



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

POTENCIALIDAD DEL GÉNERO *Piper* COMO FUENTE DE SUSTANCIAS PARA EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS

Cristóbal Ladino Vargas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias, Departamento de Química
Bogotá, Colombia
2017

POTENCIALIDAD DEL GÉNERO *Piper* COMO FUENTE DE SUSTANCIAS PARA EL CONTROL DE HONGOS FITOPATÓGENOS

Cristóbal Ladino Vargas

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias-Química

Director:

Doctor, Oscar Javier Patiño Ladino

Línea de Investigación:

Productos Naturales

Grupo de Investigación:

Estudio Químico y de Actividad Biológica de *Rutaceas* y *Miristicaceas* Colombianas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias, Departamento de Química

Bogotá, Colombia

2017

[...]

*No dejes que termine el día sin haber crecido un poco,
sin haber sido feliz, sin haber aumentado tus sueños.*

No te dejes vencer por el desaliento.

*No permitas que nadie te quite el derecho a expresarte,
que es casi un deber.*

No abandones las ansias de hacer de tu vida algo extraordinario.

*No dejes de creer que las palabras y las poesías
sí pueden cambiar el mundo.*

Pase lo que pase nuestra esencia está intacta.

Somos seres llenos de pasión.

La vida es desierto y oasis.

Nos derriba, nos lastima,

*nos enseña, nos convierte en protagonistas
de nuestra propia historia.*

[...]

Walt Whitman

Agradecimientos

A Dios por su infinita creación y permitirme estar aquí para culminar un hermoso sueño. A mis hijos Laura Valeria, Manuel David y Valentina por su paciente espera en la distancia y la soledad a la cual nos hemos acogido. A toda mi familia que en su silencio o distancia se sienten orgullosos de cada paso que doy. Y especialmente a Belcy Yaneth porque nunca ha dudado en brindarme su apoyo sin importar el día, la hora, el tiempo, ni la distancia.

A mi director y profesor Oscar Javier Patiño quien me acogió en este proyecto, por su paciencia, dedicación y sabiduría, por el tiempo que se tomó para asesorar cada una de los pasos dados en este trabajo y por la motivación que me dio día a día para culminar esta etapa. A los profesores del grupo de investigación de productos naturales de la Universidad Nacional de Colombia. A la profesora Juliet Angélica Prieto Rodríguez por sus comentarios formativos, sus consejos permanentes y las sugerencias cotidianas impartidas que me animaron a continuar con este reto. Al profesor Luis Enrique Cuca Suárez, un gran ser humano a quien le guardo mi más sincera gratitud y admiración, gracias por abrirme las puertas de su laboratorio y permitirme desarrollar el trabajo que aquí presento. A la Universidad Nacional de Colombia no solo por acogerme dentro de sus aulas, sino que, además por los medios que puse a mi disposición para desarrollar el objetivo propuesto. Mil gracias a todos.

Resumen

La búsqueda de agentes fitosanitarios para controlar plagas que afectan a diversas plantas importantes a nivel agrícola es de gran interés, pues muchos de los productos utilizados actualmente son tóxicos y poco selectivos. En este sentido las plantas pueden ser una fuente potencial para iniciar investigaciones en este campo, debido a que suelen producir una gran diversidad de compuestos para interactuar con el medio ambiente. El género *Piper* es importante a nivel mundial debido a que para muchas de sus especies se reportan múltiples aplicaciones a nivel alimenticio, medicinal y agrícola. En el presente trabajo se realizó una revisión sistemática descriptiva de literatura científica para establecer la potencialidad de este género como fuente de sustancias para el control de hongos fitopatógenos. Los resultados de la revisión permitieron determinar y clasificar la información en extractos y/o fracciones, aceites esenciales (AE(s)) y compuestos con actividad antifúngica. La mayoría de los reportes de actividad han sido obtenidos mediante bioensayos cualitativos sobre hongos de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Phytophthora* y *Colletotrichum*, y en general van acompañados de resultados de análisis fitoquímico preliminar para extractos y de caracterización química por CG-EM para AE(s). En los AE(s) se destaca la presencia de monoterpenos (α -pineno, 1,8-cineol y/o limoneno) y fenilpropanos (eugenol, safrol, dilapiol y/o miristicina) como constituyentes mayoritarios. Esta revisión documenta las estructuras químicas y la actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos de 80 compuestos aislados de 26 especies del género *Piper*, encontrándose que los compuestos activos corresponden principalmente a amidas, flavonoides y derivados de ácido benzoico.

Palabras clave: Piperaceae, *Piper*, actividad antifúngica, hongos fitopatógenos, extractos, metabolitos secundarios, aceites esenciales.

Abstract

The search for phytosanitary agents to control pests that affect many important agricultural plants is of great interest since many of the products currently used are toxic and not very selective. In this sense, plants can be a potential source to initiate research in this field, because they usually produce a great diversity of compounds to interact with the environment. The Piper genus is important worldwide because many of its species report multiple applications in food, medicine, and agriculture. In the present work, a descriptive systematic review of scientific literature was carried out to establish the potential of this genus as a source of substances for the control of phytopathogenic fungi. The results of the review allowed to determine and classify the information in extracts and/or fractions, essential oils (AE(s)) and compounds with antifungal activity. Most reports of activity have been obtained by qualitative bioassays on fungi of the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Phytophthora*, and *Colletotrichum*, and in general, are accompanied by preliminary phytochemical analysis results for extracts and chemical characterization by GC -EM for AE(s). AE(s), highlight the presence of monoterpenes (α -pinene, 1,8-cineole and/or limonene) and phenylpropane (eugenol, safrole, dillapiole and/or myristicin) as major constituents. This review documents the chemical structures and antifungal activity against phytopathogenic fungi of 80 compounds isolated from 26 species of the *Piper* genus, and it is found that the active compounds correspond mainly to amides, flavonoids, and benzoic acid derivatives.

Keywords: Piperaceae, *Piper*, antifungal activity, phytopathogenic fungi, extract, secondary metabolites, essential oils.

Contenido

	Pág.
Introducción	1
1. Metodología de búsqueda bibliográfica	5
1.1 Selección de publicaciones.....	5
1.2 Análisis de publicaciones relacionadas con extractos y fracciones con actividad antifúngica provenientes del género <i>Piper</i>	7
1.3 Análisis de publicaciones relacionadas con aceites esenciales y actividad antifúngica provenientes del género <i>Piper</i>	7
1.4 Análisis de publicaciones relacionadas con metabolitos secundarios y actividad antifúngica provenientes del género <i>Piper</i>	8
2. Resultados y discusión.....	9
2.1. Generalidades del género <i>Piper</i>	12
2.2. Extractos crudos y/o fracciones con actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos.....	15
2.3. Aceites esenciales (AE) con actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos	42
2.4. Metabolitos secundarios con actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos	60
Conclusiones y Recomendaciones	85
Conclusiones.....	85
Recomendaciones	86
Bibliografía	87

Lista de figuras

	<u>Pág.</u>
Figura 1. Diagrama del diseño de la búsqueda bibliográfica.	6
Figura 2. Distribución de los reportes bibliográficos para los principales géneros de la familia Piperaceae entre los años 2001 y 2017	10
Figura 3. Diagrama con los resultados de la búsqueda bibliográfica. Lo cuadros de fondo azul con números en blanco indican el número de artículos encontrados en cada etapa de la revisión.	11
Figura 4. Principales características morfológicas en el género <i>Piper</i> . (1) Inflorescencias. (2) Tallos. (3) Hojas. (4) Frutos.	13

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Extractos y fracciones obtenidos de especies del género *Piper* con actividad antifúngica frente hongos fitopatógenos 16

Tabla 2: Aceites esenciales obtenidos de especies del género *Piper* con actividad antifúngica frente hongos fitopatógenos 44

Tabla 3: Compuestos aislados de especies del género *Piper* con actividad antifúngica contra frente fitopatógenos..... 61

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
<i>AE(s)</i>	Aceite(s) esencial(es)
<i>AF</i>	Actividad Fungicida
<i>AcOEt</i>	Acetato de etilo
<i>CM</i>	Crecimiento micelar
<i>DCM</i>	<i>Diclorometano</i>
<i>EBD's</i>	<i>bis-ditiocarbamatos de etileno</i>
<i>ED₅₀</i>	<i>Dosis efectiva 50</i>
<i>EP</i>	Éter de petróleo
<i>EPA</i>	<i>Agencia de protección ambiental de Estados Unidos</i>
<i>EtOH</i>	<i>Etanol</i>
<i>ETU</i>	<i>Etilentioúrea</i>
<i>FAO</i>	<i>Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación</i>
<i>Fr.</i>	<i>Fracción</i>
<i>GC</i>	<i>Germinación de Conidias</i>
<i>IC₅₀</i>	<i>Cantidad inhibitoria 50</i>
<i>ICM</i>	<i>Índice de crecimiento micelar</i>
<i>MFC</i>	<i>Concentración mínima fungicida</i>

<i>MeOH</i>	<i>Metanol</i>
<i>MIC</i>	<i>Concentración mínima inhibitoria</i>
<i>MIQ</i>	<i>Cantidad mínima inhibitoria</i>
<i>ND</i>	<i>No detectado</i>
<i>NR</i>	<i>No reportado</i>
<i>PER</i>	<i>Porcentaje de esporulación reducida</i>
<i>PGE</i>	<i>Porcentaje de Germinación de Esporas</i>
<i>PIC</i>	<i>Porcentaje de inhibición de crecimiento</i>
<i>PIGE</i>	<i>Porcentaje de inhibición de germinación de esporas</i>
<i>PosC</i>	<i>Poscosecha</i>
<i>SNC</i>	<i>Sistema nervioso central</i>
<i>TLC = CCD</i>	<i>Cromatografía en capa delgada</i>
<i>ZIC</i>	<i>Zona de inhibición de crecimiento</i>

Introducción

La agricultura es un componente dominante de la economía mundial, pues contribuye al producto interno bruto (PIB), a las exportaciones de cada país y es una fuente de empleo principalmente en el área rural. Esta actividad, además de proveer alimentos para la población mundial y de contribuir a la economía, juega un papel importante en el patrimonio e identidad cultural, en la conservación del suelo, la ordenación de las cuencas hidrográficas, la retención de carbono y la conservación de la biodiversidad. El aumento constante de la población mundial ha conllevado a que sea necesario el desarrollo de una agricultura sostenible, que garantice un suministro continuado de alimentos, que sea económicamente viable y que sus efectos ambientales y sanitarios sean de bajo impacto [FAO 2005, FAO 2012; Perfetti et al., 2013].

En Colombia la agricultura es un factor social, económico, medioambiental y alimenticio de gran importancia, que representa el 7.1% del PIB y genera más de 5.0 millones de empleos rurales [Mundial B., 2017; Ministerio de Agricultura, 2017]. En el país existen zonas ricas en recursos naturales y variedad de cultivos gracias a los diversos pisos térmicos, registrándose aproximadamente 5,1 millones de hectáreas sembradas con cultivos de importancia agroindustrial [DANE, 2016]. Los cultivos como el maíz, el arroz, la papa, la caña, el plátano, los cereales, el café, el cacao, los frutales y las flores constituyen fuentes de productos agrícolas con valor económico agregado para el país; siendo el café, las flores y el plátano los cultivos mejor posicionados en la red nacional de producción y comercialización [OEC, 2016]. A pesar de la gran extensión de tierra sembrada en Colombia, los rendimientos de

producción de los cultivos son bajos, y en la mayoría de los casos alcanza solo para satisfacer la demanda interna. Los bajos rendimientos son ocasionados por diversos factores, entre los que se destacan: problemas sociales, falta de tecnificación de cultivos, factores medioambientales, plagas y enfermedades, entre otros [Juárez et al., 2010; Perfetti, 2013, Junguito et al., 2014].

Dentro de las enfermedades que afectan a las plantas se destacan las causadas por hongos, debido a la alta abundancia natural de estos microorganismos (reportándose más de 8.000 especies patógenas), a su facilidad de propagación y a su capacidad invasora. La mayoría de los hongos tienen la capacidad de afectar varias plantas en diversos órganos y en cualquier momento de su ciclo de vida, como es el caso de *Botrytis cinerea* y *Fusarium oxysporum*, que atacan cerca de 200 tipos de cultivos, en cualquier etapa de desarrollo, causando pérdidas que pueden llegar al 100% de las cosechas [Agrios, 2005; Dean et al., 2012]. Los hongos más estudiados son aquellos que atacan principalmente a cultivos de interés económico, entre los que se encuentran: *Alternaria alternata* (causante de pudrición de cítricos), *B. cinerea* (moho gris en flores, frutas y hortalizas); *Colletotrichum lindemuthianum* (causa antracnosis en el frijol); *F. oxysporum* (produce marchitamiento vascular en frutas, hortalizas y plantas ornamentales); *Penicillium digitatum* (moho verde en cítricos), *Rhizopus stolonier* (causante de pudrición blanda en frutales, hortalizas, gramíneas, plantas ornamentales y forestales) y *Phytophthora infestans* (causa tizón tardío en frutales y tubérculos) [Lago et al., 2004; Marques et al., 2007; Celis et al., 2008; Ávila et al., 2011; Chakor et al., 2012; Naz et al., 2012; Scalvenzi et al 2016].

Los métodos utilizados para combatir, controlar y prevenir enfermedades causadas por hongos se dividen en tres clases: físicos, biológicos y químicos. Todos los métodos tienen sus ventajas y desventajas, pero la elección de un método específico para un cultivo en particular depende del estado de infestación de éste y de la experiencia adquirida en el manejo de la enfermedad. Actualmente se recomienda el manejo integrado de plagas, que consiste en el uso combinado de los diferentes tipos de métodos de control, junto con la correcta aplicación de unas buenas prácticas agrícolas [ICA 2012; Jaimes et al., 2010].

El control químico es el método más utilizado debido a su alta eficacia, pero corresponde a la estrategia de control más perjudicial para el medio ambiente y la salud humana, debido a su baja selectividad y a que esta clase de sustancias se suelen bioacumular en los ecosistemas. El uso indiscriminado de estos productos ha causado la aparición de microorganismos fitopatógenos resistentes que son más agresivos, atacando los cultivos con mayor severidad. Dentro de los métodos químicos se suelen usar sustancias de tipo metoxiacrilatos, hidrocarburos halogenados, bis-ditiocarbamatos de etileno (EBDC's), neonicotinoides, benzimidazoles y fenilpirroles, entre otros [Fredenhagen et al., 1990; Weber et al., 1990; Ghisalberti, 2000; Hibar et al., 2007; Molina et al., 2007; Fard 2011; UK, 2017; Syngenta 2017].

La conservación de los recursos productivos y del medio ambiente constituyen las dos exigencias básicas de la variable ecológica de una agricultura sostenible, razón por la que se deben adoptar medidas adecuadas para evitar que las actividades agrícolas deterioren la calidad del medio ambiente [Perfetti et al., 2010]. Entre estas medidas se encuentra la búsqueda de nuevas sustancias bioactivas que puedan ser utilizadas como agentes fitosanitarios eficaces y de bajo impacto ambiental, que contribuyan al desarrollo de productos que permitan sustituir los productos químicos existentes en el mercado que ya no son efectivos y/o que ocasionan serios problemas para el medio ambiente o la salud humana [Alécio et al., 1998]. En la búsqueda de nuevos agentes fitosanitarios, las plantas representan una alternativa interesante y prometedora, debido a que desde la antigüedad se han utilizado de forma empírica en el mantenimiento de diferentes cultivos por muchas civilizaciones, uso que se puede atribuir a que las plantas producen diversos tipos de compuestos bioactivos que pueden ser utilizados directamente o ser la fuente de inspiración para el desarrollo de sustancias más activas. Adicionalmente, el estudio de las plantas es de gran interés para la comunidad científica pues de las 300.000 especies vegetales reportadas en el planeta, solo alrededor del 20% han sido sometidas a algún tipo de investigación, y con la rápida extinción que están sufriendo las especies desde hace unas décadas, no solo se perderían éstas sino los constituyentes que pueden tener alguna aplicación [Hewitt et al., 1998; Sokovic et al., 2013]. De esta manera, las plantas son una opción importante, incluso más si se considera que desde esta perspectiva la biodiversidad es el capital bio-económico del mundo y representa nuevas opciones estratégicas para su aprovechamiento sostenible, a través de estudios de bioprospección de especies vegetales como fuente de compuestos fitosanitarios [Navickiene et al., 2000; Niño et al., 2012].

