideróforos, son compuestos proteicos de bajo peso molecular (0,5 a 1,0 kDa) que sirven como quelantes de hierro de manera competitiva. Los sideróforos captan el hierro en la forma de ion férrico ( $Fe^{3+}$ ) y lo reducen a ion ferroso ( $Fe^{2+}$ ), una forma más asimilable para la nutrición de los microorganismos. Aunque varios sideróforos bacterianos difieren en su capacidad para secuestrar hierro, en general privan a los hongos patógenos de este elemento esencial para su crecimiento, puesto que el hierro interviene en funciones vitales como catalizador de reacciones enzimáticas y en la cadena de transporte de electrones. La escasez de hierro biodisponible en los hábitats del suelo y en la superficie de las plantas fomenta una feroz competencia (Yu et al., 2011).

Con respecto a las enzimas líticas, *B. subtilis* tiene la capacidad de excretar quitinasas y  $\beta$ -glucanasas que han demostrado inhibir el crecimiento de hongos mediante la degradación de los polisacáridos que conforman la pared celular fúngica por hidrólisis de



los enlaces glucosídicos. Estas enzimas líticas han demostrado efectividad en *Fusarium spp.* (Villareal et al., 2018).

Los lipopéptidos son metabolitos cuya estructura se compone de un péptido cíclico enlazado a una cadena de ácido graso  $\beta$ -amino o  $\beta$ -hidroxi y se clasifican en fengicinas, surfactinas e iturinas según la longitud del ácido graso y la secuencia de aminoácidos (Ongena y Jacques, 2008).

La familia de las surfactinas se caracteriza por tener una estructura consistente en un heptapéptido cíclico de secuencia quiral LLDLLDL enlazado a un ácido graso  $\beta$ -hidroxi de 12 a 15 átomos de carbono en configuración lineal (*n*), iso (*i*) y anteiso (*ai*) (Bonmatin et al., 2003). En la Tabla 3.3 se presentan los tipos de surfactinas con los correspondientes aminoácidos que conforman el péptido y la longitud de la cadena de ácido graso.

**Tabla 3.3.** Tipos de surfactinas, secuencia de aminoácidos que conforman su estructura y longitud de la cadena de ácido graso (Bonmatin et al., 2003)

<b>Tipo de surfactinas</b>	<b>Aminoácidos que conforman el péptido</b>	<b>Longitud de la cadena de ácido graso</b>
Surfactina	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Val-L-Asp-D-Leu-L-Leu	<i>i</i> C14, <i>n</i> C14, <i>i</i> C15, <i>ai</i> C15
[Ala 4] surfactina	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Ala-L-Asp-D-Leu-L-Leu	<i>i</i> C14, <i>n</i> C14, <i>i</i> C15, <i>ai</i> C15
[Leu 4] surfactina	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Leu-L-Asp-D-Leu-L-Leu	<i>i</i> C15
[Ile 4] surfactina	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Ile-L-Asp-D-Leu-L-Leu	<i>ai</i> C15
[Val 7] surfactina	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Val-L-Asp-D-Leu-L-Val	<i>i</i> C14, <i>n</i> C14, <i>i</i> C15, <i>ai</i> C15
[Ile 7] surfactina	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Val-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>i</i> C14, <i>n</i> C14, <i>i</i> C15, <i>ai</i> C15
[Ile 2,4] surfactina	L-Glu-L-Ile-D-Leu-L-Ile-L-Asp-D-Leu-L-Leu	<i>ai</i> C15
[Ile 2,4,7] surfactina	L-Glu-L-Ile-D-Leu-L-Ile-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>ai</i> C15
Liquenicina	L-Gln-L-Leu-D-Leu-L-Val-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>i</i> C13, <i>ai</i> C13, <i>n</i> C14, <i>i</i> C15, <i>ai</i> C15
[Ile 4] Liquenicina	L-Gln-L-Leu-D-Leu-L-Ile-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>ai</i> C15
[Val 7] Liquenicina	L-Gln-L-Leu-D-Leu-L-Val-L-Asp-D-Leu-L-Val	<i>i</i> C13, <i>ai</i> C13, <i>n</i> C14, <i>i</i> C15, <i>ai</i> C15
[Ile 2,4] Liquenicina	L-Gln-L-Ile-D-Leu-L-Val-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>ai</i> C15
Pumilacidina A	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Leu-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>i</i> C12, <i>ai</i> C12
Pumilacidina B	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Leu-L-Asp-D-Leu-L-Val	<i>i</i> C12, <i>ai</i> C12
Pumilacidina C	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Leu-L-Asp-D-Leu-L-Ile	<i>i</i> C14, <i>ai</i> C14

Tipo de surfactinas	Aminoácidos que conforman el péptido	Longitud de la cadena de ácido graso
Pumilacidina D	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Leu-L-Asp-D-Leu-L-Val	iC14
Pumilacidina E	L-Glu-L-Leu-D-Leu-L-Leu-L-Asp-D-Leu-L-Ile	iC13

Las liquenisinas son producidas por cepas de *Bacillus licheniformis*, las pumilacidinas por *Bacillus pumilus* y las surfactinas por *B. subtilis*. La liquenicina se diferencia de la surfactina en que el primer residuo de aminoácido es la glutamina (Gln) en lugar de un ácido glutámico (Glu). La pumilacidina, en comparación con la surfactina, tiene una leucina (Leu) en la posición 4 en lugar de una valina (Val), así como una isoleucina (Ile) o una valina (Val) en la posición 7 en lugar de una leucina (Leu) (Théâtre et al., 2021).

La principal característica de la surfactina es que se comporta como un biosurfactante muy poderoso a causa de su naturaleza anfifílica, sin embargo, también exhibe otras cualidades biológicas interesantes como actividad antitumoral y antiviral, por lo que varios laboratorios se han dedicado a aplicar técnicas de ingeniería genética para mejorar la producción de surfactina, un paso necesario para desarrollar métodos de producción más baratos (Carrillo et al., 2003). La surfactina producida por *B. subtilis* BS5, presenta apariencia blanquecina, con olor desagradable a granada agria, tiene una solubilidad óptima a un pH entre 8-8,5, es soluble en etanol, acetona, metanol, butanol cloroformo y diclorometano, pero no en hexano, etilacetato, acetonitrilo o éter de petróleo y presenta buena estabilidad térmica, ya que su capacidad para reducir la tensión superficial del agua no se vio alterada aún tras la exposición a 100 °C durante una hora (Abdel et al., 2008). Varios estudios se han llevado a cabo para verificar la actividad fungicida de estos lipopéptidos, misma que se basa en la degradación de la membrana celular por anclaje de las surfactinas en la bicapa lipídica con la posterior solubilización de los fosfolípidos (Zhao et al., 2017). Mohammadipour et al. (2009) describieron la inhibición del crecimiento micelial in vitro de las moléculas de surfactina en los hongos patógenos *Aspergillus flavus* y *Colletotrichum Gloeosporioides*.

Con respecto a la familia de las iturinas, su estructura consta de un anillo peptídico compuesto por siete residuos de aminoácidos de secuencia quiral LDDLLDL, vinculado a una cadena de ácido graso  $\beta$ -amino de 14 a 17 carbonos. Se caracterizan por su carácter hidrófobo, se comportan como tensioactivos, es decir, son capaces de reducir la tensión superficial de las soluciones acuosas y son muy activas contra la mayoría de los hongos fitopatógenos, por lo cual este grupo de compuestos es un excelente candidato para minimizar el uso de fungicidas químicos. A diferencia de las surfactinas, las iturinas no presentan actividad antiviral. Las iturinas tienen actividad lítica sobre los hongos, ya que

desintegran las células por perturbación de la membrana plasmática; en forma específica, aumentan la permeabilidad de las membranas lipídicas de las células fúngicas mediante la formación de poros, lo que provoca la pérdida de compuestos macromoleculares esenciales (Maget y Peypoux, 1994).

En la Tabla 3.4 se presentan los tipos de iturinas sintetizados por *B. subtilis* y las cadenas de aminoácidos que las conforman.

**Tabla 3.4.** Tipos de iturinas, aminoácidos que conforman su estructura y longitud de la cadena de ácido graso (Bonmatin et al., 2003)

Tipos de iturinas	Aminoácidos que conforman el péptido	Longitud de la cadena de ácido graso
Bacilomicina D	L-Asn-D-Tyr-D-Asn-L-Pro-L-Glu-D-Ser-L-Thr	nC14, iC15, aiC15
Bacilomicina F	L-Asn-D-Tyr-D-Asn-L-Gln-L-Pro-D-Asn-L-Thr	iC16, iC17, aiC17
Bacilomicina L	L-Asp-D-Tyr-D-Asn-L-Ser-L-Gln-D-Ser-L-Thr	nC14, iC15, aiC15
Bacilomicina LC	L-Asn-D-Tyr-D-Asn-L-Ser-L-Glu-D-Ser-L-Thr	nC14, iC15, aiC15, iC16
Iturina A	L-Asn-D-Tyr-D-Asn-L-Gln-L-Pro-D-Asn-L-Ser	nC14, iC15, aiC15
Iturina A <sub>L</sub>	L-Asn-D-Tyr-D-Asn-L-Gln- L-Pro-D-Asn-L-Ser	nC14, iC15, aiC15
Iturina C	L-Asp-D-Tyr-D-Asn-L-Gln-L-Pro-D-Asn-L-Ser	nC16, iC16
Micosubtilina	L-Asn-D-Tyr-D-Asn-L-Gln-L-Pro-D-Ser-L-Asn	nC16, iC16, aiC17

Un estudio realizado por Latoud et al. (1987) determinó que la iturina A producía en *Saccharomyces cerevisiae* la liberación espontánea de iones K<sup>+</sup>, seguido de la liberación de nucleótidos, proteínas y polisacáridos con la consiguiente muerte de las células. Así mismo, un estudio realizado por Gong et al. (2006) comprobó que el caldo de *B. subtilis* Py-1, que contenía isómeros de iturina A, inhibía el crecimiento del micelio de *Fusarium oxysporum*, *Exserohilum turcicum*, *Alternaria kikuchiana*, *Bipolaris maydis*, *Pyricularia oryzae*, *Trichoderma viride* y *Aspergillus niger*.

Las fengicinas, también conocidas como plipastaninas, son deca péptidos con una cadena de ácido graso β -hidroxi de 15 a 17 carbonos y son fuertemente tóxicas específicamente contra hongos filamentosos pero inefectivas en levaduras y bacterias. Su modo de acción también se basa en la interacción con las capas lipídicas de los patógenos y alteración de la estructura de la membrana celular y la permeabilidad según la dosis aplicada. Con respecto a algunas propiedades de interés, fengicinas producidas por *B. subtilis* F-29-3 son solubles en solventes orgánicos polares como el etanol y metanol, insoluble en agua y comienzan a descomponerse a 177°C (Vanittanakom et al., 1986).