Siendo Colombia uno de los países con mayor biodiversidad hace de este un lugar atractivo para emprender estudios multidisciplinarios dirigidos a la búsqueda de productos con aplicación en el sector agrícola. Especies de la familia Piperaceae están bien representadas en el país, y para algunas se reportan usos a nivel alimenticio, industrial y medicinal [Callejas, 2014]. Esta familia ha sido reportada como una de las más promisorias para la búsqueda de sustancias con aplicaciones a nivel agrícola, pues muchas de sus especies se caracterizan por contener sustancias con significativa actividad para el control de arvenses, plagas y enfermedades que afectan a diversos tipos de cultivos [Callejas, 1999, Celis et al., 2008; Scott et al., 2002; Parra et al., 2011; Parra et al., 2013]. La familia comprende alrededor de 4600 especies, estando aproximadamente 2000 totalmente identificadas y aceptadas. Estas especies se agrupan en 6 géneros distribuidos en las zonas tropicales y pantropicales del planeta, siendo el género *Piper* el más representativo de la familia. [Parmar et al., 1997; Seidemann, 2005; Kato y Furlan, 2007; Celis et al., 2008; Ávila et al., 2011; Bezerra et al., 2013; Perez et al., 2013; Brú y Guzman, 2016].

El presente trabajo corresponde a una revisión sistemática descriptiva de literatura científica comprendida entre el año 2001 y 2017, con el fin de recopilar información que permita establecer la potencialidad del género *Piper* como fuente de sustancias útiles para el control hongos fitopatógenos.

1. Metodología de búsqueda bibliográfica

1.1 Selección de publicaciones

Se elaboró una revisión bibliográfica sistemática descriptiva, mediante la técnica de exploración estructurada en las plataformas SCOPUS, WEB OF SCIENCE, SCIELO, SCIENCE DIRECT, SCFINDER, y GOOGLE SCHOLAR. La búsqueda se restringió al intervalo de tiempo del año 2001 al 2017. A excepción de SCFINDER, en las plataformas consultadas, las rutas de búsqueda se construyeron mediante el uso de ecuaciones que incluyeron palabras clave referidas al tema de estudio, combinadas con operadores booleanos (and, or, not, and not) y operadores truncados (*, "", ¿, etc.). La búsqueda dentro de las plataformas se desarrolló en varias fases, que se fueron elaborando sucesivamente teniendo como base para cada una de ellas la fase inmediatamente anterior. En una primera fase, la información fue acotada mediante la búsqueda dirigida al título, el resumen y las palabras claves contenidas en los reportes científicos.

A manera de ejemplo, se presenta a continuación, una de las rutas de búsqueda utilizadas en la base de datos SCOPUS.

"TITLE-ABS-KEY((piper) and ("Natural fungicides" or "crop protection" or antifungal or fungicide or phytosanitary or "phytopathogen* fungi*" or fungitoxic or "pathogen fungus" or "plant pathogen" or "no human pathogen" or "human fungi*" or "human pathogen"))".

En la **Figura 1** se ilustra el diseño de búsqueda de literatura científica utilizado para seleccionar y filtrar la información que finalmente será empleada en el análisis sistemático descriptivo. La búsqueda se inició con la familia Piperaceae y los géneros. En recuadro negro con letra de color rojo se indican los factores incluyentes (FI) y factores excluyentes (FE). Los recuadros de fondo rojo y letra blanca indican los puntos cruciales de la búsqueda. Como se observa en la figura, de la información disponible para la familia Piperaceae en las bases de datos consultadas, se seleccionó únicamente la relacionada con el género *Piper* y hongos fitopatógenos. La información obtenida se depuró y clasificó de manera manual dividiendo los reportes que relacionan la actividad contra hongos fitopatógenos por extractos y fracciones, aceites esenciales y metabolitos secundarios. La

bibliografía resultante de la depuración y clasificación fue la empleada en el análisis sistemático descriptivo.

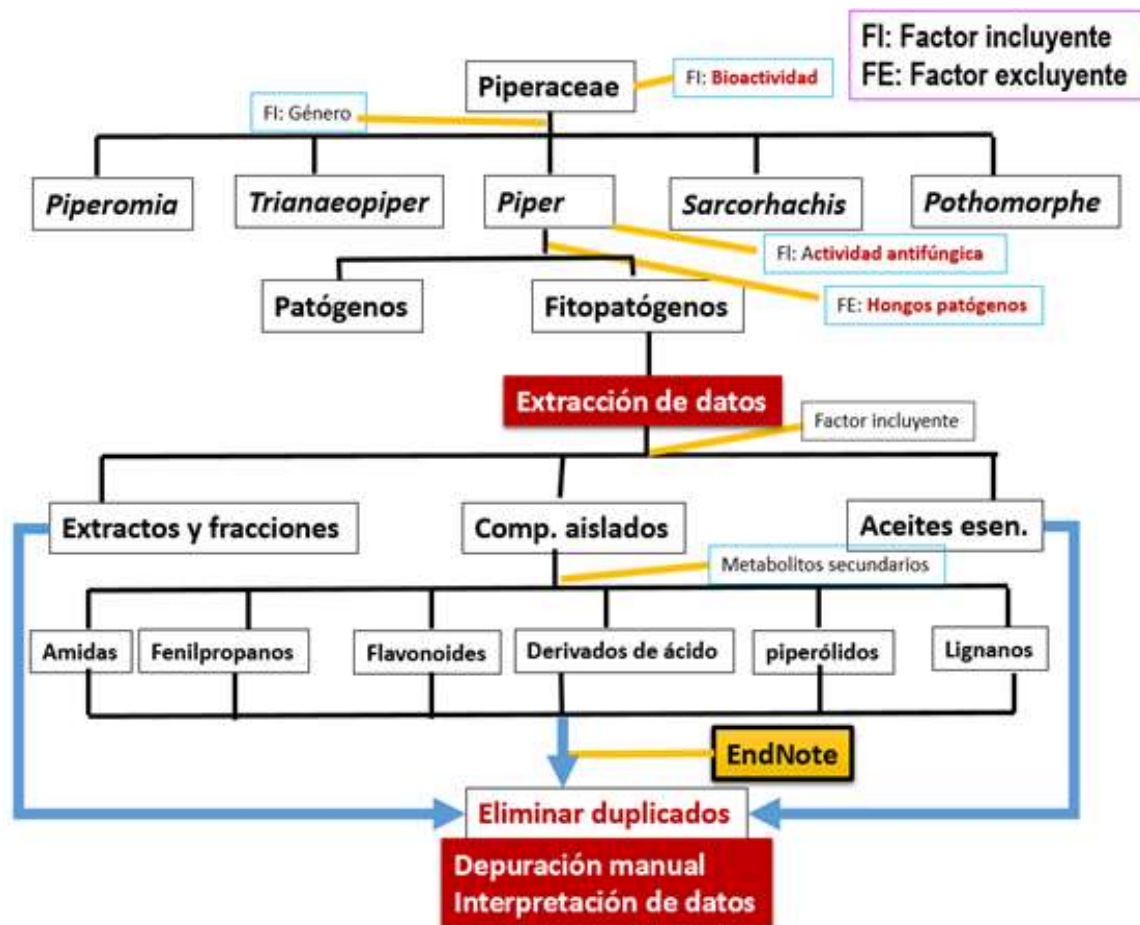


Figura 1. Diagrama del diseño de la búsqueda bibliográfica.

De acuerdo con lo anterior, las fases empleadas para la revisión bibliográfica comprendieron:

- Búsqueda de información:** Para cada base de datos se buscó información que relacionó al género *Piper* con actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos. En este sentido se utilizaron ecuaciones que involucraron palabras clave acordes al tema, incluyendo sinónimos y traducciones en inglés y español, haciendo uso de operadores booleanos y operadores truncados que restringieron la búsqueda al título, resumen y/o palabras clave de cada artículo.

2. **Clasificación de la información:** Los artículos seleccionados, se clasificaron de acuerdo con la actividad antifúngica reportada, para extractos y fracciones, aceites esenciales y metabolitos secundarios.
3. **Eliminación de duplicados:** Los artículos duplicados que arrojó la búsqueda en las diferentes bases de datos, se eliminaron mediante la herramienta EndNote Web.
4. **Depuración:** Manualmente, se incluyeron exclusivamente los artículos de investigación.

1.2 Análisis de publicaciones relacionadas con extractos y fracciones con actividad antifúngica provenientes del género *Piper*

Los artículos referentes a extractos y fracciones sobre especies del género *Piper* junto con la evaluación de la actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos, se clasificaron de acuerdo al órgano de la especie estudiada, al método de extracción empleado, al tipo de bioensayo, a la variable medida y al resultado de la bioactividad reportada. Teniendo en cuenta la clasificación anterior, se analizaron los resultados reportados en cada artículo y se consignaron en una tabla los resultados promisorios de actividad para las especies más promisorias del género *Piper* en el control de fitopatógenos.

1.3 Análisis de publicaciones relacionadas con aceites esenciales y actividad antifúngica provenientes del género *Piper*

Los artículos que involucraron estudios de aceites esenciales sobre especies del género *Piper* junto con la evaluación de la actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos, se clasificaron de acuerdo al órgano de la especie estudiada, al método de extracción empleado, por compuestos mayoritarios reportados, por tipo de bioensayo realizado, por la variable medida y el resultado de la bioactividad reportada. Se realizó un análisis manual de los resultados de la clasificación anterior y se consignaron en una tabla los resultados promisorios de actividad para las especies más promisorias del género *Piper* en el control de fitopatógenos.

1.4 Análisis de publicaciones relacionadas con metabolitos secundarios y actividad antifúngica provenientes del género *Piper*

Los artículos referentes a los metabolitos secundarios aislados, de las especies del género *Piper* junto con la evaluación de la actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos, fueron clasificados de acuerdo con el órgano de la especie estudiada, al método de extracción empleado, por compuestos mayoritarios reportados, por tipo de bioensayo realizado, por la variable evaluada y el resultado de la bioactividad reportada. Se realizó un análisis de los resultados de la clasificación anterior, mediante la lectura y análisis de cada artículo y la posterior síntesis de la información en tablas, para establecer cuáles son los posibles metabolitos más promisorios para el control de hongos fitopatógenos.

2. Resultados y discusión

La revisión bibliográfica se elaboró mediante la técnica de exploración estructurada en las plataformas SCIFINDER, WEB OF SCIENCE, SCOPUS, SCIELO, SCIENCE DIRECT y GOOGLE SCHOLAR. Las plataformas de búsqueda fueron seleccionadas con el fin de que se abarcara el mayor contenido posible de artículos científicos para el tema en cuestión. La búsqueda se hizo en el intervalo de tiempo 2001 - 2017 para la familia Piperaceae y particularmente para el género *Piper* con actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos. La búsqueda dentro de las plataformas se desarrolló en varias fases dirigida al título, el resumen y las palabras claves contenidas en los reportes científicos, partiendo desde una temática general (familia Piperaceae) a una más específica (*Piper* y hongos fitopatógenos).

En la primera fase de la búsqueda empleando como criterio de inclusión las palabras Piperaceae y los géneros pertenecientes a la familia, encontrándose alrededor de 221.230 publicaciones científicas relacionadas con la familia Piperaceae y sus géneros. Los resultados de esta búsqueda se resumen en la Figura 2, en donde se observa que la mayoría de investigaciones en la familia Piperaceae se concentran en especies del género *Piper*, estando alrededor del 96% de las publicaciones relacionadas con éste, seguido por el género *Peperomia* con 3%, y el 1% restante se relaciona con los demás géneros de la familia.

Para depurar el número de artículos a analizar, en las ecuaciones utilizadas se introdujeron factores incluyentes (FI) como: género, actividad antifúngica, AE, extractos, tipo de compuesto, y factores excluyentes (FE) como: hongo patógeno. Con objeto de acotar el número de reportes, se introdujo el FI "bioactividad" y se obtuvo cerca de 51.800 reportes. Al introducir el factor incluyente "piper" se obtuvieron cerca de 31.483 reportes. Continuando con las búsquedas sucesivas, al introducir el factor "actividad antifúngica"

como incluyente, se redujeron considerablemente el número de reportes a aproximadamente 18.693. En este punto, se decidió separar la información entre hongos fitopatógenos y hongos patógenos, para ello, se introdujo el FE “patógeno” resultando aproximadamente 16.459 artículos referidos a patógenos y 1.799 a fitopatógenos. Con los artículos alusivos a la bioactividad sobre hongos fitopatógenos, se tomaron tres rutas de búsqueda para clasificar la información en tres áreas diferenciadas como: extractos y/o fracciones, aceites esenciales y compuestos aislados. Los compuestos aislados fueron clasificados utilizando como FI el nombre del tipo de metabolito (ejemplo: amid* OR amida*). En la selección de los artículos se encontró que algunos de ellos eran comunes a extractos y fracciones, a compuestos y a aceites esenciales. Entonces, se filtraron todos los resultados bajo la herramienta EndNote web para eliminar los artículos duplicados. Para finalizar, mediante la revisión detallada de los artículos se hizo la clasificación manual de los mismos, para extraer e interpretar los datos sobre el género *Piper* y poder descartar los artículos de revisión, los que no reportaron bioactividad, y aquellos que no consideraron la temática relacionada con las especies del género *Piper* y la actividad contra hongos fitopatógenos.

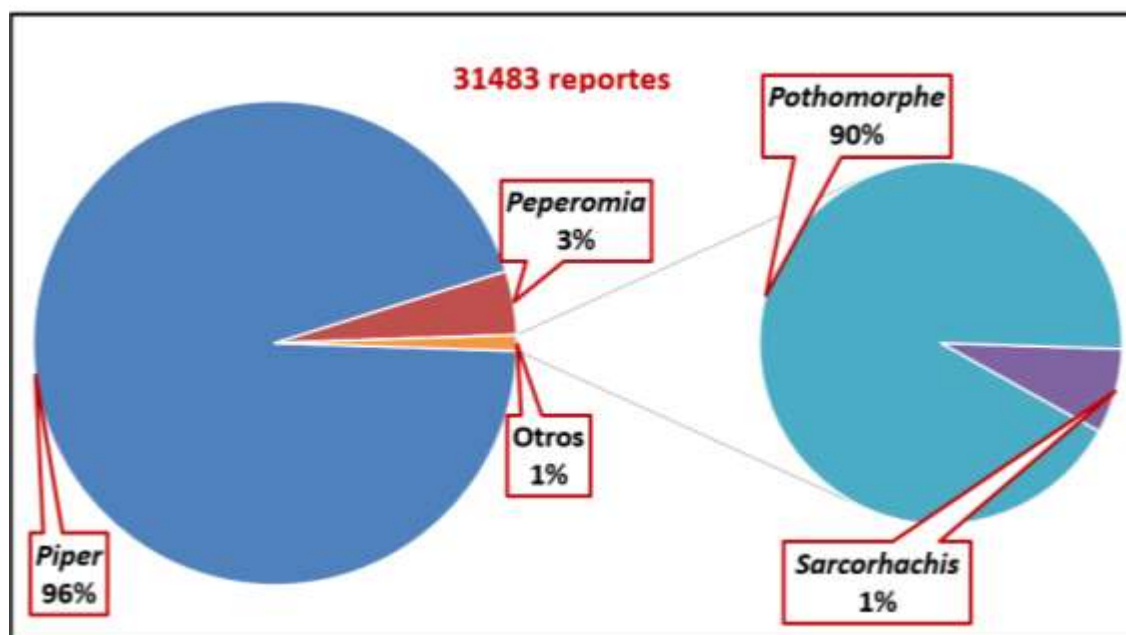


Figura 2. Distribución de los reportes bibliográficos para los principales géneros de la familia Piperaceae entre los años 2001 y 2017

Luego de la depuración manual de los artículos y del análisis de la información, los reportes que relacionan la actividad contra hongos fitopatógenos se clasificaron por extractos y

fracciones (45 artículos), aceites esenciales (47 artículos) y compuestos (25 artículos). Los reportes sobre los compuestos se clasificaron por tipo de metabolito bioactivo, principalmente se encontraron amidas (7) (de tipo aristolactamas (2), isobutilamidas (4), piperidinas (3), pirrolidinas (2)), derivados de ácido (14) (de cadena abierta (5) y cíclicos o cromenos (5)), flavonoides (8) (de tipo chalcona (3), flavanona (5), flavona (2)), fenilpropanos (4), fenoles prenilados (2), kawalactonas (2), neolignanones (1) y piperolidos (1).

En la **Figura 3** se describe la metodología de búsqueda realizada en las plataformas seleccionadas, allí se pueden observar los factores excluyentes e incluyentes utilizados, se señalan los puntos relevantes en la construcción de las rutas de búsqueda (extracción, interpretación de datos) y muestra el número de reportes encontrados en cada etapa (recuadros de fondo azul con letras blancas).

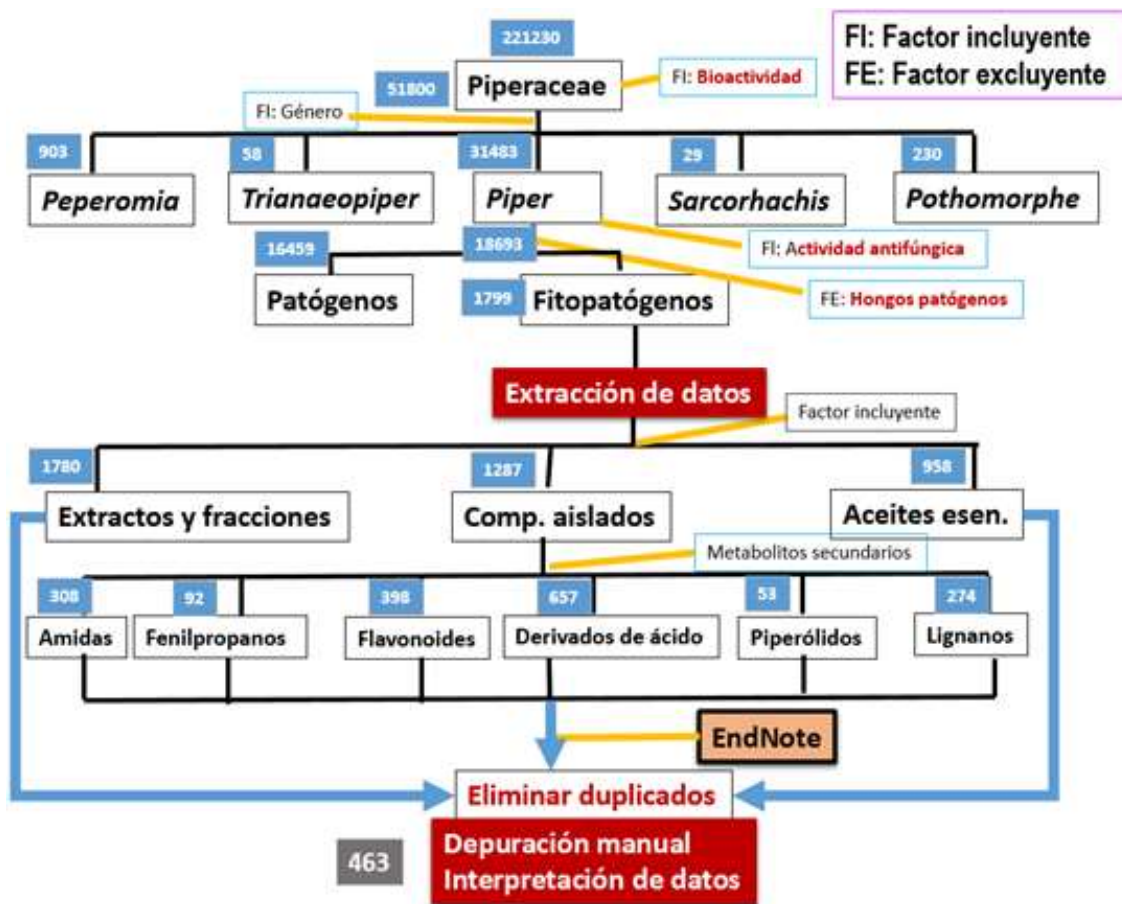


Figura 3. Diagrama con los resultados de la búsqueda bibliográfica. Lo cuadros de fondo azul con números en blanco indican el número de artículos encontrados en cada etapa de la revisión.

A continuación, se presentan los resultados de la exploración bibliográfica realizada para el período de tiempo estipulado desde el año 2001 al 2017, iniciando con las generalidades del género *Piper*, seguido del análisis de los reportes bibliográficos seleccionados para hacer la revisión sistemática descriptiva relacionada con la actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos de extractos y/o fracciones, aceites esenciales y compuestos provenientes de especies del género *Piper*.

2.1. Generalidades del género *Piper*

El género *Piper* (Piperaceae), comprende alrededor de 2500 especies, estando cerca de 1.048 identificadas y aceptadas, las cuales se distribuyen desde el nivel del mar hasta los 3.600 metros de altitud, principalmente en las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Especies de este género comprende generalmente, arbustos, subarbustos, hierbas y/o enredaderas, conocidos popularmente como “cordoncillos”, debido a la presencia de diminutas flores agrupadas en una inflorescencia en forma de espiga o en racimos [Calle, 1983; García 1992; Callejas, 2014]. Estas inflorescencias se caracterizan morfológicamente por tener androceo formado entre 1-10 estambres y gineceo de 1-4 carpelos [Callejas, 2001]. Otra característica morfológica que sobresale en estas especies es la presencia de tallos y ramas inermes con nudos notorios engrosados. Sus hojas son variadas, pueden ser simétricas o asimétricas, alternas u opuestas y sus frutos generalmente están en forma de bayas o drupas pequeñas [García, 1992; Callejas, 1997; Callejas, 2001; Discovery life, 2017]. En la **Figura 4** Se ilustran algunas de las características morfológicas más representativas en el género *Piper*.

Diversas especies del género *Piper* han sido utilizadas para diferentes fines en distintas partes del mundo especialmente en América, Asia y África [Albiero et al., 2005; Soltis et al, 1999]. Así, por ejemplo, los frutos en polvo de *Piper nigrum* se utilizan en forma de sinapismos y cataplasmas en afecciones pulmonares. Otra especie del género *Piper* de notable importancia económica es *P. methysticum*. Con las raíces de esta planta se elabora un preparado muy popular conocido como kava-kava; al cual se le atribuyen efecto como calmante y relajante muscular [García, 1992; Barbosa, et al., 2013].



Figura 4. Principales características morfológicas en el género *Piper*. (1) Inflorescencias. (2) Tallos. (3) Hojas.

Diversas especies del género *Piper* han sido utilizadas en distintas partes del mundo, especialmente en América, Asia y África para el tratamiento de afecciones en humanos y para actividades agrícolas. Entre las especies más representativas del género están *P. nigrum*, *P. methysticum* y *P. aduncum*. De los frutos de *P. nigrum* se obtiene la pimienta negra la cual es muy utilizada en la culinaria como condimento a nivel mundial. Los frutos en polvo de *P. nigrum* también son utilizados como repelente de insectos y en forma de sinapismos y cataplasmas para tratar afecciones pulmonares [García, 1992; Siddiqui et al., 2003; Siddiqui et al., 2005; Carmona et al., 2013]. De las raíces de *P. methysticum* se elabora un producto fitoterapéutico conocido como kava-kava al cual se le atribuyen efectos alucinógenos, calmantes y relajantes musculares [Lebot et al., 1997; Dharmaratne, H. R. W et al., 2002; Singh et al., 2002; Barbosa, et al., 2013]. Las hojas *Piper aduncum* en decocción y en tónico son usadas para controlar infecciones estomacales (disentería, blenorragia, leucorrea, etc.), como antiinflamatorio, contra el dolor de riñones, como desinfectante en heridas e infecciones de la piel [García, 1992; Quintana et al., 1995; Bourdy et al., 1999], en infusiones para dolores estomacales [Asprey y Thornton, 1954]. En zonas cafeteras, se suele sembrar *P. aduncum* en medio de los cultivos de café debido a sus propiedades como repelente de insectos [Celis et al., 2008; Plazas et al., 2008]. La especie *P. wallichii*, endémica de China es empleada en Asia para el tratamiento de artritis reumatoide, enfermedades inflamatorias, infarto cerebral y angina de pecho [Shi et al., 2015]. En Colombia algunas especies también son utilizadas de forma tradicional, por ejemplo, en el departamento del Cauca se suelen utilizar las hojas secas y trituradas de la especie *Piper tuberculatum* para eliminar los piojos. En el municipio de Urabá (Choco) los indígenas Katíos utilizan los tallos de *Piper marginatum* como dentífrico eficaz contra enfermedades

dentales. En la zona del Catatumbo, la comunidad indígena Motilón-balrú utiliza los tallos de *P. erytroxyloides* como dentífrico eficaz contra enfermedades dentales [García, 1992; Ramírez et al., 2011].

Estudios químicos realizados sobre especies del género *Piper* han originado el aislamiento e identificación de un gran número de compuestos estructuralmente diversos. Entre los constituyentes químicos más comunes en especies de *Piper* están amidas, flavonoides, terpenos, esteroides, lignanos, neolignanos, alquilfenoles, fenilpropanoides, kawalactonas y derivados prenilados de ácido benzoico [Parmar et al., 1997; Lee et al., 2001; Marques et al., 2007; Tabopda et al., 2008; Lago et al., 2009; Ávila et al., 2011; Xu & Li, 2011; Naz et al., 2012; Parra et al., 2013].

A muchas de estas sustancias se les ha determinado significativa actividad frente a diversas dianas de interés terapéutico y agrícola como: antiinflamatorios, antitumorales, antidepresivos, antimicrobianos, antimaláricos, antioxidantes, insecticidas y antifúngicos [[Singh et al., 1969; López et al., 2002; Li et al., 2004; Celis et al., 2008; Muñoz, 2008; Xu y Li, 2011; Tamuly et al., 2013; Ahmad et al., 2014; Sequeda et al., 2015]. Algunas de estas investigaciones han permitido incluso confirmar sus usos etnobotánicos, por ejemplo, la especie *P. hostmannianum* que es utilizada como antimalárico en la medicina tradicional latinoamericana, se les ha determinado su actividad frente a *Plasmodium falciparum* y se han aislado los compuestos responsables de esa actividad [Portet et al., 2007]. De la especie *P. tuberculatum*, utilizada por su acción insecticida se han realizado estudios fitoquímicos para aislar e identificar los compuestos como arboreumina, pellitorina, piplartina, piptartina y piperinas con actividad insecticida [Mundina et al., 2001; Scott et al., 2002; De Moraes et al., 2007; Santos et al., 2012].

La mayoría de las investigaciones en búsqueda de antifúngicos provenientes del género *Piper* se han enfocado en el control de hongos fitopatógenos que afectan cultivos de importancia económica, entre los que se destacan: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus oryzae*, *Botrytis cinerea*, *Botryotinia fuckeliana*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. sphaerospermum*, *C. cucumerinum*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus stolonifer*, *Thanatephorus cucumeris*, etc. [Agris, 2005; Prakash et al., 2010; Dean et al., 2012; Soidrou et al., 2013; Nascimento et al., 2015]. En la literatura revisada se encuentra que se han realizado diversos tipos de ensayos de actividad antifúngica frente a hongos

fitopatógenos para los extractos y/o fracciones, aceites esenciales y de los constituyentes químicos provenientes de especies del género *Piper*. En las secciones posteriores se describen los resultados encontrados en publicaciones científicas alrededor de esta temática [Dos Santos et al., 2001].

2.2. Extractos crudos y/o fracciones con actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos

En esta sección se presentan los resultados de la revisión bibliográfica enfocada en trabajos de investigación comprendidos entre el año 2001 al 2017, sobre extractos crudos y fracciones provenientes de diversos órganos de especies pertenecientes al género *Piper* que reportaron bioactividad contra hongos fitopatógenos. A continuación, en la **Tabla 1** se presentan los resultados de la revisión de los reportes bibliográficos, realizados en el periodo 2001 a 2017, sobre extractos y/o fracciones obtenidos de especies del género *Piper* que presentan actividad antifúngica y que podrían considerarse como una alternativa para el control de enfermedades de las plantas producidas por diversos hongos fitopatógenos.

En la revisión bibliográfica se encontraron reportes de extractos y fracciones correspondientes a 25 especies del género *Piper*, donde la especie más estudiada fue *P. betle* (13 reportes), seguida de *P. nigrum* (11 reportes), *P. chaba* (4 reportes), *P. guineense* y *P. longum* (3 reportes); *P. aduncum*, *P. crassinervium*, *P. eriopodon*, *P. glanduligerum*, *P. pesaresanum*, *P. sarmentosum* y *P. umbellatum* (2 reportes); mientras que para especies como *P. argyrophyllum*, *P. regnelli* y *P. cubeba* se reportó solo un artículo para cada una. Los estudios según el órgano de la planta de la cual se obtuvieron los extractos y/o fracciones se distribuyó de la siguiente manera: hojas (29 reportes), ramas (9 reportes), parte aérea (8 reportes), frutos (6 reportes), semillas (6 reportes), raíz (2 reportes) y tallos (1 reporte). Los solventes empleados para obtener extractos, en orden creciente de uso, fueron: éter etílico, éter de petróleo, acetona, hexano, diclorometano, cloroformo, acetato de etilo, agua, etanol y metanol, siendo este último el más utilizado.

Tabla 1. Extractos y fracciones obtenidos de especies del género *Piper* con actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos

Especie	Parte de la planta	Muestra	Especie de hongo	Método de bioensayo	Variable medida	Resultado (concentración)	Referencia
<i>Piper sp</i>	Hojas	Extracto EtOH (75%)	<i>C. musae</i>	Dilución en agar	ED ₅₀ GC	0.59 g/L	Win et al., 2007
					ED ₅₀ GC	0.63 g/L	
			<i>Fusarium spp</i>		ED ₅₀ GC	1.15 g/L	
					ED ₅₀ GC	0.38 g/L	
					ED ₅₀ GC	0.85 g/L	
		ED ₅₀ GC	0.95 g/L				
	Parte aérea	Diclorometano	<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	Dilución en agar	PIGE; PIC a 1000 mg/mL	82; 52%	Niño et al., 2011
<i>P. aduncum</i>	Hojas	Acuoso	<i>S. sclerotiorum</i>	Dilución en agar	PIC al 30% w/v	26.1%	Garcia et al., 2012
	Frutos					42.9%	
	Hojas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	ZIC a 100µL/disco	9.0 mm	Nazmul et al., 2011
<i>P. argyrophyllum</i>	Hojas	Hexano	<i>B. cinerea</i>	Microdilución	MIC	1.0 mg/mL	Duraipandiyan & Ignacimuthu, 2011
			<i>C. lunata</i>			0.5 mg/mL	
			<i>M. grisea</i>			0.5 mg/mL	
		AcOEt	<i>B. cinerea</i>	Microdilución	MIC	0.5 mg/mL	
			<i>C. lunata</i>			0.5 mg/mL	
			<i>M. grisea</i>			0.5 mg/mL	
	<i>A. niger</i>		1.0 mg/mL				
MeOH	<i>M. grisea</i>	Microdilución	MIC	1.0 mg/mL			
<i>P. auritum</i>	Parte aérea	Hexano	<i>B. theobromae</i>	Dilución en agar	IC ₅₀	540.9 µg/mL	Pineda et al., 2012
			<i>C. acutatum</i>			766.5 µg/mL	

Tabla 1. (Continuación)