En la Tabla 3.5 se indican los tipos de fengicinas y la cadena de aminoácidos que conforman su estructura.

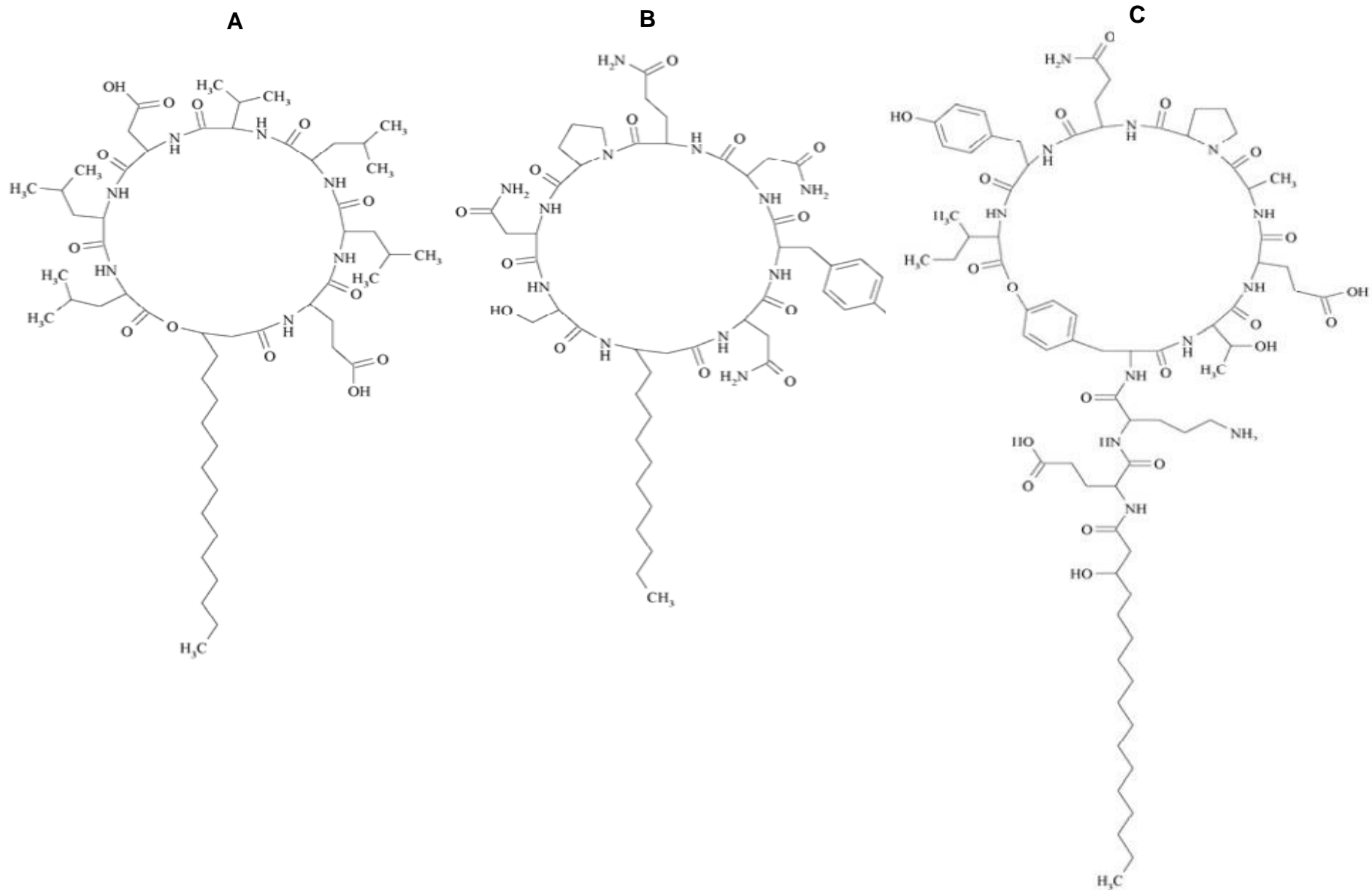
**Tabla 3.5.** Tipos de fengicinas, aminoácidos que conforman su estructura y longitud de la cadena de ácido graso (Ongena y Jacques, 2008)

Tipo de fengicinas	Aminoácidos que conforman el péptido	Longitud de la cadena de ácido graso
Fengicina A	L-Glu-D-Orn-D-Tyr-D-Thr-L-Glu-D-Ala-L-Pro-L-Gln-L-Tyr-L-Ile	nC16, iC16, aiC15
Fengicina B	L-Glu-D-Orn-D-Tyr-D-Thr-L-Glu-D-Val-L-Pro-L-Gln-L-Tyr-L-Ile	nC16, iC16, aiC15
Plipastatina A	L-Glu-D-Orn-L-Tyr-D-Thr-L-Glu-D-Ala-L-Pro-L-Gln-L-Tyr-L-Ile	nC16, aiC17
Plipastanina B	L-Glu-D-Orn-L-Tyr-D-Thr-L-Glu-D-Val-L-Pro-L-Gln-L-Tyr-L-Ile	nC16, aiC17

La biosíntesis de iturinas y fengicinas se induce en la fase estacionaria cuando las células han agotado uno o más nutrientes esenciales, en contraste con las surfactinas cuya producción es inducida por células en crecimiento activo. Los lipopéptidos tienen la ventaja de ser fácilmente descompuestos, sin dejar residuos dañinos (Jourdan et al., 2009). Las estructuras moleculares de los tres grupos de lipopéptidos se presentan en la Figura 3.6.

En un estudio realizado por Gutiérrez et al. (2015) se evaluó el efecto de un biofungicida microbiano a base de *B. subtilis* EA-CB0015 (con fengicina C e iturina A como principales ingredientes activos) en plantas de banano en Urabá, Colombia en condiciones de invernadero. El biofungicida se aplicó en las hojas de plantas inoculadas con *M. fijiensis* a razón de 1,5 L/ha y 3,0 L/ha; los porcentajes de área de necrosis detectados fueron de tan solo  $0,71 \pm 0,57$  % y  $2,72 \pm 1,60$  %, respectivamente, resultados comparables al control que ejerce el fungicida protectante clorotalonil ( $1,26 \pm 0,26$  %).

En otro estudio realizado por Wang et al. (2018) se aisló *B. subtilis* WXCDD105 de la rizosfera en Harbin, China. Se determinó que *B. subtilis* presenta una fuerte actividad bacteriostática en *B. cinerea* con una zona de inhibición in vitro de  $4,99 \pm 0,56$  mm y un 71,57 % de inhibición del crecimiento. Así mismo, plántulas de tomates bajo invernadero fueron inoculadas con *B. cinerea* y *Cladosporium fulvum* y tratadas con el líquido de fermentación de *B. subtilis* WXCDD105, mismo que se aplicó en forma de spray una vez a la semana por tres semanas consecutivas. La gravedad de las enfermedades se evaluó a los 14 días después de la inoculación y se observó que *B. subtilis* WXCDD105 controló a *B. cinerea* en un 74,7 % y a *C. fulvum* en un 72,07 %.



**Figura 3.6.** Estructura molecular de la (A) surfactina (B) iturina (C) fengicina (Jourdan et al., 2009)

Uno de los productos comerciales a base de *B. subtilis* es Serenade®ASO, un biofungicida de amplio espectro que contiene *B. subtilis* cepa QST 713. Serenade®ASO se registró para la venta como pesticida microbiano en los Estados Unidos desde julio del año 2000 y en Ecuador en 2006. También está registrado para su uso en varios países como Chile, México, Nueva Zelanda y Costa Rica. El producto se presenta como un polvo humectable o formulación líquida y contiene lipopéptidos de las familias de las fengicinas, surfactinas e iturinas que actúan en conjunto para dañar las células fúngicas y evitar su multiplicación. Este compuesto es más efectivo que los productos convencionales en muchas enfermedades de las plantas, especialmente contra *B. cinerea* (moho gris), *Podosphaera pannosa*, *Erysiphe spp.* (causantes del mildiú polvoriento) y *Sclerotinia spp.* (causante de la pudrición blanca); también, es muy efectivo para controlar la enfermedad de la sigatoka negra junto con otros fungicidas protectantes, reduciendo la carga química en el medio ambiente y la exposición de los trabajadores (Marrone, 2002).

A parte de Serenade®ASO, otros biofungicidas que tienen a *B. subtilis* como ingrediente activo se comercializan en el país y se detallan en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Biofungicidas a base de *B. subtilis* disponibles para su comercialización en Ecuador (Agrocalidad, 2022)

Nombre comercial	Modo de presentación	Hongo que controla	Cultivo al que se destina	País de importación
BACTOFIT	Polvo mojable	<i>B. cinerea</i>	Rosa	Rusia
		<i>M. fijiensis</i>	Banano	
RHAPSODY	Suspensión concentrada	<i>B. cinerea</i>	Rosa	México
		<i>M. fijiensis</i>	Banano	
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
BACTOX CONTROL	Concentrado soluble (líquido homogéneo)	<i>M. fijiensis</i>	Banano	Colombia

Con base en que los lipopéptidos producidos por *B. subtilis* han demostrado ser eficaces en el control de una diversidad de hongos, entre ellos *M. fijiensis* y *B. cinerea* que atacan a los cultivos de banano y rosas, respectivamente, es necesario determinar las condiciones para la producción de estos compuestos a gran escala.

### 3.1.3 Medio de cultivo de *B. subtilis* para la producción de lipopéptidos y alternativas de recuperación del material biológico

Los obstáculos que enfrenta la producción de lipopéptidos son los altos costos y los bajos rendimientos; por ello, es necesario el desarrollo de bioprocesos industriales económicamente viables que integren el uso de materias primas baratas y la selección de cepas naturales capaces de aumentar la productividad de un lipopéptido determinado (Guez et al., 2021).

En la Tabla 3.7 se presentan los datos de las condiciones en que se realizaron distintas experimentaciones para la obtención de lipopéptidos a partir de diferentes cepas de *B. subtilis*.

**Tabla 3.7.** Condiciones para el cultivo de cepas de *B. subtilis*

Cepa	Medio	Condiciones del cultivo	Lipopéptido obtenido	Rendimiento	Referencia
<i>B. subtilis</i> DSM 10 <sup>T</sup>	A	Fed-batch 30°C pH 7 0,07 vvm de aire 300 rpm 34 h (20,3 h batch +13,7 h fed-batch)	Surfactina	0,81 g surfactina/L medio	(Willenbacher et al., 2015)
<i>B. subtilis</i> DSM 10 <sup>T</sup>	B	Batch 30°C pH: 7 0,07 vvm de aire 300 rpm 30 h	Surfactina	0,54 g surfactina/L medio	(Willenbacher et al., 2014)
<i>B. subtilis</i> F29-3	C	Batch 30°C pH 7,5 200 rpm 96 h	Fengicina	3,5 g fengicina/L medio	(Wei et al., 2010)
<i>B. subtilis</i> ZK-H2	D	Fed-batch 30°C pH 8 150 rpm 60 h (12 h batch + 48 h fed-batch)	Iturina A	0,85 g iturina A/L medio	(Yue et al., 2021)
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>natto</i> NT-6	Landy 1	Batch 28°C pH 7,2 160 rpm 36 h	Iturinas Surfactinas	0,289 g iturinas/L medio 0,368 g surfactinas/L medio	(Sun et al., 2019)

Cepa	Medio	Condiciones del cultivo	Lipopéptido obtenido	Rendimiento	Referencia
<i>Bacillus subtilis</i> subsp. <i>natto</i> NT-6	Medio sólido	28°C 48 h	Iturinas Surfactinas	1,22 g iturinas/kg medio 3,15 g surfactinas/kg medio	(Sun et al., 2019)
<i>B. subtilis</i> TD7	E	Batch 35°C pH 7,2 130 rpm 24 h	Surfactinas	-	(Liu et al., 2012)
<i>B. subtilis</i> S499	F	Batch 30°C pH 7 200 rpm	Surfactina Iturina A Fengicinas	0,826 g surfactina/L medio 0,657 g iturina A/L medio 0,095 g fengicinas/ L medio	(Jacques et al., 1999)
<i>B. subtilis</i> NT02	Landy 2	Batch 30°C pH 7 130 rpm 96 h	Bacilomicinas L	-	(Akpa et al., 2001)

En el Anexo 2 se indica la composición de los medios de cultivo empleados en las experimentaciones de la Tabla 3.7.

La cepa y el medio de cultivo utilizados pueden influir significativamente en el tipo y la cantidad de lipopéptido producido. Por ejemplo, *B. subtilis* NT02 solo produce variantes de iturina, mientras que *B. subtilis* S499 puede producir surfactina, iturina A y variantes de fengicina. Además, la actividad antifúngica de estos agentes aumenta con el número creciente de átomos de carbono de sus cadenas laterales de ácidos grasos, presumiblemente debido a interacciones más fuertes con las biomembranas (Akpa et al., 2001).

En el estudio realizado por Liu et al., (2012), se verificó que al añadir arginina (Arg), glutamina (Gln) o valina (Val) al medio de cultivo con la cepa *B. subtilis* TD7, la proporción de surfactinas con cadena de ácido graso  $\beta$ -hidroxi par aumentó significativamente, en tanto que la adición de cisteína (Cys), histidina (His), isoleucina (Ile), leucina (Leu), metionina (Met), serina (Ser) o treonina (Thr) mejoró significativamente la proporción de



surfactinas con ácido graso  $\beta$ -hidroxi impar. Así, la adición de valina (Val) al medio de cultivo promovió simultáneamente la producción de surfactinas con cadenas de ácidos grasos de 14 y 16 carbonos y la adición de isoleucina (Ile) o treonina (Thr) aumentó la producción de  $a/C15$  en las variantes de surfactina. Esto demuestra que, los aminoácidos añadidos en el medio de cultivo influyen en la fracción de aminoácidos en el anillo peptídico y en la fracción de ácido graso hidroxilo en el lipopéptido producido.

El medio de cultivo denominado Landy generalmente se considera un buen medio para la producción de lipopéptidos, pero la máxima producción también depende de factores como la temperatura y la velocidad de agitación. Durante la producción industrial, se logra una alta concentración de oxígeno disuelto aumentando el flujo de aire y la velocidad de agitación en el fermentador, sin embargo, el incremento de ambos parámetros favorece la fuga del líquido del fermentador, lo cual disminuye el rendimiento de la producción de lipopéptidos (Sun et al., 2019).

Una vez concluida la etapa de fermentación, los lipopéptidos producidos se encuentran en el sobrenadante del caldo de cultivo. El proceso de recuperación constituye una parte importante en la economía del proceso de producción de biosurfactantes, algunas de las técnicas más utilizadas son: precipitación ácida, extracción con solventes orgánicos, ultrafiltración y extracción en fase sólida (Peypoux et al., 1999).

La técnica más antigua de purificación de lipopéptidos es la precipitación ácida. En este procedimiento, el caldo de cultivo se separa de la biomasa mediante centrifugación y se acidifica a pH 2 con ácido sulfúrico o clorhídrico para disminuir la solubilidad de los lipopéptidos en la fase acuosa, lo cual conlleva a su precipitación y posterior extracción con disolventes orgánicos. A pesar de ser un método efectivo y económico, carece de selectividad y requiere mucho tiempo, dado que el caldo de fermentación debe permanecer a 4°C por alrededor de 18 h después de ajustar el pH y el precipitado obtenido retiene tanto las moléculas de interés como impurezas, por lo que se requieren métodos de purificación adicionales (Coutte et al., 2017).

Por otro lado, la extracción en fase sólida permite la recuperación de lipopéptidos con alto grado de pureza. Esta técnica consiste en aislar los analitos de interés a partir de una fase móvil (fluido líquido) mediante su retención en una fase sólida (resina). A continuación, se aísla la fase sólida y los analitos se recuperan por elución con un líquido como acetato de etilo, acetonitrilo o metanol (Poole, 2003).

La ultrafiltración es otra opción viable. Esta técnica de separación por membrana resulta prometedora y limpia puesto que no requiere la adición de químicos y emplea poca energía.

No obstante, su aplicación se ve limitada por los altos costos de los equipos. Este método de separación aprovecha la capacidad de los biosurfactantes de formar micelas en concentraciones por encima de su concentración micelar crítica (CMC); dichos agregados supramoleculares tienen diámetros nominales hasta dos o tres veces mayores que el de una molécula libre no asociada, por lo que pueden retenerse fácilmente mediante membranas de ultrafiltración (Sen y Swaminathan 2005).

La formulación final de lipopéptidos en polvo es un paso opcional que permite concentrar el producto para facilitar el almacenamiento, al mismo tiempo que reduce el riesgo de degradación y aumenta el tiempo de vida útil. En los casos de surfactina, iturina y fengicina, la transición de un estado líquido a un estado sólido se realiza convencionalmente a través de un proceso de liofilización; no obstante, el secado por aspersion es otra opción viable, ya que no disminuye las propiedades antimicrobianas y biosurfactantes de las tres familias de polipéptidos (Vassaux et al., 2021).

Considerando los bajos rendimientos que se obtienen en la producción de las tres familias de lipopéptidos, es factible seleccionar la cepa más adecuada capaz de producir cada compuesto por separado en un medio óptimo para posteriormente producir un extracto mixto de lipopéptidos que actúen en sinergismo a fin de ejercer un amplio espectro de control sobre hongos fitopatógenos. Con base en los mejores rendimientos obtenidos, se podría optar por los medio C, F y D para la producción de fengicina, surfactina e iturina A, respectivamente. Por otro lado, para la recuperación de lipopéptidos existen varias alternativas; la selección e implementación de alguna técnica dependerá del volumen de producción, viabilidad económica, entre otros factores.

## **3.2 Conclusiones**

En Ecuador se distribuyen 94 principios activos y 123 combinaciones para el control de 42 géneros de hongos fitopatógenos en 83 cultivos.

El banano y las rosas son cultivos de importancia económica con un total de 6 625 032 y 124 646 toneladas exportadas y una contribución al VAB agropecuario de 17,4 % y 6,9 %, respectivamente en 2021.

El principal hongo que afecta al banano es *Mycosphaerella fijiensis*; para el control de este patógeno se emplean 43 principios activos y 21 combinaciones. Con respecto a las rosas, uno de los patógenos más perjudiciales es *Botrytis cinerea*, mismo que cuenta con 60 principios activos y 60 combinaciones para su control.

Entre las alternativas para el control de *M. fijiensis* y *B. cinerea*, resaltan las bacterias del grupo *B. subtilis* por su capacidad de producir los compuestos antifúngicos surfactinas, iturinas y/o fengicinas dependiendo de la cepa.

La fermentación de *B. subtilis* en medios de cultivo líquidos resulta en rendimientos bajos, no obstante, las alternativas de recuperación ayudan a concentrar los principios activos.

### 3.3 Recomendaciones

Replicar de forma experimental los ensayos descritos en el presente trabajo (aquellos que obtuvieron los mejores rendimientos de lipopéptidos) con los mismos medios de cultivo, cepas y condiciones de crecimiento para determinar la capacidad fungicida de los biosurfactantes generados en los cultivos locales.

Fomentar la investigación para identificar cepas nativas de *B. subtilis* capaces de mejorar los rendimientos en la producción de lipopéptidos.

## 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Abdel, A., Aboulwafa, M., & Hassouna, N. (2008). Characterization of Surfactin Produced by *Bacillus subtilis* Isolate BS5. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 150(3), 289–303. <https://doi.org/10.1007/s12010-008-8153-z>
- [2] Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2022). DDT: A Brief History and Status. Obtenido de: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/ddt-brief-history-and-status> (Julio, 2022)
- [3] Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (2005). Fact Sheet for Mancozeb. Obtenido de: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPURL.cgi?Dockey=P100BIF9.txt>. (Julio, 2022)
- [4] Agrocalidad. (2022). Reporte de insumos agrícolas. Obtenido de <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/Lista-de-plaguicidas-y-productos-afines-registrados-actualizado-01-octubre-2020.xls>. (Julio, 2022)
- [5] Akpa, E., Jacques, P., Wathelet, B., Paquot, M., Fuchs, R., Budzikiewicz, H., & Thonart, P. (2001). Influence of Culture Conditions on Lipopeptide Production by *Bacillus subtilis*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 91-93(1–9), 551–562. <https://doi.org/10.1385/abab:91–93:1-9:551>

- [6] Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7>
- [7] Albert, L., y Benítez, J. (2005). *Golfo de México, contaminación e impacto ambiental: Diagnóstico y tendencias* (3er ed.). Mérida, México: Cinvestav.
- [8] Arthurs, S., & Dara, S. (2019). Microbial biopesticides for invertebrate pests and their markets in the United States. *Journal of Invertebrate Pathology*, 165, 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2018.01.008>
- [9] Asociación de Comercialización y Exportación de Banano (ACORBANEC). (2022). Análisis de las exportaciones de banano del Ecuador de enero a mayo del 2022. Obtenido de <http://www.acorbanec.com/wp-content/uploads/2022/03/EVOLUCION-DE-EXPORTACIONES-ECUATORIANAS-DE-BANANO-A-ENERO-DEL-2022.pdf>. (Julio, 2022)
- [10] Banco Central del Ecuador (BCE). (2022). *Información estadística mensual: Exportaciones FOB por producto principal* (Nro. 2.041). Gobierno de Ecuador.
- [11] Bautista, E., Mesa, L., & Gómez, M. (2018). Alternatives for the production of microbial biopesticides based on fungi: the case of Latin America and the Caribbean. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 585–604. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.15>
- [12] Blair, A., Ritz, B., Wesseling, C., & Beane Freeman, L. (2014). Pesticides and human health. *Occupational and Environmental Medicine*, 72(2), 81–82. <https://doi.org/10.1136/oemed-2014-102454>
- [13] Bonmatin, J., Laprevote, O., & Peypoux, F. (2003). Diversity Among Microbial Cyclic Lipopeptides: Iturins and Surfactins. Activity-Structure Relationships to Design New Bioactive Agents. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 6(6), 541–556. <https://doi.org/10.2174/138620703106298716>
- [14] Bode, H. (2009). Entomopathogenic bacteria as a source of secondary metabolites. *Current Opinion in Chemical Biology*, 13(2), 224–230. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2009.02.037>
- [15] Camacho, J., Nava, E., García, C., & Vázquez, E. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximhai*, 8(3b), 17-29. Obtenido de la base de datos del Sistema de Información Científica Redalyc
- [16] Carrillo, C., Teruel, J., Aranda, F., & Ortiz, A. (2003). Molecular mechanism of membrane permeabilization by the peptide antibiotic surfactin. *Biochimica et*