<i>P. betle</i>	Hojas	Acuoso	<i>P. personata</i> <i>P. arachidis</i>	Dilución en agar	PIGE a 1; 2; 5; 40% w/v	21; 10; 32; 97% 15; 21; 39; 98%	Kishore and Pande, 2005
	Hojas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	ZIC para 10 mg/mL	9.5 mm	Yazdani D. et al., 2012
		Fr. Cloroformo			ZIC para 100; 250; 500 µg/mL	10; 11; 13 mm	
		Fr. Hexano			ZIC para 500 µg/mL	9 mm	
	Hojas	Fr. cloroformo	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	PIC a 500 µg/mL	91%	Yazdani D. et al., 2013
	Hojas	EtOH 90%	<i>Fusarium sp.</i>	Dilución en agar	PIC a 1000 ppm; 2500 – 10000 ppm	58%; 100%	Sanit., 2016
	Hojas	EtOH 95%	<i>C. gloeosporioides</i>	Dilución en agar	PIC al 0.1; 1% w/v	24.5; 100%	Singburadom, 2015
			<i>C. capsici</i>			10.8; 100%	
			<i>F. oxysporum fsp cubense</i>			21.1; 100%	
			<i>P. oryzae</i>			31.5; 100%	
		EtOH 95%	<i>C. gloeosporioides</i>	Difusión en disco	ZIC al 1.0; 10.0% w/v	0.0; 0.9 cm	
			<i>C. capsici</i>			0.6; 1.5 cm	
			<i>F. oxysporum fsp cubense</i>			0.7; 1.6 cm	
			<i>S. ampelinum</i>			0.4; 1.3 cm	
		EP:CHCl ₃ (35:65)	<i>S. ampelinum</i>	Difusión en agar	ZIC al 10% w/v	3.4 mm	
<i>C. gloeosporioides</i>			3.5 mm				
<i>F. oxysporum</i>	3.5 mm						
<i>R. solani</i>	4.0 mm						
Hojas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	ZIC a 100µL/disco	11.0 mm	Nazmul et al., 2011	
Hojas	Acuoso	<i>P. citrinum</i>	Microdilución	PIC 0.21-0.84 mg/mL	Estimulación del crecimiento	Panda et al., 2015	

Tabla 1. (Continuación)

<i>P. betle</i>	Hojas	Acuoso (Caliente)	<i>A. niger</i> <i>Penicillium sp</i>	Microdilución	MIC	21.3 mg/mL 26.7 mg/mL	Suwanmanee et al., 2014
	Hojas	Hexano, Cloroformo	<i>A. niger</i> <i>A. flavus</i>	Difusión en agar	ZIC a 0.5 g/mL	4.4 mm 3.5 mm	Vadlapudi & Kaladhar, 2012
	Hojas	Fr. cloroformo	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	PIC a 750µg/mL	100%	Yazdani et al., 2013
	Hojas	Acuoso	<i>P. aphanidermatum</i>	Dilución en agar	CM a 40% v/v	9.0 mm	Sivaprakash et al., 2012
		Acetona			CM a 10% v/v	55.6 mm	
		Éter de petróleo			CM a 20% v/v	43.0 mm	
	Hojas	MeOH	<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	ZIC -	61.2; 65.5; 66.6; 71.8 mm -	Johnny et al., 2011
					PIGE	2.8; 2.9; 3.0; 3.2%;	
					a 0.01; 0.10; 1.00; 10.00 µg/mL	12.5 µg/mL	
		Cloroformo	<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	MIC	61.3; 63.9; 65.4; 66.2 mm -	
						2.7; 2.8; 2.9; 2.9% -	
						17.5 µg/mL	
	Acetona	<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	MIC	59.6; 62.2; 63.8; 63.6 mm -		
					2.7; 2.8; 2.8; 2.9% -		
					15.0 µg/mL		
Hojas	MeOH	<i>A. alternata</i>	Difusión en disco	Actividad antifúngica para 10 mg/disco; MIQ	+; 2.5 mg	Patel & Jasrai, 2013	
		<i>A. flavus</i>			+; 1.0 mg		
		<i>A. niger</i>			+; 0.5 mg		
		<i>F. oxysporum</i>			+; 0.5 mg		
		<i>F. oxysporum f.sp. laginariae</i>			+; 2.5 mg		

Tabla 1. (Continuación)

<i>P. betle</i>	Hojas	MeOH	<i>F. solani</i> (GUB05)	Difusión en disco	Actividad antifúngica para 10 mg/disco; MIQ	+; 0.5 mg	Patel & Jasrai, 2013
			<i>F. solani</i> (GUB06)			+; 2.5 mg	
			<i>R. solani</i>			+; 1.0 mg	
			<i>S. oryzae</i>			+; 0.5 mg	
			<i>S. hydroophillum</i>			+; 2.5 mg	
		Cloroformo	<i>A. alternata</i>	Difusión en disco	Actividad antifúngica para 10 mg/disco; MIQ	+; 5.0 mg	
			<i>A. flavus</i>			+; 0.5 mg	
			<i>A. niger</i>			+; 0.5 mg	
			<i>F. oxysporum</i>			+; 0.5 mg	
			<i>F. oxysporum</i> f.sp. <i>laginariae</i>			+; 5.0 mg	
	<i>F. solani</i> (GUB05)		+; 5.0 mg				
	<i>F. solani</i> (GUB06)		+; 5.0 mg				
	<i>R. oryzae</i>		+; 8.0 mg				
	<i>R. solani</i>		+; 0.5 mg				
	Éter de petróleo	<i>S. oryzae</i>	Difusión en disco	Actividad antifúngica para 10 mg/disco; MIQ	+; 2.5 mg		
					+; 2.5 mg		
					+; 2.5 mg		
					+; 5.0 mg		

Tabla 1. (Continuación)

<i>P. calceolarium</i>	Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	10.5%	Correa et al., 2015
			<i>F. oxysporum</i>			14.8%	
		Diclorometano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	15.5%	
			<i>F. oxysporum</i>			16.8%	
		MeOH	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	14.5%	
			<i>F. oxysporum</i>			18.5%	
<i>P. chaba</i>	Raíces	Éter de petróleo	<i>A. niger</i>	Difusión en disco	ZIC a 200 µg/disco	11 mm	Naz et al., 2009 y 2012
			<i>A. flavus</i>			10 mm	
		Cloroformo	<i>A. niger</i>			13 mm	
			<i>A. flavus</i>			10 mm	
		AcOEt	<i>A. niger</i>			8 mm	Naz et al., 2009
			<i>A. flavus</i>			9 mm	
	MeOH	<i>A. flavus</i>	8 mm				
	Tallo	Fr. Acetona	<i>A. niger</i>	Difusión en agar	ZIC para 500 ppm	16 mm	Biswas et al., 2012
	Hojas	Hexano	<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	ZIC y PIC a 1500 ppm; MIC µg/mL	19.3 mm; 56.4%;	Rahman et al., 2011
						500 µg/mL	
ND							

Tabla 1. (Continuación)

<i>P. chaba</i>	Raíces	Éter de petróleo	<i>A. niger</i>	Difusión en disco	ZIC a 200 µg/disco	11 mm	Naz et al., 2009 y 2012
			<i>A. flavus</i>			10 mm	
		Cloroformo	<i>A. niger</i>			13 mm	
			<i>A. flavus</i>			10 mm	
		AcOEt	<i>A. niger</i>			8 mm	
			<i>A. flavus</i>			9 mm	
	MeOH	<i>A. flavus</i>	8 mm				
	Tallo	Fr. Acetona	<i>A. niger</i>	Difusión en agar	ZIC para 500 ppm	16 mm	Biswas et al., 2012
	Hojas	Hexano	<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	ZIC y PIC a 1500 ppm; MIC µg/mL	19.3 mm; 56.4%;	Rahman et al., 2011
						500 µg/mL	
			<i>F. oxysporum</i>			20.3 mm; 54.5%;	
		500 µg/mL					
		<i>F. solani</i>	20.3 mm; 54.5%;				
			ND				
Cloroformo	<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	ZIC y PIC a 1500 ppm; MIC µg/mL	16.5 mm; 63.5%; 250 µg/mL			
	<i>F. oxysporum</i>			20.2 mm; 54.6%; 500 µg/mL			

Tabla 1. (Continuación)

			<i>F. solani</i>			16.5 mm; 63.5%; 250 µg/mL	Rahman et al., 2011
			<i>P. capsici</i>			20.2 mm; 54.5%; 500 µg/mL	
			<i>R. solani</i>			17.1 mm; 63.0%; ND	
	AcOEt		<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	ZIC y PIC a 1500 ppm; MIC µg/mL	15.4 mm; 65.5%; 125 µg/mL	
			<i>F. oxysporum</i>			19.0 mm; 56.3%; 500 µg/mL	
			<i>F. solani</i>			16.0 mm; 64.0; 250 µg/mL	
			<i>P. capsici</i>			19.0 mm; 58.1%; 500 µg/mL	
			<i>R. solani</i>			13.4 mm; 70.0%; ND	
	EtOH		<i>C. capsici</i>	Dilución en agar	ZIC y PIC a 1500 ppm; MIC µg/mL	17.1 mm; 63.3%; 250 µg/mL	

Tabla 1. (Continuación)

			<i>F. oxysporum</i>			19.2 mm; 56.4%;	
						500 µg/mL	
			<i>F. solani</i>			16.3 mm; 63.3%;	Rahman et al., 2011
						250 µg/mL	
			<i>P. capsici</i>			20.3 mm; 54.4%;	
						500 µg/mL	
			<i>R. solani</i>			15.0 mm; 68.2%;	
						ND	
<i>P. crassinervium</i>	Parte aérea	Diclorometano	<i>M. fijiensis</i>	Dilución en agar	PIC a 1000 mg/mL	55%	Niño et al., 2011
	Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	16.9%	Correa et al., 2015
			<i>F. oxysporum</i>			13.1%	
		Diclorometano	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	20.6%	
		MeOH	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	26.9%	
	<i>F. oxysporum</i>		22.7%				
<i>P. cubeba</i>	Semillas	Éter etílico	<i>P. purpurogenum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	32; 46%	Singh et al., 2008

Tabla 1. (Continuación)

			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	28; 52%
		<i>F. oxysporum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	28; 40%
			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	18; 21%
		<i>F. proliferatum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	33; 38%
			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	36; 45%
		<i>P. madriti</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	31; 66%
			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	31; 35%
	EtOH	<i>P. purpurogenum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	20; 26%
			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	13; 36%
		<i>F. oxysporum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	36; 51%
			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	10; 14%
		<i>F. proliferatum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	40; 46%
			Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	60; 75%
		<i>P. madriti</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	51; 75%

Tabla 1. (Continuación)

				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	63; 65%
		Bencina	<i>P. purpurogenum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	26; 34%
				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	35; 69%
			<i>F. oxysporum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	48; 65%
				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	0; 2%
			<i>F. proliferatum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	53; 59%
				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	32; 40%
			<i>P. madriti</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	34; 63%
				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	38; 42%
		Cloroformo	<i>P. purpurogenum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	18; 31%
				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	48; 83%
			<i>F. oxysporum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	44; 49%
				Difusión en disco	PIC a 2; 6 µL	15; 22%
			<i>F. proliferatum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	52; 62%

Tabla 1. (Continuación)

			<i>P. madriti</i>	Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	13; 40%			
				Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	42; 70%			
			<i>P. purpurogenum</i>	Difusión en disco	PIC a 2; 6 μ L	42; 53%			
				Dilución en agar	PIC a 2; 6 μ L	36; 38%			
			MeOH		<i>F. oxysporum</i>	Difusión en disco		PIC a 2; 6 μ L	30; 61%
						Dilución en agar		PIC a 2; 6 μ L	13; 39%
	<i>F. proliferatum</i>	Difusión en disco			PIC a 2; 6 μ L	4; 10%			
		Dilución en agar			PIC a 2; 6 μ L	54; 68%			
	<i>P. madriti</i>	Difusión en disco			PIC a 2; 6 μ L	9; 25%			
		Dilución en agar			PIC a 2; 6 μ L	20; 40%			
	<i>P. danielgonzalezii</i> <i>Trel.</i>	Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL		1.2%	Correa et al., 2015
			Diclorometano	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL		9.1%	

Tabla 1. (Continuación)

		MeOH	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	Activo* a 2000 mg/L	
			<i>F. oxysporum</i>			20.7%	
<i>P. eripodon</i>	Parte aérea	MeOH	<i>M. fijiensis</i>	Dilución en agar	PIGE a 1000 mg/mL	58%	Niño et al., 2011
	Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	24.3%	Correa et al., 2015
			<i>F. oxysporum</i>			23.3%	
		Diclorometano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	2.7%	
			<i>F. oxysporum</i>			31.7%	
	MeOH	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	Activo* a 2000 mg/L		
<i>F. oxysporum</i>		33.8%					
<i>P. glanduligerum</i>	Parte aérea	Diclorometano	<i>M. fijiensis</i>	Dilución en agar	PIC a 1000 mg/mL	58%	Niño et al., 2011
	Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	14.6%	Correa et al., 2015
			<i>F. oxysporum</i>			6.9%	

Tabla 1. (Continuación)

		Diclorometano	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	28.8%	
		MeOH	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	27.2%	
			<i>F. oxysporum</i>			34.6%	
<i>P. guineense</i>	Semillas	EtOH 90%	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	PIC 1; 2; 4 mg/mL	0; 25; 25%	Ngane et al., 2003
				Microdilución	MIC	>1000 µg/mL	
		Hexano	<i>A. flavus</i>	Microdilución	MIC	>100 µg/mL	
		Hex:Cloroformo 4:1	<i>A. flavus</i>	Microdilución	MIC	100 µg/mL	
	Semillas	Acuoso	<i>C. destructivum</i>	Dilución en agar	PIC para 25% w/v	84.9%	Enyiukwu & Awurum, 2013
Hojas	EtOH	<i>A. niger</i>	Difusión en agar	ZIC para 0.5 mL de extracto	20 mm	Dada et al., 2013	
		<i>A. flavus</i>			25 mm		
<i>P. guineensis</i>	Semillas	EtOH	<i>A. niger</i>	Difusión en agar	ZIC para 0.5 mL de extracto	20 mm	Dada et al., 2013
			<i>A. flavus</i>			20 mm	
<i>P. holtonii</i>	Parte aérea	Hexano	<i>B. theobromae</i>	Dilución en agar	IC ₅₀	126.5 µg/mL	Pineda et al., 2012

Tabla 1. (Continuación)

			<i>C. acutatum</i>			139.4 µg/mL	
<i>P. krukoffii</i>	Hojas y Ramas	MeOH 80%	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIC	0.1 µg/mL	Da Silva et al., 2010
			<i>C. sphaerospermum</i>			0.5 µg/mL	
<i>P. longum</i>	Frutos	MeOH	<i>P. recondita</i>	Difusión en disco	PIC para 500; 1000 mg/L	85%; 100%	Lee et al., 2001
		Fr. Hexano	<i>P. grisea</i>	Difusión en disco	PIC para 1000 mg/L	33%	
			<i>B. cinerea</i>			15%	
			<i>P. infestans</i>			40%	
			<i>P. recondita</i>			100%	
		Fr. cloroformo	<i>P. infestans</i>	Difusión en disco	PIC para 500; 1000 mg/L	25%; 50%	
	AcOEt	<i>P. recondita</i>	Difusión en disco	PIC para 1000 mg/L	40%		
	Hojas	Acuoso	<i>T. paradoxa</i>	Dilución en agar	PIC para 10% v/v	0.4%	Chakrabarty et al., 2013
Frutos	EtOH	<i>C. capsici</i>	Difusión en disco	ZIC para 100.000 ppm	1.00 cm	Ounchokdee et al., 2016	
		<i>C. gloeosporioides</i>			0.70 cm		

Tabla 1. (Continuación)

			<i>F. oxysporum</i>			0.70 cm	
		Éter etílico	<i>C. capsici</i>	Difusión en disco	ZIC para 100.000 ppm	1.70 cm	
			<i>C. gloeosporioides</i>			0.76 cm	
		AcOEt	<i>C. capsici</i>	Difusión en disco	ZIC para 100.000 ppm	0.90 cm	
			<i>C. gloeosporioides</i>			0.65 cm	
			<i>F. oxysporum</i>			0.90 cm	
<i>P. nigrum</i>	Raíces	Acuoso	<i>F. solani</i>	Difusión en disco	ZIC 0.1; 1.0; 5.0%	26; 27; 30 mm	Dawar et al., 2008
			<i>R. solani</i>			2; 3; 5 mm	
			<i>M. phaseolina</i>			17; 22; 28 mm	
		<i>F. solani</i>	Difusión en agar	ZIC 0.1; 1.0; 5.0%	26; 28; 31 mm		
		<i>R. solani</i>			0; 4; 5 mm		
		<i>M. phaseolina</i>			17; 21; 30 mm		
		EtOH	<i>F. solani</i>	Difusión en disco	ZIC 250; 500; 1000 ppm	32; 25; 22 mm	
			<i>R. solani</i>			10; 6; 4 mm	