- Biophysica Acta (BBA) - Biomembranes*, 1611(1–2), 91–97.  
[https://doi.org/10.1016/s0005-2736\(03\)00029-4](https://doi.org/10.1016/s0005-2736(03)00029-4)
- [17] Castrejón, M., Sánchez, E., y Ortiz, M. (2014). *Los plaguicidas en México: Aspectos generales, toxicológicos y ambientales* (1er ed.). Cuernavaca, México: UAEM.
- [18] Chaput, P., y Guharay, F. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas* (1er ed.). Managua, Nicaragua: Catie.
- [19] Churchill, A. (2010). *Mycosphaerella fijiensis*, the black leaf streak pathogen of banana: progress towards understanding pathogen biology and detection, disease development, and the challenges of control. *Molecular Plant Pathology*, 12(4), 307–328. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00672.x>
- [20] Coutte, F., Lecouturier, D., Dimitrov, K., Guez, J., Delvigne, F., Dhulster, P., & Jacques, P. (2017). Microbial lipopeptide production and purification bioprocesses, current progress and future challenges. *Biotechnology Journal*, 12(7), 1600566. <https://doi.org/10.1002/biot.201600566>
- [21] DeBach, P. (1964). *Biological control of insect pests and weeds*. Londres: Chapman and Hall.
- [22] Escobar, L., Guzmán, M., Sandoval, A., & Gómez-Lim, M. A. (2015). Comparative analysis of the in vitro and in planta secretomes from *Mycosphaerella fijiensis* isolates. *Fungal Biology*, 119(6), 447–470. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2015.01.002>
- [23] Fenibo, E., Ijoma, G., & Matambo, T. (2021). Biopesticides in Sustainable Agriculture: A Critical Sustainable Development Driver Governed by Green Chemistry Principles. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.619058>
- [24] Franze, J., & Ciroth, A. (2011). A comparison of cut roses from Ecuador and the Netherlands. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 16(4), 366–379. <https://doi.org/10.1007/s11367-011-0266-x>
- [25] Gong, M., Wang, J., Zhang, J., Yang, H., Lu, X., Pei, Y., & Cheng, J. (2006). Study of the Antifungal Ability of *Bacillus subtilis* Strain PY-1 in Vitro and Identification of its Antifungal Substance (Iturin A). *Acta Biochimica et Biophysica Sinica*, 38(4), 233–240. <https://doi.org/10.1111/j.1745-7270.2006.00157.x>
- [26] Guez, J., Vassaux, A., Larroche, C., Jacques, P., & Coutte, F. (2021). New Continuous Process for the Production of Lipopeptide Biosurfactants in Foam

- Overflowing Bioreactor. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.678469>
- [27] Gutiérrez, J., Mosquera, S., González, L., Mira, J., & Villegas, V. (2015). Effective control of black Sigatoka disease using a microbial fungicide based on *Bacillus subtilis* EA-CB0015 culture. *Biological Control*, 87, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.04.012>
- [28] Guzmán, M. (2012). Control biológico y cultural de la sigatoka negra. 45 ° Congreso Brasileño de Fitopatología. <https://doi.org/10.13140/2.1.2927.7442>
- [29] Hashem, A., Tabassum, B., & Fathi, E. (2019). *Bacillus subtilis*: A plant-growth promoting rhizobacterium that also impacts biotic stress. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1291–1297. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.05.004>
- [30] Iriarte, A., Almeida, M., & Villalobos, P. (2014). Carbon footprint of premium quality export bananas: Case study in Ecuador, the world's largest exporter. *Science of The Total Environment*, 472, 1082–1088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.072>
- [31] Jacques, P., Hbid, C., Destain, J., Razafindralambo, H., Paquot, M., de Pauw, E., & Thonart, P. (1999). Optimization of Biosurfactant Lipopeptide Production from *Bacillus subtilis* S499 by Plackett-Burman Design. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 77(1–3), 223–234. <https://doi.org/10.1385/abab:77:1–3:223>
- [32] Jourdan, E., Henry, G., Duby, F., Dommès, J., Barthélemy, J. P., Thonart, P., & Ongena, M. (2009). Insights into the Defense-Related Events Occurring in Plant Cells Following Perception of Surfactin-Type Lipopeptide from *Bacillus subtilis*. *Molecular Plant-Microbe Interactions®*, 22(4), 456–468. <https://doi.org/10.1094/mpmi-22-4-0456>
- [33] Latoud, C., Peypoux, F., & Michel, G. (1987). Action of iturin A, an antifungal antibiotic from *Bacillus subtilis*, on the yeast *Saccharomyces cerevisiae*: Modifications of membrane permeability and lipid composition. *The Journal of Antibiotics*, 40(11), 1588–1595. <https://doi.org/10.7164/antibiotics.40.1588>
- [34] Lengai, G., & Muthomi, J. (2018). Biopesticides and Their Role in Sustainable Agricultural Production. *Journal of Biosciences and Medicines*, 06(06), 7–41. <https://doi.org/10.4236/jbm.2018.66002>
- [35] Liu, J., Yang, J., Yang, S., Ye, R., & Mu, B. (2012). Effects of Different Amino Acids in Culture Media on Surfactin Variants Produced by *Bacillus subtilis* TD7. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 166(8), 2091–2100. <https://doi.org/10.1007/s12010-012-9636-5>

- [36] Lohmann, R., Breivik, K., Dachs, J., & Muir, D. (2007). Global fate of POPs: Current and future research directions. *Environmental Pollution*, 150(1), 150–165. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.051>
- [37] Maget-Dana, R., & Peypoux, F. (1994). Iturins, a special class of pore-forming lipopeptides: biological and physicochemical properties. *Toxicology*, 87(1–3), 151–174. [https://doi.org/10.1016/0300-483x\(94\)90159-7](https://doi.org/10.1016/0300-483x(94)90159-7)
- [38] Marrone, P. (2002). An effective biofungicide with novel modes of action. *Pesticide Outlook*, 13(5), 193–194. <https://doi.org/10.1039/b209431m>
- [39] Martínez, A., & Huerta, K. (2018). La revolución verde. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, 4(8), 1040–1052. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i8.6717>
- [40] Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2020). Informe del comportamiento de los insumos agrícolas durante el año 2020. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/comportamiento-insumos/comportamiento-2020>. (Julio, 2022)
- [41] Mohammadipour, M., Mousivand, M., Salehi Jouzani, G., & Abbasalizadeh, S. (2009). Molecular and biochemical characterization of Iranian surfactin-producing *Bacillus subtilis* isolates and evaluation of their biocontrol potential against *Aspergillus flavus* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Canadian Journal of Microbiology*, 55(4), 395–404. <https://doi.org/10.1139/w08-141>
- [42] Muñoz, M., Faust, J. E., & Schnabel, G. (2019). Characterization of *Botrytis cinerea* From Commercial Cut Flower Roses. *Plant Disease*, 103(7), 1577–1583. <https://doi.org/10.1094/pdis-09-18-1623-re>
- [43] Naranjo, A. (2017). *La otra guerra: Situación de los plaguicidas en Ecuador*. Quito, Ecuador: Agencia Ecologista de Información Tegantai.
- [44] Ongena, M., & Jacques, P. (2008). Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology*, 16(3), 115–125. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2007.12.009>
- [45] Organización Mundial del Comercio (OMC). (2020). Modificación de los LMR de la Unión Europea para los productos fitosanitarios mancozeb - preocupación comercial específica de Colombia y Ecuador. Obtenido de <https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=s:/G/SPS/GEN1808.pdf&Open=True> (Julio, 2022)
- [46] Opende, K. (2011). Microbial biopesticides: opportunities and challenges. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 6(056). <https://doi.org/10.1079/pavsnr20116056>

- [47] Paredes, D., Campos, M., & Cayuela, L. (2013). El control biológico de plagas de artrópodos por conservación: técnicas y estado del arte. *Ecosistemas*, 22(1), 56-61. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2013.22-1.10>
- [48] Pedraza, L., López, C., & Uribe, D. (2020). Mecanismos de acción de *Bacillus spp.* contra microorganismos fitopatógenos durante su interacción con plantas. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 112–125. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.75045>
- [49] Peypoux, F., Bonmatin, J., & Wallach, J. (1999). Recent trends in the biochemistry of surfactin. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 51(5), 553–563. <https://doi.org/10.1007/s002530051432>
- [50] Poole, C. (2003). New trends in solid-phase extraction. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(6), 362–373. [https://doi.org/10.1016/s0165-9936\(03\)00605-8](https://doi.org/10.1016/s0165-9936(03)00605-8)
- [51] Sanahuja, G., Banakar, R., Twyman, R., Capell, T., & Christou, P. (2011). *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. *Plant Biotechnology Journal*, 9(3), 283–300. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7652.2011.00595.x>
- [52] Sen, R., & Swaminathan, T. (2005). Characterization of concentration and purification parameters and operating conditions for the small-scale recovery of surfactin. *Process Biochemistry*, 40(9), 2953–2958. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.01.014>
- [53] Sistema de Información Pública Agropecuaria (SIPA). (2021). Boletines situacionales cultivos de exportación durante el año 2021. Obtenido de <http://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/situacionales-agricolas/situacional>. (Julio, 2022)
- [54] Sun, D., Liao, J., Sun, L., Wang, Y., Liu, Y., Deng, Q., Zhang, N., Xu, D., Fang, Z., Wang, W., & Gooneratne, R. (2019). Effect of media and fermentation conditions on surfactin and iturin homologues produced by *Bacillus natto* NT-6: LC–MS analysis. *AMB Express*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-019-0845-y>
- [55] Théâtre, A., Cano, C., Bartolini, M., Laurin, Y., Deleu, M., Niehren, J., Fida, T., Gerbinet, S., Alanjary, M., Medema, M., Léonard, A., Lins, L., Arabolaza, A., Gramajo, H., Gross, H., & Jacques, P. (2021). The Surfactin-Like Lipopeptides From *Bacillus spp.*: Natural Biodiversity and Synthetic Biology for a Broader Application Range. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.623701>



- [56] Vanittanakom, N., Loeffler, W., Koch, U., & Jung, G. (1986). Fengycin - A novel antifungal lipopeptide antibiotic produced by *Bacillus subtilis* F-29-3. *The Journal of Antibiotics*, 39(7), 888–901. <https://doi.org/10.7164/antibiotics.39.888>
- [57] Vassaux, A., Rannou, M., Peers, S., Daboudet, T., Jacques, P., & Coutte, F. (2021). Impact of the Purification Process on the Spray-Drying Performances of the Three Families of Lipopeptide Biosurfactant Produced by *Bacillus subtilis*. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.815337>
- [58] Villarreal, F., Villa, D., Cira, A., Estrada, I., Parra, I., & de Los Santos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología, Mexican Journal of Phytopathology*, 36(1). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>
- [59] Wang, H., Shi, Y., Wang, D., Yao, Z., Wang, Y., Liu, J., Zhang, S., & Wang, A. (2018). A Biocontrol Strain of *Bacillus subtilis* WXCDD105 Used to Control Tomato *Botrytis cinerea* and *Cladosporium fulvum* Cooke and Promote the Growth of Seedlings. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(5), 1371. <https://doi.org/10.3390/ijms19051371>
- [60] Wei, Y., Wang, L., Chen, W., & Chen, S. (2010). Production and Characterization of Fengycin by Indigenous *Bacillus subtilis* F29-3 Originating from a Potato Farm. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(11), 4526–4538. <https://doi.org/10.3390/ijms11114526>
- [61] Willenbacher, J., Yeremchuk, W., Mohr, T., Sylđatk, C., & Hausmann, R. (2015). Enhancement of Surfactin yield by improving the medium composition and fermentation process. *AMB Express*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-015-0145-0>
- [62] Willenbacher, J., Zwick, M., Mohr, T., Schmid, F., Sylđatk, C., & Hausmann, R. (2014). Evaluation of different *Bacillus* strains in respect of their ability to produce Surfactin in a model fermentation process with integrated foam fractionation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(23), 9623–9632. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6010-2>
- [63] Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P., & Kan, J. (2007). *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology*, 8(5), 561–580. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2007.00417.x>

- [64] Wong, M., Leung, A., Chan, J., & Choi, M. (2005). A review on the usage of POP pesticides in China, with emphasis on DDT loadings in human milk. *Chemosphere*, 60(6), 740–752. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.04.028>
- [65] Yu, X., Ai, C., Xin, L., & Zhou, G. (2011). The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis* CAS15, has a biocontrol effect on Fusarium wilt and promotes the growth of pepper. *European Journal of Soil Biology*, 47(2), 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2010.11.001>
- [66] Yue, H., Zhong, J., Li, Z., Zhou, J., Yang, J., Wei, H., Shu, D., Luo, D., & Tan, H. (2021). Optimization of iturin A production from *Bacillus subtilis* ZK-H2 in submerge fermentation by response surface methodology. *3 Biotech*, 11(2). <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02540-7>
- [67] Zhao, H., Shao, D., Jiang, C., Shi, J., Li, Q., Huang, Q., Rajoka, M., Yang, H., & Jin, M. (2017). Biological activity of lipopeptides from *Bacillus*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(15), 5951–5960. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8396-0>

## 5 ANEXOS

ANEXO I. Principios activos de fungicidas químicos vigentes en Ecuador, hongos que controlan y cultivos a los que se destinan

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
Mancozeb	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Mycosphaerella pomi</i>	Pera
		Capulí
		Cereza
		Ciruela
		Reina claudia
		Durazno
		Frambuesa negra y roja
		Fresa
		Manzana
		Mora
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<i>Phytophthora spp.</i>	Piña
		Tomate riñón
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla roja
		Cebolla perla
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Ajo
		Ají
		Tomate de árbol
		Berenjena
		Pepino dulce
		Ovo
	<i>Colletotrichum spp.</i>	Mango
		Pitahaya
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Tuna
		Fréjol
		lenteja
		Haba
		Garbanzo
		Chocho
		Caupi
		Arveja
<i>Alternaria solani</i>	Tomate de árbol	
	Tomate riñón	
	Cebolla bulbo	
<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz	
<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli	
<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz	
	Pimiento	
	Cebada	
	Trigo	
	Avena	
<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla roja	
	Cebolla bulbo	
	Ajo	
	Cebolla perla	
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Melón	
	Pepinillo	
	Sandía	
	Zucchini	
	Zapallo	
	Sambo	
<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
<i>Plasmopara viticola</i>	Uva	
<i>Botrytis allii</i>	Cebolla perla	

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
		Ajo
		Cebolla bulbo
	<i>Cercospora capsici</i>	Pepino dulce
		Berenjena
		Ají
		Tomate de árbol
		Naranjilla
		Pimiento
	<i>Cercospora musae</i>	Plátano
	<i>Glomerella cingulata</i>	Frambuesa negra y roja
		Pera
		Capulí
		Cereza
		Ciruela
		Reina claudia
		Durazno
		Fresa
		Mora
		Manzana
		Ovo
		Mango
	<i>Helminthosporium sativum</i>	Trigo
		Cebada
		Avena
	<i>Helminthosporium teres</i>	Trigo
		Avena
		Cebada
	<i>Phytophthora phaseoli</i>	Haba
		Lenteja
		Chocho
		Garbanzo
		Caupi
		Fréjol
		Arveja
	<i>Rhynchosporium secalis</i>	Cebada
		Avena
		Trigo
	<i>Venturia inaequalis</i>	Mora
		Fresa
Manzana		
Frambuesa negra y roja		
Durazno		
Reina claudia		
Ciruela		
Cereza		
Pera		
Capulí		
<i>Bremia lactucae</i>	Lechuga	
<i>Cercospora coffeicola</i>	Café	
<i>Cladosporium cucumerinum</i>	Pepinillo	
	Zapallo	
	Zucchini	
	Sandía	
	Sambo	
	Melón	
<i>Colletotrichum lagenarium</i>	Zapallo	
	Melón	
	Sambo	
	Sandía	
	Zucchini	
<i>Gloeosporium piperatum</i>	Pepinillo	
	Berenjena	

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
		Naranja
		Pepino dulce
		Pimiento
		Tomate de árbol
		Uvilla
	<i>Phoma citricarpa</i>	Ají
		Lima
		Mandarina
		Toronja
		Limón
	<i>Physalospora mitila</i>	Naranja
		Pera
		Cereza
		Ciruela
		Reina claudia
		Durazno
		Manzana
		Frambuesa negra y roja
		Fresa
		Mora
	Capulí	
	<i>Physalospora obtusa</i>	Reina claudia
		Frambuesa negra y roja
		Fresa
		Mora
		Ciruela
		Durazno
Manzana		
Pera		
Capulí		
Cereza		
<b>Clorotalonil</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
		Papa
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		Papa
	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Papaya
		Mango
		Plátano
		Naranja
	<i>Moniliophthora roreri</i>	Tomate de árbol
	<i>Botrytis cinerea</i>	Cacao
	<i>Alternaria porri</i>	Rosa
	<i>Cladosporium echinulatum</i>	Cebolla roja
	<i>Peronospora sparsa</i>	Clavel
	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Rosa
<i>Rhizoctonia spp.</i>	Sandía	
<i>Peronospora parasitica</i>	Arroz	
<i>Uromyces phaseoli</i>	Brócoli	
<i>Helminthosporium oryzae</i>	Fréjol	
<i>Phytophthora spp.</i>	Arroz	
<b>Hidroxiquinolina sulfato</b>	<i>Pyricularia oryzae</i>	Cacao
<b>Azoxistrobina</b>		Arroz
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate de árbol
		Tomate riñón
	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
Tomate riñón		
Uva		
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Verticillium theobromae</i>	Banano
		Pitahaya
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Mango
		Tomate de árbol
	<i>Colletotrichum spp.</i>	Banano
		Mango
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<i>Phytophthora spp.</i>	Piña
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
	<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Sandía
	<i>Colletotrichum musae</i>	Banano
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
	<i>Cladosporium spp.</i>	Banano
	<i>Fusarium spp.</i>	Banano
	<i>Uromyces appendiculatus</i>	Fréjol
	<i>Erysiphe spp.</i>	Zapallo
		Sandía
		Melón
		Pepinillo
		Zucchini
	<i>Phoma spp.</i>	Brócoli
	<i>Plasmodiophora brassicae</i>	Brócoli
	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Melón
Sandía		
<i>Stemphylium vesicarium</i>	Cebolla	
<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao	
<b>Bitertanol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Mixtura bordelesa</b>	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<i>Peronospora parasitica</i>	Brócoli
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Boscalid</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
	<i>Alternaria solani</i>	Papa
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Tomate riñón
<b>Bupirimato</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
		Melón
		Tomate riñón
		Gypsophila
<b>Captan</b>	<i>Alternaria solani</i>	Tomate de árbol
		Tomate riñón
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Gypsophila
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Pitahaya
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Fréjol
<i>Fusarium spp.</i>	Sandía	
<b>Óxido de cobre</b>	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Oxicloruro de cobre</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		Tomate riñón
<b>Sulfato de cobre pentahidratado</b>	<i>Curvularia lunata</i>	Maíz
	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Pyricularia spp.</i>	Arroz
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<i>Stemphylium vesicarium</i>	Espárrago
	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Brócoli
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Mango
		Aguacate
	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<i>Oidium spp.</i>	Rosa	
<b>Ciazofamida</b>	<i>Peronospora farinosa</i>	Quinoa
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		Tomate riñón
	<i>Plasmiodiophora brassicae</i>	Brócoli
<i>Pseusperonospora cubensis</i>	Melón	
<b>Ciproconazol</b>	<i>Cercospora coffeicola</i>	Café
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Cercospora spp.</i>	Fréjol
	<i>Puccinia graminis</i>	Trigo
	<i>Puccinia striiformis</i>	Trigo
		Cebada
<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
<b>Ciprodinil</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Dazomet</b>	<i>Fusarium spp.</i>	Rosa
<b>Trihidróxido de cloruro de dicobre</b>	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
<b>Dietofencarb</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Difenoconazol</b>	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		Tomate de árbol
		Papa
		Pimiento
	<i>Alternaria spp.</i>	Ajo
		Cebolla perla
		Cebolla bulbo
	<i>Alternaria alternata</i>	Arveja
	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
		Col
	<i>Alternaria cucumerina</i>	Pepinillo
		Sandía
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla bulbo
	<i>Ascochyta pisi</i>	Arveja
	<i>Botrytis cinerea</i>	Pimiento
		Rosa
	<i>Cercospora asparagi</i>	Espárrago
	<i>Cercospora spp.</i>	Pimiento
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Mango
		Tomate de árbol
Maracuyá		
Pitahaya		
<i>Colletotrichum spp.</i>	Sandía	
	Pimiento	
	Fréjol	
<i>Cladosporium echinulatum</i>	Clavel	
<i>Erysiphe necator</i>	Uva	
	Arveja	
<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao	
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
<i>Oidium spp.</i>	Rosa	