Tabla 1. (Continuación)

			<i>M. phaseolina</i>			30; 25; 20 mm	
			<i>F. solani</i>			25; 23; 20 mm	
			<i>R. solani</i>	Difusión en agar	ZIC 250; 500; 1000 ppm	20; 18; 16 mm	
			<i>M. phaseolina</i>			27; 21; 17 mm	
Semillas	Acetona	<i>A. niger</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	29; 36; 46%	Singh et al., 2004	
			Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	14; 50; 71%		
		<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	50; 56; 75%		
			Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	25; 34; 40%		
		<i>A. ochraceus</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	75; 88; 100%		
			Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	6; 13; 25%		
		<i>A. oryzae</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	29; 36; 57%		
			Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	43; 57; 64%		
		<i>F. moniliforme</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	38; 50; 56%		
			Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	0; 0; 12.5%		

Tabla 1. (Continuación)

			<i>F. graminearum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	50; 60; 74%	Park et al., 2008			
				Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	0; 6; 10%				
			<i>P. citrinum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	19; 25; 28%				
				Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	6; 19; 39%				
			<i>P. viridicatum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	60; 88; 100%				
				Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	6; 14; 44%				
			<i>P. madriti</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	7; 14; 29%				
				Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	21; 30; 44%				
			<i>C. lunata</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 4; 6 µL	13; 63; 88%				
				Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 µL	6; 14; 25%				
			Frutos	EtOH		Microdilución		AF a 2mg/mL - PIC para 0.5 y 1.0 mg/mL	<i>M. grisea</i>	96% - ND
									<i>T. cucumeris</i>	45% - ND
									<i>B. cinerea</i>	80% - 11; 47%
									<i>P. infestans</i>	100% -73; 88%
<i>P. recondita</i>	100% - 42; 94%									

Tabla 1. (Continuación)

			<i>B. graminis f. sp. Hordei</i>			82% - 25; 41%	
Frutos	EtOH	Difusión en disco	PIC para 5 a 10 µL	<i>A. niger</i>	37.1-46.4%	Singh et al., 2013	
				<i>A. flavus</i>	25.3-42.6%		
				<i>A. oryzae</i>	32.8-46.3%		
				<i>F. monoliforme</i>	0-12.7%		
				<i>F. graminearum</i>	47.3-52.4%		
				<i>P. viridicatum</i>	62.9-69.7		
	Hexano	Difusión en disco	PIC para 5 a 10 µL	<i>A. niger</i>	32.4-42.7%		
				<i>A. flavus</i>	24.3-39.7%		
				<i>A. oryzae</i>	28.0-42.6%		
				<i>F. monoliforme</i>	0-10.8%		
				<i>F. graminearum</i>	46.4-49.3%		

Tabla 1. (Continuación)

			<i>P. viridicatum</i>			39.3-44.7%	
		EtOH	<i>A. niger</i>	Dilución en agar	PIC para 5 a 10 µL	11.7-23.6%	
			<i>A. flavus</i>			15.6-22.1%	
			<i>A. oryzae</i>			11.3-13.5	
			<i>F. graminearum</i>			37.2-44.1%	
			<i>P. viridicatum</i>			30.7-41.2%	
			Hexano			<i>A. niger</i>	Difusión en disco
		<i>A. flavus</i>		13.1-20.7%			
		<i>A. oryzae</i>		10.5-12.8%			
		<i>F. graminearum</i>		34.7-40.6%			
		<i>P. viridicatum</i>		27.3-39.6%			
	Hojas	Acuoso	<i>P. personata</i>	Dilución en agar	PIGE a 40% w/v	65%	Kishore & Pande, 2005
			<i>P. arachidis</i>			80%	
	Hojas	Acuoso	<i>T. paradoxa</i>	Dilución en agar	PIC para 10% v/v	2.1%	Chakrabarty et al., 2013

Tabla 1. (Continuación)

	Semillas	Tolueno	<i>A. niger</i>	Difusión en disco	ZIC para 5 μ L/disco durante 24 horas	5 mm	Gupta et al., 2013
	Frutos	MeOH	<i>C. acutatum</i>	Microdilución	ZIC para 80 μ g/pozo	5.5 mm	Radwan et al., 2014
<i>C. fragariae</i>			6.0 mm				
<i>C. gloeosporioides</i>			5.5 mm				
	Hojas	EtOH	<i>Myrothecium sp.</i>	Dilución en agar	ZIC a 75 y 100 μ L	1 y 2 mm	Swadhini et al., 2011
		MeOH			ZIC a 50; 75 y 100 μ L	11; 12 y 17 mm	
	Hojas	EtOH	<i>Aspergillus sp.</i>	Difusión en disco	ZIC para 10 μ g/disc	17.3 mm	Akthar et al., 2014
					MIC	12.5 mg/mL	
					MFC	25.0 mg/mL	
		MeOH	<i>Aspergillus sp.</i>	Difusión en disco	ZIC para 10 μ g/disc	19.7 mm	
					MIC	12.5 mg/mL	
					MFC	12.5 mg/mL	

Tabla 1. (Continuación)

		Éter de petróleo	<i>Aspergillus sp.</i>	Difusión en disco	ZIC para 10 µg/disc	15.3 mm	
					MIC	25.0 mg/mL	
					MFC	25.0 mg/mL	
		Acuoso	<i>Aspergillus sp.</i>	Difusión en disco	ZIC para 10 µg/disc	11.3 mm	
					MIC	50.0 mg/mL	
					MFC	50.0 mg/mL	
Hojas	EtOH	<i>F. chlamydosporum</i>	Inoculación en campo	PIC a 0.1 g/mL	2.2%	Mudalige et al., 2011	
<i>P. pesaresanum</i>	Parte aérea	MeOH	<i>M. fijiensis</i>	Dilución en agar	PIGE; PIC a 1000 mg/mL	95%; 100%	Niño et al., 2011
		Diclorometano			PIGE; PIC a 1000 mg/mL	100%; 78%	
	Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	38.0%	Correa et al., 2015
			<i>F. oxysporum</i>			34.5%	
		Diclorometano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	58.7%	
			<i>F. oxysporum</i>			35.0%	

Tabla 1. (Continuación)

		MeOH	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	Activo* a 500 mg/L	
			<i>F. oxysporum</i>			42.4%	
<i>P. regnellii</i>	Hojas	EtOH 50; 70; 90% v/v	<i>A. niger</i>	Microdilución	MIC	>1000 mg/mL	Koroishi et al., 2008
<i>P. ribesoides</i>	Hojas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	ZIC a 100µL/disco	9.0 mm	Nazmul et al., 2011
<i>P. sarmentosum</i>	Hojas	MeOH	<i>C. gloeosporioides</i>	Dilución en agar	PIC; PIGE para 2.5% v/v	100.0; 100.0%	Bussaman et al., 2012
		EtOH 80%				16.5; 56.8%	
		Cloroformo				77.8; 100.0%	
	Hojas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Difusión en disco	ZIC a 100µL/disco	9.0 mm	Nazmul et al., 2011
<i>P. solmsianum</i>	Hojas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	De Campos et al., 2005
			<i>A. niger</i>			>1000 µg/mL	
			<i>Rhizopus sp.</i>			900 µg/mL	
		Fr. Hexano	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	

Tabla 1. (Continuación)

			<i>A. niger</i>			>1000 µg/mL	
			<i>Rhizopus sp.</i>			1000 µg/mL	
		Fr. Diclorometano	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	
			<i>A. niger</i>			>1000 µg/mL	
			<i>Rhizopus sp.</i>			900 µg/mL	
		Fr. AcOEt	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	
			<i>A. niger</i>			>1000 µg/mL	
			<i>Rhizopus sp.</i>			1000 µg/mL	
<i>P. septuplinervium</i>	Parte aérea	EtOH 96%	<i>F. oxysporum f. sp. dianthi</i>	Difusión en disco	MIQ	100 ug	Ávila et al., 2011
			<i>B. cinerea</i>			100 ug	
<i>P. umbellatum</i>	Ramas	MeOH	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	PIC para 13.3 µg/mL	22%	Tabopda et al., 2008
			<i>F. solani</i>			37%	
		Hexano	<i>F. solani</i>	Dilución en agar	PIC para 13.3 µg/mL	8%	
			<i>A. flavus</i>			15%	
		Cloroformo	<i>F. solani</i>	Dilución en agar	PIC para 13.3 µg/mL	51%	
<i>A. flavus</i>	27%						
Hex:AcOEt 6:4	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	PIC para 13.3 µg/mL				

Tabla 1. (Continuación)

Hojas y Tallo	n-Hexano	<i>F. solani</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	55%	Correa et al., 2015
		<i>F. solani</i>			12.8%	
	Diclorometano	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	15.1%	
		<i>F. solani</i>			10.1%	
	MeOH	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	30.7%	
		<i>F. solani</i>			24.2%	
	MeOH	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en agar	PIC a 3400 mg/mL	15.6%	
		<i>F. solani</i>				

AcOEt: Acetato de etilo;
 CM: Crecimiento miceliar;
 ED₅₀: Dosis efectiva 50;
 EP: éter de petróleo;
 EtOH: Etanol;
 Fr.: Fracción;
 GC: Germinación de conidias;

IC₅₀: Cantidad inhibitoria 50;
 MFC: Concentración mínima fungicida;
 MeOH: Metanol;
 MIC: Concentración mínima inhibitoria;
 MIQ: Cantidad mínima inhibitoria;
 ND: no detectado;

PIC: Porcentaje de inhibición de crecimiento;
 PIGE: Porcentaje de inhibición de esporas;
 TLC=CCD: Cromatografía en capa delgada;
 ZIC: Zona de inhibición de crecimiento

La actividad antifúngica fue evaluada principalmente empleando los métodos de microdilución, difusión en disco y agar; y en menor medida aparecieron reportes de ensayos en campo o con bioautografía. En la determinación de la bioactividad, aparecen reportadas diversas variables de medida, entre las que se encuentran: concentración mínima inhibitoria (MIC), cantidad mínima inhibitoria (MIQ), porcentajes de inhibición de crecimiento micelial (PIC), Zona de inhibición de crecimiento (ZIC) y Porcentaje de inhibición de germinación de esporas (PIGE). También se observan reportes de bioactividad sobre 24 géneros de hongos fitopatógenos, representados en más de 50 especies. Los géneros *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* y *Cladosporium* fueron los más estudiados. Para la especie *P. nigrum* se reportó bioactividad contra 28 especies diferentes de hongos; seguida de *P. betle* que presentó actividad contra 22 especies diferentes de fitopatógenos, seguida de *P. longum* con actividad contra 8 especies [De Campos et al., 2005; Koroishi et al., 2008; Duraipandiyam and Ignacimuthu, 2011; Naz et al., 2009 y 2012; Biswas et al., 2012; Vadlapudi & Kaladhar, 2012; Patel & Jasrai, 2013; Dada et al., 2013; Singh et al., 2004 y 2013; Gupta et al., 2013; Suwanmanee et al., 2014].

En los estudios relacionados con hongos del género *Fusarium*, se destacan los realizados sobre *F. oxysporum*, hongo que posee una alta capacidad invasiva sobre más de cien cultivos diferentes como frutas, hortalizas y tubérculos; siendo los extractos etanólicos de la parte aérea de *P. septuclinervium* (EtOH 96%, MIQ = 100 µg) [Ávila et al, 2011] y de hojas *P. betle* (EtOH 95%, 1 % de extracto, PIC = 100%) [Singburadom, 2015].

Los hongos *A. niger* y *A. flavus* son los más estudiados dentro del género *Aspergillus*, esta revisión fundamenta la bioactividad del extracto crudo (EtOH) de las especies *P. guineense* (hojas) y *P. guineensis* (semillas), las cuales reportaron un halo o zona de inhibición de crecimiento (ZIC) de 20 mm de diámetro para 0.5 mL de extracto contra *A. niger* y *A. flavus* [Dada et al., 2013]; en la fracción de hexano de la misma especie obtuvieron una MIC de 0.5 mg/mL [Duraipandiyam & Ignacimuthu, 2011]; por otra parte, frente a estos hongos las fracciones de distintos solventes (Hexano, DCM, AcOEt) de las hojas de *P. solmsianum* presentaron valores menores de actividad (MIC>1000µg/mL) [De Campos et al., 2005].

La bioactividad sobre algunas especies pertenecientes al género *Penicillium* fueron atribuidas al extracto con acetona de las semillas de *P. nigrum*, que aplicando una cantidad de 6µL de extracto en un ensayo de difusión en agar, produjo porcentajes de inhibición de crecimiento de 44, 44 y 39% sobre los fitopatógenos *P. viridicatum*, *P. madriti* y *P. citrinum* respectivamente [Sing et al., 2004]. En este mismo estudio se evaluó la bioactividad por el método de dilución en agar, encontrándose esta vez un PIC del 100% sobre el hongo *P. viridicatum*. En otro estudio empleando el método de dilución en agar, se encontró que el extracto etanólico de semillas de la especie *P. cubeba* causó un PIC = 75.3% sobre el hongo *P. madriti*, seguido del extracto de cloroformo con PIC = 70% y el de éter etílico con PIC = 65.7% [Sing et al., 2008]. Es importante resaltar el comportamiento encontrado por Panda y colaboradores para el extracto acuoso de hojas de *P. betle* al ser evaluado sobre el hongo *P. citrinum*, en este caso se encontró que el extracto evaluado estimuló el crecimiento del hongo [Panda et al., 2015].

Sobre el género *Cladosporium* principalmente contra los hongos *C. cladosporioides* y *C. sphaerospermum* se reporta bioactividad de algunas especies de *Piper*. En un ensayo bioautográfico en TLC, con el extracto metanólico (MeOH 80%) de hojas y ramas de *P. krukoffii*, se requirieron cantidades inferiores a 0.5 µg/mL (MIC) para causar la inhibición total del crecimiento de los hongos *C. cladosporioides* y *C. sphaerospermum* [da Silva, 2010]. La fracción de acetato de etilo obtenida de hojas de *P. crassinervium* inhibió completamente el crecimiento de *C. cladosporioides* y *C. sphaerospermum* empleando cantidades de 1.0 y 5.0 µg (MIQ) de extracto, respectivamente [Danelutte, 2003; Andrade, E. et al., 2011]. En otro estudio el extracto de diclorometano de hojas de *P. malacophyllum* también inhibió el crecimiento de los hongos *C. cladosporioides* y *C. sphaerospermum* empleando entre 1 y 5 µg (MIQ) de extracto [Lago, 2005].

Según la revisión bibliográfica, se deduce que existen extractos provenientes de especies del género *Piper* que tienen un alto potencial para el control de hongos fitopatógenos, principalmente de los géneros *Aspergillus*, *Fusarium* y *Cladosporium*. No obstante, establecer una comparación que permita determinar cuáles son las especies más promisorias en el control de los fitopatógenos estudiados, en este caso, la gran cantidad

de variables usadas para evaluar la bioactividad, la falta de uniformidad en las unidades reportadas, las condiciones tan diversas en las concentraciones y cantidades de extractos usados, dificultaron la selección más objetiva de las especies promisorias. Sin embargo, se puede decir que los extractos provenientes de diferentes órganos de especies como *P. nigrum* y *P. betle*, han centrado el número de estudios sobre la actividad antifúngica y presentan potencial en la búsqueda de alternativas más amigables en el control de hongos fitopatógenos. También, es importante resaltar que las investigaciones en este campo aún son muy preliminares, pues han sido realizadas únicamente con ensayos *in vitro*, hecho que no ha permitido determinar la verdadera potencialidad de las especies del género *Piper* como agentes fitosanitarios de interés en el sector agrícola para el control de hongos fitopatógenos.