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
		Tomate riñón
		Sandía
		Pepinillo
	<i>Uromyces phaseoli</i>	Fréjol
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
	<i>Phoma exigua</i>	Fréjol
	<i>Uncinula necator</i>	Uva
	<i>Septoria apii</i>	Apio
<b>Dimetomorf</b>	<i>Stemphylium vesicarium</i>	Espárrago
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
	<i>Phytophthora spp.</i>	Papa
	<i>Peronospora sparsa</i>	Piña
	<i>Peronospora spp.</i>	Rosa
	<i>Pseusperonospora cubensis</i>	Cebolla
	<i>Alternaria solani</i>	Melón
<b>Acetato de dodemorf</b>	<i>Phytophthora parasitica</i>	Tomate riñón
	<i>Oidium spp.</i>	Piña
<b>Dodina</b>		Rosa
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Tomate riñón
<b>Epoconazol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
<b>Etaboxam</b>	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
	<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla perla
		Cebolla bulbo
		Cebollín
		Ajo
<b>Etridiazol</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Fenbuconazol</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
<b>Fenhexamida</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
<b>Fenpicoxamid</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Fenpropidin</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<b>Fenpropimorf</b>	<i>Sarocladium spp.</i>	Arroz
<b>Hidróxido de fentin</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	<i>Plasmodiophora brassicae</i>	Tomate riñón
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Brócoli
<b>Fluazinam</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Papa
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		Tomate riñón
		Brócoli
		Brócoli
<b>Fludioxonil</b>	<i>Fusarium spp.</i>	Fréjol
		Fréjol
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Papa
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Fréjol



Principio activo	Hongo que controla	Cultivos	
		Arroz	
	<i>Penicillium spp.</i>	Piña	
	<i>Penicillium funiculosum</i>	Piña	
	<i>Botrytis cinerea</i>		Tomate riñón
			Rosa
		Brócoli	
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Mango	
<i>Spongospora subterranea</i>	Papa		
<b>Fluoxastrobin</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli	
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa	
		Melón	
	<i>Puccinia pittieriana</i>	Papa	
<b>Flutriafol</b>	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz	
	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz	
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café	
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa	
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya	
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón	
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa	
<b>Fluxapiroxad</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
		Papa	
<b>Folpet</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón	
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón	
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa	
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
		Rosa	
<b>Fosetil aluminio</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Brócoli	
	<i>Peronospora parasitica</i>	Brócoli	
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón	
		Papa	
	<i>Phytophthora palmivora</i>	Papaya	
		Cacao	
	<i>Phytophthora parasitica</i>	Piña	
	<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla	
	Rosa		
<b>Furalaxyl- m</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
<b>Hexaconazol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa	
		Rosa	
<b>Peróxido de hidrógeno</b>	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao	
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
	<i>Colletotrichum musae</i>	Banano	
<b>Himexazol</b>	<i>Fusarium oxysporum</i>	Tomate riñón	
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Papa	
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz	
		Arroz	
<b>Imazalil</b>	<i>Fusarium moniliforme</i>	Banano	
	<i>Verticillium theobromae</i>	Banano	
	<i>Colletotrichum musae</i>	Banano	
	<i>Fusarium spp.</i>	Banano	
<b>Sulfato de mazalil</b>	<i>Colletotrichum musae</i>	Banano	
<b>Iminoctadina tris (albesilato)</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa	
		Tomate riñón	
	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz	
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla	
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón	
<b>Iprodiona</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa	
		Rosa	
	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate de árbol	
		Tomate riñón	
	<i>Helminthosporium spp.</i>	Arroz	
	<i>Cercospora spp.</i>	Maíz	
	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli	

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Papa
		Arroz
<b>Isofetamid</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Isoprotiolano</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Isopirazam</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Gaeumannomyces spp.</i>	Arroz
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Nigrospora spp.</i>	Arroz
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<i>Sarocladium spp.</i>	Arroz
<b>Isotianil</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Kresoxim-metil</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
		Uva
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Mandipropamida</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		Cebolla roja
		Brócoli
		Sandía
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
		Papa
<b>Mefentrifluconazol</b>	<i>Curvularia spp.</i>	Arroz
	<i>Helminthosporium spp.</i>	Arroz
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Mepanipirim</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Meptildinocap</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<b>Metalaxil</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
	<i>Phytophthora nicotianae</i>	Piña
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Peronospora destructor</i>	Ajo
		Cebolla bulbo
	<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Melón
<b>Metconazol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Metiram</b>	<i>Isariopsis griseola</i>	Fréjol
	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
		Papa
		Tomate de árbol
<b>Metominostrobin</b>	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Aguacate
		Tomate de árbol
		Papaya
		Plátano
		Mango
		Naranjilla
	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz	
<b>Metrafenona</b>	<i>Erysiphe polygoni</i>	Fréjol
	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
		Rosa
<i>Uncinula necator</i>	Uva	
<b>Fosfito monopotásico</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Miclobutanil</b>	<i>Colletotrichum musae</i>	Banano
	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Fréjol
		Arveja
		Caupi
		Chocho
		Garbanzo
		Haba

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Oidium spp.</i>	Lenteja
		Rosa
		Tomate riñón
		Uva
	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Moniliophthora roleri</i>	Cacao
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla
	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Zapallo
		Sambo
		Sandía
		Zucchini
		Pepinillo
	<i>Fusarium spp.</i>	Melón
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Banano
	<i>Podosphaera leucotricha</i>	Soya
		Fresa
		Manzana
		Pera
		Capulí
		Cereza
		Ciruela
		Reina claudia
Durazno		
Frambuesa negra y roja		
<i>Sarocladium oryzae</i>	Mora	
<i>Venturia inaequalis</i>	Arroz	
	Reina claudia	
	Pera	
	Fresa	
	Mora	
	Manzana	
<i>Verticillium spp.</i>	Capulí	
<i>Fusarium spp.</i>	Durazno	
<b>Natamicina</b>	<i>Fusarium spp.</i>	Banano
	<i>Fusarium spp.</i>	Banano
<b>Penconazol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
	<i>Leveillula spp.</i>	Tomate de árbol
	<i>Cercospora spp.</i>	Fréjol
	<i>Erysiphe cichoracearum</i>	Sandía
		Zapallo
		Pepinillo
	<i>Erysiphe polygoni</i>	Melón
	<i>Leveillula taurica</i>	Vainita
	<i>Podosphaera leucotricha</i>	Arveja
<i>Sphaerotheca pannosa</i>	Pimiento	
<i>Uncinula necator</i>	Manzana	
<b>Pentacloronitrobenceno</b>	<i>Fusarium spp.</i>	Pera
	<i>Fusarium spp.</i>	Durazno
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Uva
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Kiwano
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Melón
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Sandía
<b>Picoxistrobina</b>	<i>Alternaria porri</i>	Sambo
	<i>Pyricularia oryzae</i>	Tomate riñón
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Fréjol
<b>Polisulfuro de calcio</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Papa
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Cebolla perla
		Arroz
		Arroz
		Banano

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<b>Polyoxin B</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Tomate riñón
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate de árbol
	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate de árbol
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Polyoxin AL</b>	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
<b>Procloraz</b>	<i>Alternaria spp.</i>	Tomate de árbol
		Papaya
		Aguacate
		Mango
		Plátano
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla perla
	<i>Cladosporium spp.</i>	Papaya
		Tomate de árbol
		Plátano
		Mango
		Aguacate
	<i>Colletotrichum spp.</i>	Plátano
		Papaya
		Aguacate
		Mango
		Tomate de árbol
	<i>Fusarium spp.</i>	Plátano
		Papaya
		Aguacate
		Mango
		Tomate de árbol
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Naranja
		Aguacate
		Mango
		Plátano
		Tomate de árbol
		Zapote
		Papaya
		Rosa
Piña		
Rosa		
Cebolla		
<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz	
<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
<i>Ascochyta spp.</i>	Fréjol	
	Lenteja	
	Caupi	
	Haba	
	Garbanzo	
	Chocho	
	Gandul	
	Arveja	
	Soya	
	Piña	
<i>Thielaviopsis paradoxa</i>	Piña	
<b>Procimidona</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Propamocarb</b>	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Propamocarb clorhidrato</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Propiconazol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Penicillium spp.</i>	Piña

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
		Banano
	<i>Uromyces phaseoli</i>	Fréjol
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
	<i>Erysiphe spp.</i>	Cebada
	<i>Puccinia spp.</i>	Cebada
	<i>Pyrenophora teres</i>	Cebada
	<i>Septoria spp.</i>	Cebada
	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
	<b>Propineb</b>	<i>Phytophthora infestans</i>
Tomate de árbol		
Papa		
Uvilla		
Pepino		
Pimiento		
Naranja		
Berenjena		
Ají		
<i>Peronospora sparsa</i>		Fresa
		Mora
		Pera
		Manzana
		Cereza
		Ciruela
		Durazno
		Frambuesa
<i>Plasmopara viticola</i>		Uva
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>		Sandía
<i>Alternaria porri</i>		Cebollín
		Ajo
		Cebolla bulbo
		Cebolla perla
<i>Botrytis allii</i>		Cebollín
		Cebolla bulbo
		Cebolla perla
<i>Botrytis cinerea</i>		Ajo
<i>Oidium spp.</i>	Uva	
	Ajo	
	Cebollín	
	Cebolla bulbo	
<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla perla	
	Cebolla bulbo	
	Cebolla perla	
	Ajo	
	Cebollín	
<b>Piraclostrobina</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz
	<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<i>Pythium spp.</i>	Caña de azúcar
	<i>Puccinia sorghi</i>	Maíz
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Papa
	<i>Alternaria spp.</i>	Cebolla
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Fréjol	
<b>Pirimetanil</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Tomate riñón
		Uva
<b>Piriofenona</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<b>Sedaxane</b>	<i>Gaeumannomyces spp.</i>	Arroz
	<i>Helminthosporium spp.</i>	Arroz
	<i>Nigrospora spp.</i>	Maíz
		Arroz
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
<b>Spiroxamina</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Uncinula necator</i>	Uva
<b>Tebuconazol</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Tomate riñón
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano y plátano
	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
	<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Banano
		Soya
	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
	<i>Pyricularia oryzae</i>	Rosa
	<i>Phytophthora infestans</i>	Arroz
	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Papa
		Mango
		Tomate de árbol
		Aguacate
		Papaya
		Naranja
	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
<i>Curvularia lunata</i>	Maíz	
<i>Uncinula necator</i>	Uva	
<i>Isariopsis griseola</i>	Fréjol	
<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz	
<b>Tetraconazol</b>	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<b>Tiabendazol</b>	<i>Colletotrichum musae</i>	Banano
	<i>Colletotrichum spp.</i>	Banano
	<i>Cladosporium spp.</i>	Banano
	<i>Aspergillus spp.</i>	Banano
	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Mango
	<i>Fusarium spp.</i>	Banano
	<i>Gloeosporium musarum</i>	Banano
	<i>Penicillium spp.</i>	Banano
	<i>Verticillium theobromae</i>	Banano
	<i>Verticillium spp.</i>	Banano
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Papa
	<i>Pyricularia spp.</i>	Arroz
<i>Botrytis spp.</i>	Rosa	
<b>Thifluzamide</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
		Papa
<b>Metil tiofanato</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		Tomate de árbol
		Tomate riñón
	<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Tomate de árbol
<b>Tiram</b>	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Arroz
	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Fréjol

Principio activo	Hongo que controla	Cultivos
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla de rama
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		Tomate riñón
<b>Trans-cinnamaldehído</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Triadimefon</b>	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
	<i>Penicillium spp.</i>	Piña
<b>Triadimenol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
<b>Sulfato de cobre tribásico</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
<b>Tridemorf</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Trifloxistrobina</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Uncinula necator</i>	Uva
		Rosa
<b>Triflumizol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Tomate de árbol
		Uva
		Arroz
	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
<b>Triforine</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<i>Puccinia spp.</i>	Crisantemo
	<i>Taphrina deformans</i>	Durazno
	<i>Tranzschelia discolor</i>	Durazno
	<i>Uromyces caryophyllinus</i>	Clavel
	<i>Venturia inaequalis</i>	Manzana

Principio activo	Combinación	Hogos que controlan	Cultivos
<b>Ametoctradin</b>	<b>Metiram</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<b>Dimetomorf</b>	<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Azoxistrobina</b>	<b>Propiconazol</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<b>Tebuconazol</b>	<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
			Tomate de árbol
		<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Aguacate
			Mango
		<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Fréjol
		<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
		<i>Helminthosporium turcicum</i>	Maíz
		<i>Monilophthora roreri</i>	Cacao
		<i>Oidium sp.</i>	Rosa
		<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
	<b>Flutriafol</b>	<i>Rhizoctonia sp.</i>	Papa
			Arroz
		<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
		<i>Helminthosporium maydis</i>	Arroz
	<i>Helminthosporium turcicum</i>	Maíz	
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	

		<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
		<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Oidium sp.</i>	Rosa
		<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
	<b>Tridemorf</b>	<i>Oidium sp.</i>	Rosa
			Tomate riñón
		<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Phytophthora sp.</i>	Piña
		<i>Puccinia pittieriana</i>	Papa
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
			Papa
	<b>Difenoconazol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
		<i>Oidium sp.</i>	Rosa
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Rhizoctonia sp.</i>	Arroz
			Papa
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
		<i>Alternaria solani</i>	Tomate de árbol
			Tomate riñón
		<i>Pyricularia sp.</i>	Arroz
		<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
		<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
		<i>Alternaria porri</i>	Cebolla
		<i>Alternaria longipes</i>	Tabaco
		<i>Botrytis cinerea</i>	Uva
		<i>Cladosporium echinulatum</i>	Clavel
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Tomate de árbol
		<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Fréjol
		<i>Isariopsis griseola</i>	Fréjol
		<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
		<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
	<i>Uncinula necator</i>	Uva	
	<i>Ascochita pisi</i>	Arveja	
	<i>Curvularia spp.</i>	Arroz	
	<b>Difenoconazol + thiamethoxam</b>	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
	<b>Dimetomorf</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<b>Isopirazam</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<b>Fludioxonil</b>	<i>Cladosporium spp.</i>	Banano
		<i>Colletotrichum spp.</i>	Banano
		<i>Fusarium spp.</i>	Banano
	<b>Miclobutanil</b>	<i>Fusarium spp.</i>	Banano
		<i>Verticillium spp.</i>	Banano
	<b>Metalaxil</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Fusarium spp.</i>	Tomate riñón
		<i>Phytophthora spp.</i>	Pimiento
		<i>Pythium spp.</i>	Pimiento
			Sandía
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Pimiento
		Tomate riñón	
		Sandía	
	<b>Clorotalonil</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
		<i>Oidium sp.</i>	Rosa



	<b>Mancozeb</b>	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		<i>Rhizoctonia sp.</i>	Arroz
	<b>Ciproconazol</b>	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
		<i>Puccinia sorghi</i>	Maíz
	<b>Acetato de dodemorf</b>	<i>Oidium sp.</i>	Rosa
<b>Benalaxil</b>	<b>Mancozeb</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa Tomate de árbol
		<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
	<b>Clorotalonil</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Boscalid</b>	<b>Kresoxim-metil</b>	<i>Alternaria pasiflora</i>	Maracuyá
		<i>Alternaria porri</i>	Cebolla
		<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate de árbol
			Fresa
			Kiwi
		<i>Oidiopsis taurica</i>	Pimiento
		<i>Oidium manguiferae</i>	Mango
		<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	Tomate de árbol		
	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Pepino	
	<i>Uncinula necator</i>	Melón	
	<b>Ciprodinil</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
			Tomate Riñón
<i>Alternaria solani</i>		Tomate Riñón	
<b>Iprodiona</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli	
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa	
<b>Bupirimato</b>	<b>Tebuconazol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
	<b>Penconazol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
			Rosa
<b>Difenoconazol</b>	<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón	
<b>Captan</b>	<b>Carboxina</b>	<i>Phytophthora spp.</i>	Piña
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Maíz
<b>Carboxina</b>	<b>Tiram</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		<i>Alternaria solani</i>	Papa
		<i>Fusarium spp.</i>	Arroz
			Maíz
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Papa
		<i>Rhizoctonia spp.</i>	Maíz
<b>Clorotalonil</b>	<b>Dimetomorf</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
			Tomate riñón
		<i>Peronospora parasitica</i>	Brócoli
			Col
			Coliflor
	Nabo		
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
	<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla	
	<b>Dimetomorf + fosfito de potasio</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
	<b>Difenoconazol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Metalaxil</b>	<i>Peronospora parasitica</i>	Brócoli	
		Coliflor	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
<b>Cobre</b>	<b>Mancozeb</b>	<i>Alternaria alternata</i>	Tomate riñón

		<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
	<b>Azufre</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
<b>Hidróxido de cobre</b>	<b>Cimoxanilo</b>	<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao	
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
<b>Óxido de cobre</b>	<b>Mancozeb</b>	<i>Alternaria solani</i>	Tomate de árbol	
<b>Oxicloruro de cobre</b>	<b>Cimoxanilo + mancozeb</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
		<i>Phytophthora spp.</i>	Cacao	
	<b>Folpet</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
	<b>Metalaxil</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli	
		<i>Colletotrichum spp.</i>	Pitahaya	
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			<i>Phytophthora nicotianae</i>	Tomate riñón
		<b>kasugamicina</b>	<i>leveillula taurica</i>	Tabaco
	<b>Mancozeb</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón	
			Tomate de árbol	
<b>Ciazofamida</b>	<b>Cimoxanilo</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
<b>Cimoxanilo</b>	<b>Mandipropamida</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
	<b>Dimetomorf</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
	<b>Sulfato tetracúprico tricálcico</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
	<b>Famoxadona</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			Tomate riñón	
	<b>Metiram</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
	<b>Clorotalonil</b>	<i>Crinipellis perniciosa</i>	Cacao	
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			Tomate riñón	
				Tomate de árbol
	<b>Propamocarb</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
		<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Melón	
	<b>Propamocarb clorhidrato</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			Tomate riñón	
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
	<b>Propineb</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
		<i>Phytophthora spp.</i>	Piña	
		<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla	
	<b>Mancozeb</b>			Papa
			Tomate riñón	
			Pimiento	
			Uvilla	
			Pepino	
			Tomate de árbol	
			Ají	
		Berenjena		

			Naranja
			Mango
			Aguacate
			Papaya
			Zapote
		<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Melón
		<i>Alternaria spp.</i>	Sandía
		<i>Colletotrichum spp.</i>	Fréjol
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Pitahaya
		<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
		<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao
		<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla roja
			Cebolla perla
		<i>Peronospora sparsa</i>	Mora
			Rosa
		<i>Peronospora viciae</i>	Fréjol
			Soya
			Arveja
			Lenteja
			Caupí
			Haba
			Garbanzo
			Gandul
		<i>Phytophthora parasitica</i>	Chocho
		<i>Bremia lactucae</i>	Piña
			Lechuga
			Stevia
			Alcachofa
		<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
		<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Ciproconazol</b>	<b>Clorotalonil</b>		
	<b>Procloraz</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	<b>Difenoconazol</b>	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
		<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
	<b>Fludioxonil</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
			Brócoli
			Tomate riñón
			Uva
	<b>Fenpropidin</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<b>Pirimetamil</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
	<b>Kresoxim-metil</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	<b>Pydiflumetofen</b>	<i>Alternaria alternata</i>	Pimiento
		<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli
		<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		<i>Alternaria spp.</i>	Cebolla
		<i>Oidium spp.</i>	Pimiento
		<i>Sphaerotheca fulginea</i>	Tomate riñón
			Melón
			Sandía
			Pepino
	<b>Metalaxil</b>	<i>Stemphylium botryosum</i>	Cebolla
		<i>Fusarium moniliforme</i>	Maíz
		<i>Fusarium spp.</i>	Gypsophila
			Cartuchos

			Gardenia	
			Girasol	
			Anturio	
			Clavel	
			Crisantemo	
		Tulipán		
		<i>Rhizoctonia spp.</i>	Tulipán	
			Gypsophila	
			Cartuchos	
			Gardenia	
	Girasol			
	Fludioxonil + tiametoxam	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz	
		Mandipropamida	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
			<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		Propiconazol	<i>Cercospora sojina</i>	Soya
			<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
			<i>Panicum fasciculatum</i>	Maíz
<i>Rhizoctonia solani</i>			Arroz	
<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz			
<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz			
<i>Oidium spp.</i>	Rosa			
Piraclostrobina	<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli		
	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa		
	<i>Curvularia lunata</i>	Maíz		
	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz		
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa		
	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa		
Fluxapiroxad	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa		
	<i>Oidium spp.</i>	Rosa		
Dimetomorf	Folpet	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa	
			Tomate riñón	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			Papa	
	Mancozeb + metalaxil	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón	
			Papa	
	Fluazinam	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			Tomate riñón	
	Mancozeb	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz	
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
			Tomate riñón	
		<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Sandía	
			Melón	
		<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla	
		<i>Phytophthora parasítica</i>	Piña	
		<i>Pseudoperonospora spp.</i>		Pepinillo
	Sambo			
	Sandía			
	Melón			
	Kiwano			
	Zucchini			
Propamocarb clorhidrato	<i>Plasmopara viticola</i>	Zapallo		
	<i>Alternaria solani</i>	Uva		
	<i>Peronospora sparsa</i>	Tomate riñón		
		Rosa		