2.3. Aceites esenciales (AE) con actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos

Entre las alternativas para el control natural de plagas de interés agrícola se encuentran los aceites esenciales (AE), que corresponden a mezclas complejas de metabolitos secundarios volátiles, que son reconocidas desde la antigüedad por poseer interesantes actividades biológicas, entre las que se destacan sus propiedades antibacterianas, antifúngicas y antioxidantes [Shojaei y Sani, 2015]. Estas sustancias tienen como ventajas las siguientes: 1) son efectivos y específicos sobre los microorganismos objetivo, 2) su volatilidad evita que queden residuos, 3) su alta biodegradabilidad evita su bioacumulación y 4) son considerados seguros y de baja toxicidad para mamíferos, características que hacen de los AE sustancias promisorias para el manejo de plagas a nivel agrícola [Sturchio et al., 2014]. Aunque los mecanismos de acción de los AE no han sido totalmente descritos, en general se ha reportado que los componentes químicos presentes en ellos producen los siguientes efectos en los hongos: 1) afectan la funcionalidad y estructura de la membrana celular debido a que desnaturalizan las proteínas de membrana, 2) bajas concentraciones de AE inhiben la respiración celular y cambian la permeabilidad de la membrana celular, 3) altas concentraciones de AE conducen a daño severo de la membrana, pérdida de la homeostasis y muerte celular, 4) causan precipitación de proteínas celulares e inhiben enzimas responsables de la producción de energía y de la síntesis de compuestos estructurales de la célula, 5) aumentan la permeabilidad de la membrana celular promoviendo la fuga de constituyentes intracelulares vitales y 6) inhiben

la producción de micotoxinas [Daferera et al., 2000; Carson et al., 2002; Cristani et al. 2007; Omidbeygi et al., 2007; Herath 2008; Necha y Barrera, 2008; Viuda-Martos et al 2008; Sharma y Tripathi, 2008; Bittner 2009].

La estructura química de los componentes principales de AE y sus propiedades antifúngicas están relacionadas. Se ha documentado que la presencia y posición de grupos hidroxilo en la molécula, la presencia del núcleo aromático, la solubilidad en las grasas y la orientación espacial afectan la actividad antifúngica [Veluri et al., 2004]. Entre las características estructurales que se han detectado como importantes para ejercer efecto antifúngico y potenciar la actividad se encuentran: 1) presencia de núcleo aromático, 2) presencia de grupo OH fenólico, 3) presencia de grupos alquilo en el anillo fenólico, 4) presencia de grupos acetato y 5) presencia de oxígeno en monoterpenos [Decker, 1995; Naigre et al., 1996; Dorman y Deans, 2000]. Entre los compuestos volátiles que han presentado actividad antifúngica sobre hongos de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, entre otros, se destacan los fenoles carvacrol, timol y eugenol, los aldehídos cinamaldehído, perilaldehído y citral, y los monoterpenos citronelol, geraniol, alcohol perílico terpinen-4-ol, geraniol, α -terpineol, mentol y linalol [Kurita et al., 1981; Kurita y Koike, 1983; Benjilali et al., 1984, Kocić-Tanackov y Dimić, 2017].

La familia Piperaceae es una de las familias de plantas consideradas aromáticas, siendo el género *Piper* el que más aporta especies capaces de producir aceites esenciales en buenas cantidades. Los AE producidos por las especies de *Piper* se caracterizan por contener principalmente compuestos aromáticos oxigenados y monoterpenos oxigenados, lo que los hace interesantes como posibles fuentes de agentes antifúngicos. A continuación, en la **Tabla 2** se presentan los resultados de la revisión de los reportes bibliográficos, realizados en el periodo 2001 a 2017, sobre AE obtenidos de especies del género *Piper* que presentan actividad antifúngica y que podrían considerarse como una alternativa para el control de enfermedades de las plantas producidas por diversos hongos fitopatógenos. Los aceites esenciales antifúngicos han sido obtenidos de hojas e inflorescencias de diversas especies del género, en donde se destaca la presencia de constituyentes mayoritarios de tipo monoterpeno (α -pineno, 1,8-cineol y/o limoneno), sesquiterpeno (β -cariofileno, germacreno D y/o óxido de germacreno) y fenilpropano (eugenol, safrol, apiol, dilapiol y/o miristicina).

Tabla 2: Aceites esenciales obtenidos de especies del género *Piper* con actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos

<i>Especie</i>	Órgano planta	Método de separación	Hongo	Método bioensayo	Variable medida	Resultado	Compuestos mayoritarios (%)	Referencia
<i>P. aduncum</i>	Parte aérea seca	Hidrodestilación	<i>C. pernicioso</i>	Difusión en disco	MIC a 95-98; 51% v/v de dilapiol	0.6; 1.0 ppm	Dilapiol (86.9), miristicina (2.0), piperitona (1.6), β -cariofileno (1.2), espatulenol (1.1).	De Almeida et al., 2009
	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>M. grisea</i> <i>P. ultimum</i> <i>B. cinerea</i>	Dilución en agar	PIC a 50; 100 y 500 μ g/mL	61.9; 83.0; 98.2% 4.5; 24.6; 56.8% 15.8; 23.8; 70.5%	Dilapiol (45.92); <i>E</i> -ocimeno (10.39); piperitona (8.47); terpineno-4-ol (3.14); β -cariofileno (2.57)	Guerrini et al., 2009
	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>C. gloeosporioides</i>	Microdilución	MIC	2.0 mg/mL	NR	Anaruma et al., 2010
	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. sphaerosperma</i>	Bioautografía a TLC	MIQ	50 μ g	Linalol (31.7); biciclogermacreno (11.2); nerolidol (10.4); β -cariofileno (9.1); α -humuleno (5.5)	Navickiene et al., 2006

Tabla 2. (Continuación)

	Frutos	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía a TLC	MIQ	10 µg 50 µg	Linalol (41.2); γ - terpineno (12.0); <i>trans</i> -ocimeno (11.1); α-terpineno (6.8); nerolidol (6.1)	
	Hojas	Destilación por arrastre con vapor	<i>F. solani</i> <i>Phytophthora sp.</i> <i>R. stolonifer</i> <i>C. cladosporioides</i> <i>M. roleri</i> <i>A. oryzae</i>	Difusión en agar	PIC entre 10 a 500 µL/mL	94% 91% 82% 74% 65% 39%	Dilapiol (45.92), <i>trans-E</i> -cimeno (10.39), piperitona (8.47), 4-terpineol (3.14), β-cariofileno (2.57)	Scalvenzi et al., 2016
			<i>F. solani</i> ; <i>Rhytophthora sp.</i> ; <i>R. stolonifer</i> ; <i>C. cladosporioides</i> ; <i>M. roleri</i> ; <i>A. oryzae</i>		CM a 10; 50; 100; 200 y 500 µL/mL	81.8; 67.1; 56.8; 41.8; 22.1 mm		
<i>P. aleyreanum</i>	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía a TLC	MIQ	< 0.1 µg	β-Elemeno (16.3); biciclogermacreno (9.2); δ-elemeno (8.2); germacreno D (6.9); β-cariofileno (6.2)	Da Silva et al., 2014
<i>P. anonifolium</i>	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía a TLC	MIQ	< 0.5 µg	Selin-11-en-4-ol (20.0); germacreno D (12.7); α-selineno (11.9); α-pineno (8.8); β-cariofileno (3.7); 10- <i>epi</i> -γ-eudesmol (3.7)	Da Silva et al., 2014

Tabla 2. (Continuación)

<i>P. auritum</i>	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>B. theobromae</i> <i>C. acutalum</i>	Dilución en agar	IC ₅₀	254.4 µg/mL 364.7 µg/mL	Safrol (69.54); β-cariofileno (3.71); <i>p</i> -cimeno (3.52); erpinoleno (1.42); <i>p</i> -cimen-8-ol (1.38)	Pineda et al., 2012
<i>P. barberi</i>	Frutos	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>A. foetidus</i> <i>A. ochraceus</i> <i>P. notatum</i>	Difusión en disco	PIC a 50 µL/mL	71.43% 90.91% 80.00% 62.50%	1,8-Cineol (39.65); α-pineno (11.87); isómero de eugenol (9.40); alcanfor (7.49); canfeno (5.46)	Raju et al., 2011
<i>P. betle var magahi</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. cyidus</i> <i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>A. sydowi</i> <i>A. terreus</i> <i>C. cladosporoides</i> <i>P. italicum</i> <i>Curvularia lunata</i> <i>F. oxysporum</i> <i>Nigrospora sp</i> <i>Mucor sp</i> <i>Mycelia sterilia</i> <i>A. alternata</i>	Dilución en agar	MIC	0.57 µL/mL 0.70 µL/mL 0.73 µL/mL 0.63 µL/mL 0.60 µL/mL 0.67 µL/mL 0.40 µL/mL 0.50 µL/mL 0.50 µL/mL 0.53 µL/mL 0.37 µL/mL 0.30 µL/mL 0.53 µL/mL	Eugenol (63.39); acetileugenol (14.05); cariofileno (4.22); γ-cadineno (3.85); germacreno D (2.85)	Prakash et al., 2010
<i>P. betle L</i>	Hojas y frutos	Hidrodestilación	<i>A. niger</i>	Microdilución	MIC MFC	1.5 mg/mL - Fungicida 4.0 mg/mL	Safrol (48.96); β-cariofileno (15.01); eugenol (14.8); naftaleno (6.29); 1,4-cineol (5.16)	Aumeerud dy-Elalfi et al., 2016

Tabla 2. (Continuación)

	Hojas	Hidrodestilación	<i>P. expansum</i>	Difusión en disco	ZIC a 10; 30 μ L	42.8; 53.8 mm	Chavibetol (22.0), estragol (15.8), β -cubebeno (13.6), chavicol (11.8), cariofileno (11.3)	Basak et al., 2015
				Volatilización en disco		28.7; 38.5 mm		
	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>P. expansum</i>	Microdilución (inactivación de esporas)	MFC	15.0 μ g/mL	NR	Basak et al., 2017
		<i>A. flavus</i>	Microdilución (viabilidad celular)	MIC IC ₅₀	0.67 μ g/mL 0.29 μ g/mL			
		<i>P. expansum</i>		MIC IC ₅₀	0.41 μ g/mL 0.18 μ g/mL			
<i>P. betle</i> var. <i>bangladesi</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. niger</i> <i>A. flavus</i>	Difusión en disco	ZIC a 5 μ L	10 mm 17 mm	Eugenol (50.29); α -selineno (11.39); β -selineno (10.14); germacreno D (2.82); α -farneseno (2.48)	Saxena et al., 2014
<i>P. betle</i> var. <i>deswari</i>			<i>A. niger</i> <i>A. flavus</i>			17 mm 10 mm		
<i>P. bogotense</i>	Hojas	Hidrodestilación Asistida por Microondas	<i>F. oxysporum</i>	Microdilución	MIC IC ₅₀	>500 μ g/mL 25.8 μ g/mL	Hidrato de <i>trans</i> -sabineno (14.2); α -felandreno (13.7); α -pineno (8.7); limoneno (5.3); linalol (4.4)	Tangarife et al., 2014

Tabla 2. (Continuación)

<i>P. borbonense</i> L.	Hojas		Hidrodestilación	<i>C. puteana</i> <i>Coriolus versicolor</i> <i>G. trabeum</i> <i>Poria placenta</i>	Dilución en agar	PIC a 1/3000 v/v	100%	Espatulenol (27.72); δ -selineno (16.27); α -felandreno (8.28); <i>p</i> -cimeno (6.71); δ -2-careno (6.6)	Soidrou et al., 2013
	Tallos			<i>C. puteana</i> <i>C. versicolor</i> <i>G. trabeum</i> <i>P. placenta</i>		PIC a 1/5000 v/v	100%	α -Bisabolol (32.32); (<i>E,E</i>)- α -farneseno (24.61); α -humuleno (9.30); α -selineno (8.74); (<i>E</i>)-anetol (5.54)	
<i>P. bremedeyeri</i>	Hojas		Hidrodestilación Asistida por Microondas	<i>F. oxysporum</i>	Microdilución	MIC IC ₅₀	>500 μ g/mL 15.2 μ g/mL	β -Pinenol (32.3); α -pineno (20.3); <i>trans</i> - β -cariofileno (6.3%); gremacreno D (4.2); β -elemeno (4.1); limoneno (4.2)	Tangarife et al., 2014
<i>P. callosum</i>	Hojas		Hidrodestilación	<i>C. pernicioso</i> <i>P. palmivora</i> <i>P. capsici</i>	Dilución en agar	MIC	0.75 μ L/mL 1.0 μ L/mL 0.75 μ L/mL	NR	Silva y Bastos., 2007

Tabla 2. (Continuación)

<i>P. capense</i>	Planta entera	Hidrodestilación	<i>A. Flavus</i> <i>A. niger</i> <i>A. ochraceus</i> <i>A. parasiticus</i> <i>A. tamaritii</i> <i>A. terreus</i> <i>A. ustus</i> <i>A. versicolor</i> <i>A. wentii</i> <i>F. avenaceum</i> <i>F. chlamydosporum</i> <i>F. crookwellence</i> <i>F. culmorum</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. lateritium</i> <i>F. merismoides</i> <i>F. moniliforme</i> <i>F. nivale</i> <i>F. oxysporum</i> <i>F. proliferatum</i> <i>F. scirpi</i> <i>F. semitectum</i> <i>F. solani</i> <i>F. sporotrichoides</i> <i>F. subglutinans</i> <i>Penicillium citrinum</i> <i>P. claviforme</i> <i>P. cyclopium</i> <i>P. digitatum</i> <i>P. expansum</i> <i>P. isladicum</i> <i>P. ochraceum</i> <i>P. palitans</i> <i>P. paxilli</i> <i>P. purpurogenum</i> <i>P. rubrum</i> <i>P. rugulosum</i> <i>P. viridicatum</i> <i>P. wortmanni</i>	Difusión en disco	ZIC para 53 µg - MIC	7.3 mm; 132.5 mg/mL 16.3 mm; 33.1 mg/mL 16.7 mm; 33.1 mg/mL 6.3 mm; 132.5 mg/mL 14.3 mm; 66.3 mg/mL 9.0 mm; 66.3 mg/mL 10.0 mm; 66.3 mg/mL 14.7 mm; 66.3 mg/mL 17.0 mm; 33.1 mg/mL 9.7 mm; 66.3 mg/mL 6.7 mm; 132.5 mg/mL 9.7 mm; 66.3 mg/mL 8.3 mm; 66.3 mg/mL 8.7 mm; 33.1 mg/mL 6.0 mm; 265 mg/mL 8.0 mm; 132.5 mg/mL 15.3 mm; 33.1 mg/mL 10.3 mm; 66.3 mg/mL 8.7 mm; 66.3 mg/mL 11.7 mm; 33.1 mg/mL 7.3 mm; 132.5 mg/mL 9.0 mm; 66.3 mg/mL 10.3 mm; 132.5 mg/mL 11.3 mm; 33.1 mg/mL 10.0 mm; 66.3 mg/mL 6.0 mm; 265 mg/mL 8.3 mm; 33.1 mg/mL 6.7 mm; 265 mg/mL 6.0 mm; 265 mg/mL 6.0 mm; 265 mg/mL 6.3 mm; 265 mg/mL 6.0 mm; 265 mg/mL 9.7 mm; 132.5 mg/mL 7.0 mm; 265 mg/mL 9.7 mm; 132.5 mg/mL 6.7 mm; 132.5 mg/mL 6.7 mm; 132.5 mg/mL 8.7 mm; 132.5 mg/mL 7.3 mm; 132.5 mg/mL	δ -Cadineno (16.82); β -pineno (7.24); β -bisaboleno (5.65); α -felyreno (4.76); miristicina (4.26)	Matasyoh et al., 2013
-------------------	---------------	------------------	--	-------------------	----------------------	--	---	-----------------------

Tabla 2. (Continuación)