		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
Epoxiconazol	Kresoxim-methyl	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
		<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
		<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñón
	Fluxapiroxad + piraclostrobrina	<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
	Piraclostrobrina	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Tomate de árbol
		<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
		<i>Oidium spp.</i>	Papa
		<i>Phakopsora pachyrhizi</i>	Soya
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
	Fluxapiroxad	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<i>Rhizoctonia solani</i>		Arroz	
Fenpropimorf	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano	
Famoxadona	Oxatiapirolina	<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa Tomate riñón Tomate de árbol
	Mancozeb	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón Papa
	Fenamidona	Fosetil - aluminio	<i>Peronospora sparsa</i>
Propamocarb clorhidrato		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
Fenaminstrobina	Tebuconazol	<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñón
Fenhexamida	Fludioxonil	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	Tebuconazol	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa Uva
		<i>Uncinula necator</i>	Uva
Fenpropidin	Penconazol	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		<i>Cladosporium echinulatum</i>	Clavel
		<i>Oidium spp.</i>	Rosa
		<i>Puccinia horiana</i>	Crisantemo Pompón
		<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz Maíz
Fipronil	Piraclostrobrina + metil-tiofanato	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		<i>Oidium spp.</i>	Rosa
Fludioxonil	Pydiflumetofen	<i>Fusarium moniliforme</i>	Maíz
		<i>Fusarium spp.</i>	Brócoli
	Metalaxil	<i>Fusarium spp.</i>	Rosa
	Metalaxil + tiametoxam	<i>Fusarium moniliforme</i>	Maíz
		<i>Rhizoctonia spp.</i>	Papa
Flumorph	Fosetil - aluminio	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
Fluopicolida	Propineb	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		<i>Plasmopara viticola</i>	Uva
	Propamocarb clorhidrato	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
Fluopiram	Pirimetanil	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano

<b>Fluoxastrobin</b>	<b>Tebuconazole</b>	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla roja
		<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Tomate de árbol
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
<b>Flutriafol</b>	<b>Imidacloprid</b>	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
		<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
<b>Fluxapiroxad</b>	<b>Piraclostrobina</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
	<b>Mefentrifluconazol</b>	<i>Rhizoctonia solani</i>	Arroz
	<b>Mefentrifluconazol + Piraclostrobina</b>	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
<i>Phakopsora pachyrhizi</i>		Soya	
<b>Fosetil - aluminio</b>	<b>Mancozeb</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñón
	<b>Propamocarb</b>		Papa
<b>Imazalil</b>	<b>Tiabendazol</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Fusarium moniliforme</i>	Banano
		<i>Verticillium theobromae</i>	Banano
<b>Iprodiona</b>	<b>Metil tiofanato</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Isoprotiolano</b>	<b>Propiconazol</b>	<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz
	<b>Triciclazol</b>	<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz
<b>Kresoxim-metil</b>	<b>Spiroxamina</b>	<i>Oidium spp.</i>	Rosa
<b>Mancozeb</b>	<b>Metalaxil</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Tomate de árbol
			Tomate riñón
			Uvilla
			Ají
			Berenjena
			Naranjilla
			Pepino dulce
			Pimiento
			Sandía
			Rosa
		<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla roja
			Ajo
			Cebolla perla
			Cebolla roja
		<i>Phytophthora infestans</i>	Manzana
			Papa
			Capulí
			Cacaco
			Cereza
			Ciruella
Durazno			
Frambuesa negra y roja			
Fresa			
Mora			
Pera			
Reina claudia			
Tomate riñón			
<i>Pseudoperonospora cubensis</i>	Sandía		
<i>Alternaria brassicae</i>	Brócoli		
<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón		
<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao		
<i>Cercospora spp.</i>	Sandía		
	Kiwano		
	Melón		
	Pepinillo		
	Sambo		
	Zapallo		
Zucchini			
<i>Plasmopara viticola</i>	Uva		
<b>Mandipropamida</b>	<b>Oxatiapiprolina</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa

		<i>Peronospora destructor</i>	Cebolla
<b>Mefentrifluconazol</b>	<b>Piraclostrobina</b>	<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
		<i>Puccinia pittieriana</i>	Papa
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
<b>Metalaxil</b>	<b>Propamocarb</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñon
			Papa
			Papa
	<b>Propamocarb clorhidrato</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñon
		<i>Botrytis cinerea</i>	Tomate riñon
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
	<b>Propanil</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
		<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Papa
<b>Fosfonato de potasio</b>	<i>Peronospora sparsa</i>	Rosa	
	<i>Phytophthora infestans</i>	Papa	
<b>Metiram</b>	<b>Piraclostrobina</b>	<i>Alternaria dauci</i>	Zanahoria
		<i>Alternaria porri</i>	Cebolla
		<i>Ceratocystis paradoxa</i>	Piña
		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Maracuyá
		<i>Oidiopsis taurica</i>	Pimienta
		<i>Oidium spp.</i>	Tomate riñon
			Rosa
		<i>Phytophthora infestans</i>	Tomate riñon
			Papa
		<i>Plasmopara viticola</i>	Uva
		<i>Pseusperonospora cubensis</i>	Sandía
		<i>Puccinia horiana</i>	Crisantemo
		<i>Septoria lactucae</i>	Lechuga
		<i>Sphaerotheca fuliginea</i>	Melón
<i>Uncinula necator</i>	Uva		
<i>Uromyces phaseoli</i>	Fréjol		
<b>Metominostrobin</b>	<b>Tebuconazol</b>	<i>Helminthosporium oryzae</i>	Arroz
<b>Fenamacril</b>	<b>Tebuconazol</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Rosa
<b>Propiconazole</b>	<b>Tebuconazol</b>	<i>Helminthosporium maydis</i>	Maíz
		<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
		<i>Monilophthora roleri</i>	Cacao
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
		<i>Pyricularia oryzae</i>	Arroz
<b>Protioconazol</b>	<b>Trifloxistrobina</b>	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
<b>Piraclostrobina</b>	<b>Tebuconazol</b>	<i>Monilophthora roleri</i>	Cacao
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Pirimetanil</b>	<b>Tiram</b>		Rosa
			Ají
			Berenjena
			Naranja
			Pepino dulce
			Pimienta
			Tomate de árbol
	Uvilla		
<b>Spiroxamina</b>	<b>Tebuconazol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
<b>Tebuconazol</b>	<b>Triadimenol</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
		<i>Uncinula necator</i>	Uva
	<b>Trifloxistrobina</b>	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano

		<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Tomate de árbol
		<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
		<i>Stenocarpella macrospora</i>	Maíz
		<i>Phyllachora maydis</i>	Maíz
		<i>Alternaria solani</i>	Tomate riñón
		<i>Rhizoctonia spp.</i>	Arroz
	Triadimefon	<i>Alternaria porri</i>	Cebolla bulbo
			Ajo
		<i>Botrytis spp.</i>	Ajo
			Cebolla bulbo
		<i>Hemileia vastatrix</i>	Café
		<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Banano
		<i>Sarocladium oryzae</i>	Arroz
		<i>Sclerotium spp.</i>	Cebolla bulbo
Ajo			

ANEXO II. Composición de los medios de cultivo empleados en las experimentaciones de la Tabla 3.7

Medio de cultivo	Composición
A	Por litro de medio: 8 g/L glucosa 50 mM (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,8 mM MgSO <sub>4</sub> 30 mM KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 40 mM Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0,008 mM Na <sub>3</sub> citrato 0,007 mM CaCl <sub>2</sub> 0,004 mM FeSO <sub>4</sub> 0,001 mM MnSO <sub>4</sub> Adición de glucosa: 23 mL de medio con 450 g/L
B	Por litro de medio: 40 g/L glucosa 100 mM NH <sub>4</sub> Cl 0,8 mM MgSO <sub>4</sub> 30 mM KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 40 mM Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> 0,004 mM Na <sub>2</sub> EDTA 0,007 mM CaCl <sub>2</sub> 0,004 mM FeSO <sub>4</sub> 0,001 mM MnSO <sub>4</sub>
C	Por litro de medio: 26,2 g manitol 21,9 g harina de soja 3,1 g NaNO <sub>3</sub> 0,15 g MnSO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O
D	Por litro de medio: 21 g/L glucosa 4 g/L proteína de soya 3,8 g/L MnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 1,5 g/L KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,4 g/L extracto de levadura Adición aminoácidos a las 12 h: 0,0752 g/L Asn, 0,1992 g/L Gln 0,1464 g/L Pro



Medio de cultivo	Composición
Landy 1	10 g glucosa 5 g glutamato monosódico 0,5 g MgSO <sub>4</sub> 0,78 g KCl 1 g KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,05 mg FeSO <sub>4</sub> 0,05 mg MnSO <sub>4</sub> 0,16 mg CuSO <sub>4</sub> 1000 mL agua destilada
Medio sólido	70 % salvado de trigo 28 % pulpa de fréjol 1,20 % glucosa 0,55 % glutamato monosódico 0,15 % (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 0,10 % KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·3H <sub>2</sub> O Proporción de materia seca a agua 5:3
E	20 g/L sacarosa 2 g/L (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 6 g/L KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 6 g/L Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·12H <sub>2</sub> O 0,3 g/L MgSO <sub>4</sub> 0,5 g/L extracto de levadura 0,001 g/L CaCl <sub>2</sub> 0,018 g/L CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 0,007 g/L NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O 0,002 g/L CuCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O 0,083 g/L FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O 1 g/L aminoácido (Ala, Arg, Asn, Asp, Cys, Gln, Glu, Gly, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Pro, Ser, Thr, Trp, Tyr o Val)
F	Por litro de agua destilada: 20 g sacarosa 30 g peptona 7 g extracto de levadura 1,9 g KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,45 g MgSO <sub>4</sub> 9 mL solución de elementos traza. Composición de elementos traza por litro de agua destilada: 0,001 g CuSO <sub>4</sub> 0,005 g FeCl <sub>3</sub> 0,004 g NaMnO <sub>4</sub> 0,002 g KI 0,014 g ZnSO <sub>4</sub> 0,01 g H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> 0,0036 g MnSO <sub>4</sub> 10 g ácido cítrico
Landy 2	Por litro de agua destilada: 20 g glucosa 5 g ácido glutámico 0,5 g MgSO <sub>4</sub> 0,5 KCl 1 g KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 0,0012 g Fe <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> 0,0014 g MnSO <sub>4</sub> 0,0016 g CuSO <sub>4</sub>