	Semillas	Hidrodestilación	<i>C. puteana</i> <i>C. versicolor</i> <i>G. trabeum</i>	Dilución en agar	PIC a 1/1000 v/v	100%	δ -selineno (13.95); α -felyreno (12.82); δ -2-careno (11.13); <i>p</i> -cimeno (11.01); (<i>E</i>)-anetol (9.51)	Soidrou et al., 2013
<i>P. cernuum</i>	Frutos	Hidrodestilación	<i>B. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	Inh. Crec. Cualitativo para 1 a 400 μ g	Actividad moderada	Germacreno D (14.27); β -cariofileno (9.81); espatulenol (9.68); α -copaeno (6.49); biciclogermacreno (6.48)	Morandim et al., 2010
<i>P. chaba</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. capsici</i> <i>F. oxysporum</i> <i>F. solani</i> <i>P. capsici</i> <i>R. solani</i>	Dilución en agar	PIC a 1000ppm ; MIC	55.1%; 500 μ g/mL 66.1%; 250 μ g/mL 56.6%; 500 μ g/mL 68.2%; 125 μ g/mL 70.3%; ND	α -Humuleno (16.4); óxido de cariofileno (12.2); viridiflorol (8.1); globulol (7.4); β -selineno (7.1)	Rahman et al., 2011
<i>P. crassinervium</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	Inh. Crec. cualitativo para 1 a 400 μ g	Baja actividad	Germacreno D (14.04); β -eudesmol (10.10); espatulenol (9.82); biciclogermacreno (9.17); <i>E</i> -nerolidol (8.23)	Morandim et al., 2010
<i>P. cubeba</i>	Aceite comercial		<i>F. oxysporum</i> <i>A. porri</i>	Difusión en disco	ZIC a 5 μ L	7 mm 7.5 mm	NR	Pawar y Thaker, 2007

Tabla 2. (Continuación)

	Semillas	Hidrodestilación	<i>F. oxysporum</i> <i>F. proliferatum</i> <i>P. madriti</i> <i>P. purpureogenum</i>	Dilución en agar	PIC a 2; 6 µL	12.5; 35% 10; 12.5% 65; 73% 90; 100%	β-Cubebeno (18.94); cubebol; (13.32); sabineno (9.60); α-copaeno (7.41); β-cariofileno (5.28)	Singh et al., 2008
<i>P. cyrtopodum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. perniciosa</i>	Dilución en agar	MIC	>1.0 µL/mL	NR	Silva y Bastos., 2007
<i>P. dilatatum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. perniciosa</i> <i>P. capsici</i>	Dilución en agar	MIC	>1.0 µL/mL	NR	Silva y Bastos., 2007
<i>P. divaricatum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. perniciosa</i>	Dilución en agar	MIC	>1.0 µL/mL	NR	Silva y Bastos., 2007
	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIC	0.5 µL/mL 5.0 µL/mL	Metileugenol (63.8); eugenol (23.6); β-elemeno (2.8); (<i>E</i>)-β-ocimeno (1.7); acetato de eugenol (1.7)	Da Silva et al., 2010
	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>F. solani</i> f. sp. <i>piperis</i>	Dilución en agar	PIC a 0.25; 0.50; 0.75; 1.00; 2.50 mg/mL - MIC - IC ₅₀	17.6; 39.0; 63.4; 77.1; 92.4% - >2.50 µL/mL - 0.698 µL/mL	Metileugenol (77.1); eugenol (7.9); acetato de eugenol (3.8); β-pineno (3.2); α-pineno (2.1)	Da Silva et al., 2014 (Antifungal activity...)

Tabla 2. (Continuación)

	Hojas	Hidrodestilación Asistida por Microondas	<i>F. oxysporum</i>	Microdilución	MIC - IC ₅₀	>500 µL/mL - ≥200 µL/mL	1,8-cineol (18.3); linalol (15.0); α-pineno (11.4); <i>trans</i> -β-cariofileno (8.2); α-felyreno (6.1)	Tangarife et al., 2014 (Anti-dermatophyte...)
<i>P. enckea</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. perniciosa</i> <i>P. palmivora</i> <i>P. capsici</i>	Dilución en agar	MIC	>1.0 µL/mL 1.0 µL/mL <1.0 µL/mL	NR	Silva y Bastos., 2007
<i>P. eriopodum</i>	Parte aérea	Hidrodestilación Asistida por Microondas	<i>F. oxysporum</i>	Microdilución	MIC - IC ₅₀	>500 µL/mL - 15.8 µL/mL	Dilapiol (38.8); <i>trans</i> -β-cariofileno (8.1); β-selineno (5.0); 10- <i>epi</i> -cubebol (3.9); óxido de cariofileno (3.8)	Tangarife et al., 2014
<i>P. hispidinervum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>B. sorokiniana</i> <i>C. gloesporoides</i> <i>F. oxysporum</i>	Dilución en agar	ICM para 100; 200; 500 µg/mL	23.57; 0.00; 0.00 43.99; 15.09; 14.60 43.26; 11.13; 7.66	Safrol (≥92)	Zacaroni et al., 2009
	Hojas	Arrastre con vapor	<i>Alternaria alternata</i>	Dilución en agar	ICM a: 0; 100; 250; 500; 1000 mg/L, sin emulsificar	6.78; 5.90; 5.11; 3.34; 0	Safrol (82.5); α-terpinoleno (13.38); δ-3-careno (1.31); α-pineno (0.68)	Nascimento et al., 2008
<i>P. hispidum</i>	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.1 µg 1.0 µg	β-cariofileno (10.5); α-humuleno (9.5); δ-3-careno (9.1); α-copaeno (7.3); limoneno (6.9)	Da Silva et al., 2014

Tabla 2. (Continuación)

	Hojas	Hidrodestilación Asistida por Microondas	<i>F. oxysporum</i>	Microdilución	MIC - IC ₅₀	500 µg/mL - 51.7 µg/mL	<i>trans</i> -Nerolidol (23.6); óxido de cariofileno (5.4); β -elemeno (5.1), <i>trans</i> - β -cariofileno (5.1); curzereno (4.9)	Tangarife et al., 2014
<i>P. holtonii</i>	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>B. theobromae</i> <i>C. acutalum</i>	Dilución en agar	IC ₅₀	50-100 µg/mL 70.38 µg/mL	Apiol (64.24); β -cubebeno (4.27); β -cariofileno (4.18); elemicina (3.24); α -copaeno (1.68)	Pineda et al., 2012
<i>P. longum</i> L.	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>A. ochraceus</i>	Difusión en disco	PIC a 0.33 µL/mL	17.7% 48.6% 23.4%	NR	Sonker et al., 2015
<i>P. malacophyllum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>Rhizopus sp.</i>	Dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	Alcanfor (32.8); canfeno (20.8); <i>E</i> -nerolidol (9.1); α -pineno (5.0); γ -muuroleno	Santos et al., 2012
<i>P. marginatum</i> var. <i>anisatum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. perniciososa</i> <i>P. palmivora</i> <i>P. capsici</i>	Dilución en agar	MIC	1.0 µg/mL >1.0 µg/mL >1.0 µg/mL	NR	Silva y Bastos., 2007
<i>P. marginatum</i>	Hojas	Hidrodestilación Asistida por Microondas	<i>F. oxysporum</i>	Microdilución	MIC - IC ₅₀	>500 µg/mL - 30.3 µg/mL	Elemicina (18.0); α -felandreneno (11.1); <i>trans</i> - β -cariofileno (11.0); ilsoelemicina (9.2); limoneno (7.5)	Tangarife et al., 2014

Tabla 2. (Continuación)

<i>P. marginatum</i> Jacq.	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. solani</i>	Difusión en disco	Tipo de actividad	Fungistático	Isosafrol (37.31); notosmirnol (22.72); derivado de metileugenol (7.5); metil eugenol (7.32); safrol (7.02)	Sánchez et al., 2011
<i>P. methysticum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>A. ochraceus</i>	Difusión en agar	PIC a 0.33 μ L/mL	69.04% 64.12% 73.45%	NR	Sonker et al., 2015
<i>P. nigrum</i>	Aceite comercial		<i>A. niger</i> <i>S. cerevisiae</i>	Difusión en disco	MIC	< 2 μ L/mL	α -Pineno (20.4), limoneno (20.3), β -pineno (14.1), (<i>E</i>)-cariofileno (13.2), δ -3-careno (7.9)	Juliani et al., 2002
	Aceite comercial		<i>A. niger</i> <i>F. oxysporum</i> (a) <i>A. porri</i> (a)	Difusión en disco	ZIC a 5 μ L	7 mm 9.5 mm 8.5 mm	NR	Pawar y Taker, 2006. Pawar y Thaker, 2007
	Pimienta verde (aceite comercial)		<i>A. Niger</i> <i>A. ochraceus</i> <i>P. aurantiogriseum</i> <i>P. funiculosum</i>	Dilución en agar	MIC - MFC	0.12; 0.16 mg/mL 0.01; 0.13 mg/mL 0.63; 1.25 mg/mL 0.16; 0.31 mg/mL	β -Pineno (24.42); δ^3 -careno (19.7); limoneno (18.7); α -pineno (10.4); óxido de cariofileno (9.2)	Nikolic et al., 2015

Tabla 2. (Continuación)

	Pimienta negra (aceite comercial)	<i>A. Niger</i> <i>A. ochraceus</i> <i>P. aurantiogriseum</i> <i>P. funiculosum</i>			5.00; 10.0 mg/mL 2.50; 5.00 mg/mL 2.50; 5.00 mg/mL 2.50; 5.00 mg/mL	<i>trans</i> -Cariofileno (30.33); limoneno (12.12); sabineno (7.52); β - pineno (7.42); α -salineno (5.32)		
	Aceite comercial	<i>M. perniciosa</i>	Dilución en agar	PIC a 50 μ L/L	48%	NR	Regnier et al., 2010	
	Aceite comercial	<i>G. citri-aurantii</i>	Dilución en agar	PIC a 500 μ L/L	0.1%	NR		
	Semillas	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>A. ochraceus</i> <i>A. oryzae</i> <i>C. lunata</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. moniliforme</i> <i>P. citrium</i> <i>P. madriti</i> <i>P. viridicatum</i>	Difusión en disco	PIC a 2; 4; 6 μ L	12.5; 18.8; 25.0% 42.9; 50.0; 74.3% 12.5; 18.8; 25.0% 0.0; 42.9; 71.4% 50.0; 56.3; 75.0% 75.0; 81.3; 100% 6.3; 12.5; 20% 6.3; 13.8; 31.3% 42.9; 71.4; 85.7% 37.5; 56.3; 56.3%	β -Cariofileno (24.24); limoneno (16.88); sabineno (13.01); β - bisaboleno (7.69); β - pineno (6.71)	Singh et al., 2004
	Semillas	Hidrodestilación	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i> <i>A. ochraceus</i> <i>A. oryzae</i> <i>C. lunata</i> <i>F. graminearum</i> <i>F. moniliforme</i> <i>P. citrium</i> <i>P. madriti</i> <i>P. viridicatum</i>	Difusión en agar	PIC a 2; 4, 6 μ L	25.0; 13.8; 37.5% 14.3; 24.3; 41.4% 31.3; 40.0; 61.3% 14.3; 21.4; 57.1% 12.5; 56.3; 87.5% 75.0; 81.3; 87.5% 6.3; 25.0; 27.5% 13.8; 33.8; 48.8% 24.3; 42.9; 71.4% 50.0; 65.0; 65.0%	β -Cariofileno (24.24), limoneno (16.88), sabineno (13.01) β -bilsaboleno (7.69), β - pineno (6.71)	

Tabla 2. (Continuación)

	Semillas	Hidrodestilación	<i>A. niger</i> <i>A. flavus</i> <i>A. oryzae</i> <i>F. moniliforme</i> <i>F. graminearum</i> <i>P. viridicatum</i>	Difusión en agar	PIC a 5; 10 µL	25.7; 47.3% 35.4; 47.3% 19.4; 30.6% 12.7; 20.1% 65.4; 81.3% 63.0; 85.4%	β -Cariofileno (16.0); sabineno (12.6); limoneno (11.9); torreyol (9.3); β -bisaboleno (7.4)	Singh et al., 2013
			<i>A. niger</i> <i>A. flavus</i> <i>A. oryzae</i> <i>F. moniliforme</i> <i>F. graminearum</i> <i>P. viridicatum</i>	Dilución en agar		16.2; 25.7% 29.1; 33.2% 18.4; 22.17% 9.1; 12.7% 50.0; 65.7% 48.6; 67.3%	β -Cariofileno (16.0); sabineno (12.6); limoneno (11.9); torreyol (9.3); β -bisaboleno (7.4)	
	hojas	Hidrodestilación	<i>A. niger</i> <i>G. cyidum</i>	Dilución en agar	ZIC a 5 ppm	17 mm 10 mm	NR	Verma et al., 2011
<i>P. obliquum</i>	Parte aérea	Hidrodestilación	<i>M. grisea</i> <i>P. ultimum</i> <i>B. cinerea</i>	Dilución en agar	PIC a 50; 100; 500 µg/mL	5.0; 8.6; 30.5% ND; 12.8; 25.7% 2.2; 8.4; 19.9%	Safrol (45.86); γ -terpineno (17.12); terpinoleno (11.46); α -terpineno (6.24); <i>p</i> -cimeno (2.6)	Guerrini et al., 2009
<i>P. solmsianum</i>	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	Inh. Crec. Cualitativo para 1 a 400 µg	Actividad moderada	<i>E</i> -Isoelemicina (53.45); espatulenol (5.17); <i>epi</i> - α -muurolol (4.59); β -cariofileno (2.88); aromadendrina (2.16)	Morandim et al., 2010

Tabla 2. (Continuación)

<i>P. tuberculatum</i>	Tallos	Hidrodestilación	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	50 µg	β -Cariofileno (32.1); β -pineno (27.0); α -pineno (17.3); <i>trans</i> -ocimeno (14.5); limoneno (2.1)	Navickiene et al., 2006
	Frutos	Hidrodestilación	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	50 µg 10 µg	β -Pineno (38.2); α -pineno (28.7); β -cariofileno (14.0); <i>trans</i> -ocimeno (9.8); limoneno (2.4)	Navickiene et al., 2006
	Hojas	Hidrodestilación	<i>C. pernicioso</i>	Dilución en agar	MIC	>1.0 µL/mL	NR	Silva y Bastos., 2007

ICM: Índice de crecimiento miceliar;

CM: Crecimiento miceliar;

IC₅₀: Cantidad inhibitoria 50;

Inh. Crec.: Inhibición de crecimiento;

MFC: Concentración mínima fungicida;

MIC: Concentración mínima inhibitoria;

MIQ: Cantidad mínima Inhibitoria;

ND: No detectado;

NR: No reportado;

PIC: Porcentaje de inhibición de crecimiento;

TLC=CCD: Cromatografía en capa delgada;

ZIC: Zona de inhibición de crecimiento.

En la búsqueda realizada, se encontraron 40 publicaciones en las que se reportaron resultados positivos de actividad antifúngica de AE de especies de Piper sobre hongos fitopatógenos, observándose que India (13 publicaciones) y Brasil (12 publicaciones) son los países en los que se ha investigado más en este campo durante los últimos 17 años. En Colombia solo se han reportado dos investigaciones con AE de Piper enfocados en la búsqueda de antifúngicos de interés agrícola en el periodo de tiempo seleccionado para la revisión.

En la **Tabla 2** se puede observar que los AE de 26 especies del género *Piper* presentaron actividad antifúngica. Para la especie *P. nigrum* reporta el mayor número de investigaciones (7 estudios), seguida de *P. aduncum* (5 estudios). También es posible observar que de las hojas y parte aérea de las plantas es de donde se han obtenido el mayor número de aceites esenciales, empleado principalmente la hidrodestilación como método de extracción. Adicionalmente, se encontró que los estudios de actividad antifúngica se han adelantado con hongos fitopatógenos pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Coletotrichum*, *Clinepellis*, *Maynaporthe*, *Cladosporium*, *Botryodiploidia*, *Botrytis*, *Penicillium* y *Phytophthora*. Los ensayos antifúngicos *in vitro* reportados se realizaron principalmente por la adición de AE directamente al medio (método de dilución de agar), seguido de difusión en disco (método de difusión Agar), métodos de macro y microdilución (métodos de dilución en caldo líquido), bioautografía en TLC, y en menor proporción en una atmósfera volátil (método de Volatilización en disco). Los resultados de los ensayos se reportan principalmente como Concentración Mínima inhibitoria (MIC) con 24 reportes, seguida de la Inhibición del crecimiento (PIC o ZIC) con 13 reportes, luego como IC₅₀ con 9 reportes, y finalmente como Cantidad Mínima Inhibitoria (MIQ) con 7 reportes.

Al observar la composición química de los aceites esenciales que presentan actividad antifúngica, no es posible sacar conclusiones sobre el tipo de compuestos responsables de la actividad, pues en algunos casos los aceites contienen fenilpropanos como componentes mayoritarios, otros contienen principalmente monoterpenos (oxigenados y no oxigenados) y otros sesquiterpenos. Sin embargo, es posible observar que en el caso de los aceites que contienen eugenol y/o isoeugenol como compuestos mayoritarios, presentaron muy buena actividad antifúngica sobre los hongos evaluados, tal es el caso de los AE de hojas de *P. betle* var *magahi*, hojas y parte aérea de *P. divaricatum*, hojas de

P. betle var. *Bangladesí* y *P. betle* var. *deswari*, hecho que coincide con los reportes de literatura en los que se menciona que el eugenol tiene muy buenas propiedades antimicrobianas. En el caso del aceite de la parte aérea de *P. aduncum*, en un estudio se le atribuye la actividad antifúngica sobre *C. pernicioso* a la presencia de dilapiol, un fenilpropano ampliamente distribuido en especies de *Piper* [De Alemida et al., 2009]. Otro caso importante de mencionar es el estudio realizado por Basak y Guha en 2017 con el aceite esencial de hojas de *P. betel* L., pues de acuerdo con los resultados de actividad reportados es posible concluir que tiene un alto potencial para el control de *A. flavus* y *P. expansum*, pues es capaz de inhibir totalmente el crecimiento de los hongos con concentraciones inferiores a 0.7 µg/mL. Desafortunadamente en este estudio no se reporta la composición química del aceite, pero es probable que contenga dentro de sus compuestos mayoritarios algunos de los tipos de metabolitos ya mencionados anteriormente [Basak & Guha, 2017].

Si bien para los AE de las especies *P. aduncum* y *P. nigrum* se han adelantado el mayor número de estudios enfocados en búsqueda de antifúngicos, es importante mencionar el estudio realizado por Matasyoh y colaboradores en 2013 para el aceite esencial de hojas de la especie *P. capense*, ya que fue un estudio en el que se realizó un amplio tamizaje de actividad antifúngica sobre 41 hongos fitopatógenos, pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Phytophthora* y *Crinipellis*, encontrándose que este aceite presenta una actividad antifúngica moderada a baja (MIC = 31.1 mg/mL) sobre los hongos *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. wentii*, *F. graminearum*, *F. moniliforme*, *F. proliferatum*, *P. claviforme*, mientras que sobre los demás hongos su actividad antifúngica no es muy interesante, pues presentan MIC superiores a 60 mg/mL. Este aceite esencial se caracteriza por contener como compuestos mayoritarios monoterpenos no oxigenados y sesquiterpenos no oxigenados, hecho que conlleva a concluir que este tipo de metabolitos volátiles no tienen efectos antifúngicos fuerte sobre los hongos estudiados [Matasyoh et al., 2013].

Teniendo en cuenta la revisión bibliográfica adelantada, es innegable que algunos AE de especies del género *Piper* tienen el potencial de controlar el desarrollo de hongos fitopatógenos. Sin embargo, para poder establecer cuales especies son las más promisorias, es importante que se estandaricen las pruebas para la determinación de

actividad antifúngica con AE y/o sus constituyentes mayoritarios, para poder hacer comparaciones más robustas y precisas. Adicionalmente es necesario complementar las investigaciones en este campo, pasando de ensayos simples *in vitro* a ensayos que permitan determinar efectos antimicotoxigénicos, efectos *in vivo*, así como estudios que permitan potenciar la acción antifúngica de los aceites y encontrar métodos de formulación, todo con el objetivo de encontrar agentes fitosanitarios para el control fúngico que no sean nocivos para la salud humana, que tengan un efecto adecuado sobre la calidad sensorial de los productos tratados y que sean económicamente rentables.

2.4. Metabolitos secundarios con actividad antifúngica sobre hongos fitopatógenos

Estudios químicos realizados sobre especies del género *Piper* han originado el aislamiento e identificación de un gran número de compuestos estructuralmente diversos. Entre los que se destacan amidas, flavonoides, terpenos, esteroides, lignanos, neolignanos, alquilfenoles, fenilpropanoides, derivados prenilados de ácido benzoico y/o cinámico, kawalactonas y butenólidos. En una revisión previa comprendida entre 1984 y 2009 se documenta la actividad antifúngica de 68 compuestos aislados de 22 especies del género *Piper* frente a hongos patógenos y fitopatógenos. De esta forma se indica que la actividad antifúngica se debe principalmente a compuestos del tipo amidas, flavonoides, derivados de ácido benzoico, lignanos, fenilpropanos, butenolidos y coclopentendionas [Parmar et al., 1997; Xu & Li, 2011]. La presente revisión se realizó en el periodo comprendido entre el 2001 y 2017, y solo se enfoca a compuestos con actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos provenientes del género *Piper*. Los resultados de la revisión se presentan en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Compuestos aislados de especies del género *Piper* con actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos

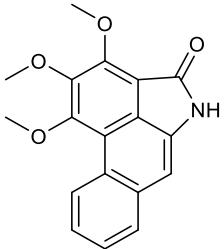
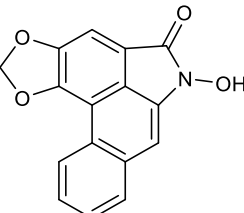
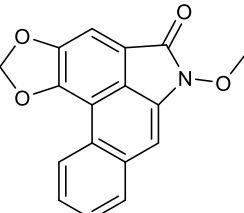
NOMBRE DEL CUMPUUESTO	ESTRUCTURA	HONGO	MÉTODO DE EVALUACIÓN	VARIABLE MEDIDA	RESULTADO	BIBLIOGRAFÍA
AMIDAS						
Aristolactamas						
<i>P. scutifolium</i> (hojas)	 <p>Piperolactama C 1</p>	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Marques et al., 2007
		<i>C. sphaerospermum</i>			50.0 µg	
<i>P. umbellatum</i> (Parte aérea)	 <p>N-hidroxiaristolactama II 2</p>	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	PIC a 300 ppm	51%	Tabopda et al., 2008
		<i>F. solani</i>			65%	
<i>P. umbellatum</i> (Parte aérea)	 <p>Piperumbellactama D 3</p>	<i>A. flavus</i>	Dilución en agar	PIC a 300 ppm	35%	Tabopda et al., 2008
		<i>F. solani</i>			63%	

Tabla 3. (Continuación)

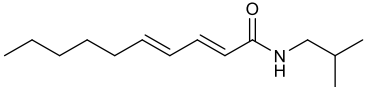
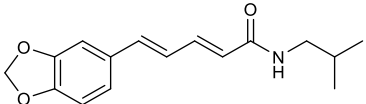
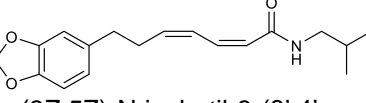
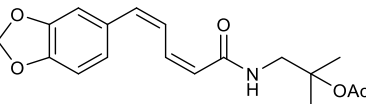
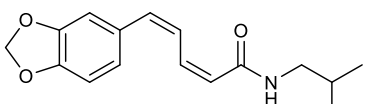
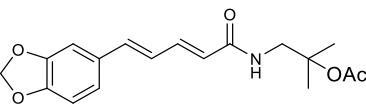
Isobutilamidas						
<i>P. arboreum</i> (hojas)	 Pellitorina 4	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Da Silva et al., 2002
<i>P. chaba</i> (raíces)	 Piperlonguminina 5	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i>	Difusión en disco	ZIC a 200 µg	19 mm 25 mm	Naz et al., 2012
<i>P. hispidum</i> (tallos)	 (3Z,5Z)-N-isobutil-8-(3',4'- metilendioxifenil)- heptadienoamida 6	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000
<i>P. hoffmannseggianum</i> (hojas)	 isocorcovadina 7	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	2.5 µg 1.0 µg	Marques et al., 2007
	 isopiperlonguminina 8	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.25 µg	Marques et al., 2007
<i>P. scutifolium</i> (hojas)	 Corcovadina 9	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Marques et al., 2007

Tabla 3. (Continuación)

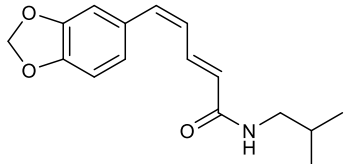
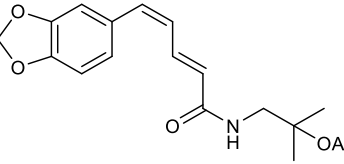
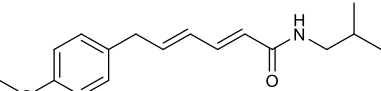
 <p>Escutifoliamida A 10</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Marques et al., 2007
 <p>Escutifoliamida B 11</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Marques et al., 2007
isocorcovadina 7	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	2.5 µg 1.0 µg	Marques et al., 2007
isopiperlonguminina 8	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.25 µg	Marques et al., 2007
Piperlonguminina 5	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Marques et al., 2007
 <p>Piperovatina 12</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Marques et al., 2007

Tabla 3. (Continuación)

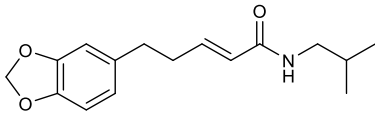
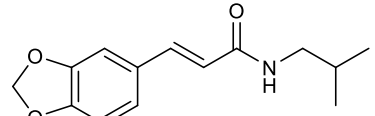
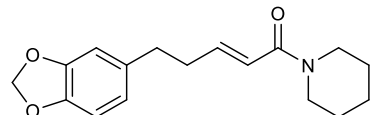
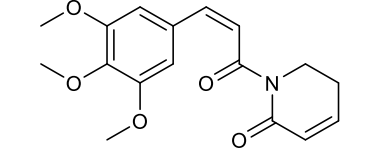
<i>P. tuberculatum</i> (semillas)	 5,6-dihidropiperlonguminina 13	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000
(Semillas y hojas)	 Fagaramida 14	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIQ	10.0 µg	Da Silva et al., 2002
(semillas)	Pellitorina 4	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000
Piperidinas						
(<i>P. retrofractum</i> frutos)	 Piperanina 15	<i>C. cladosporioides</i>	Difusión en disco	ZIC a 0.5 µmol	15.0 mm	Muharini et al., 2015
<i>P. tuberculatum</i> (Semillas y/o hojas) <i>P. tuberculatum</i> (Semillas y/o hojas)	 <i>cis</i> -pipltartina 16	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000 Da Silva et al., 2002

Tabla 3. (Continuación)

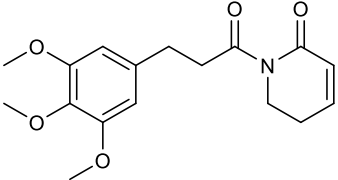
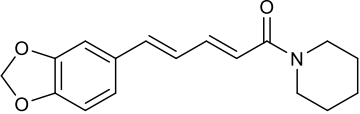
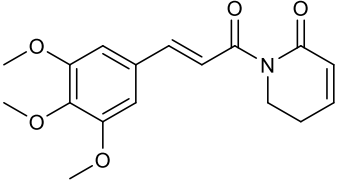
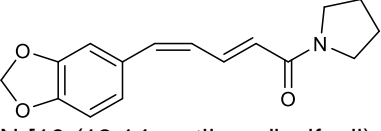
	 <p>Dihidropiartina 17</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg 0.1 µg	Navickiene et al., 2000 Da Silva et al., 2002
	Piperanina 15	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000 Da Silva et al., 2002
	 <p>Piperina 18</p>	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Navickiene et al., 2000
	 <p>Piplartina 19</p>	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000 Da Silva et al., 2002
Pirrolidinas						
<i>P. arboreum</i> (hojas)	 <p>N-[10-(13,14-metilenodioxifenil)-7(E),9(Z)-pentadienoil]-pirrolidina 20</p>	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	10.0 µg	Da Silva et al., 2002

Tabla 3. (Continuación)

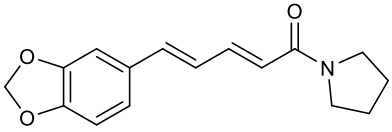
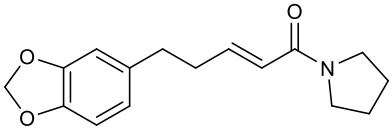
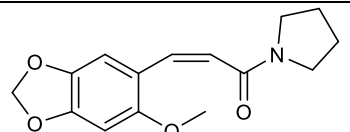
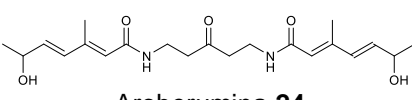
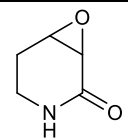
	 <p>N-[10-(13,14-metilenodioxifenil)-7(E),9(E)-pentadienoil]-pirrolidina 21</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.1 µg	Da Silva et al., 2002
	 <p>Piperamida 22</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.1 µg (0.1 µg o 5.0 µg)	Navickiene et al., 2000 Da Silva et al., 2002
<i>P. hispidum</i> (tallos)	 <p>N-[3-(6'-metoxi-3',4'-metilenodioxifenil)-2(Z)-propenoil]pirrolidina 23</p>	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Navickiene et al., 2000
Otras amidas						
<i>P. arboreum</i> (hojas)	 <p>Aroberumina 24</p>	<i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Da Silva et al., 2002
<i>P. crassinervium</i> (hojas)	 <p>3α,4α-Epoxi-2-piperidona 25</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago & Kato, 2007

Tabla 3. (Continuación)

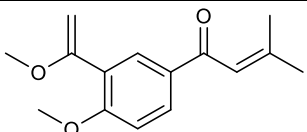
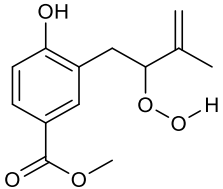
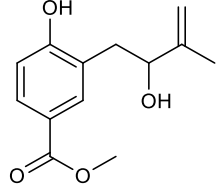
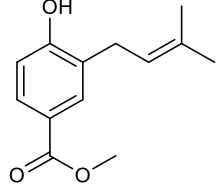
Derivados de ácidos						
Derivados abiertos de ácido benzoico						
<i>P. aduncum</i> (hojas)	 <p>Áduncumeno 26</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5 µg	Lago et al., 2004
	 <p>4-hidroxi-3-(2'-hidroperoxi-3'-metil-3'-butenil)benzoato de metilo 27</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2009
	 <p>4-hidroxi-3-(2'-hidroxi-3'-metil-3'-butenil)benzoato de metilo 28</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2009
	 <p>4-hidroxi-3-(3'-metil-2'-butenil)benzoato de metilo 29</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2009

Tabla 3. (Continuación)

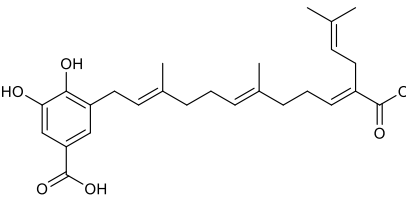
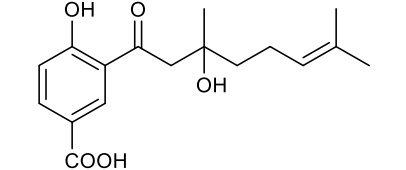
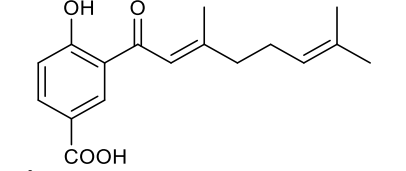
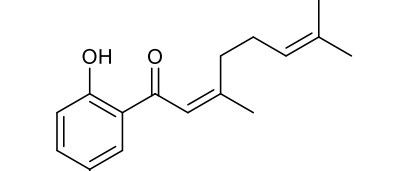
<i>P. caldense</i> (hojas)	 <p>Ácido caldensinico 30</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	25.0 µg 5.0 µg	Freitas et al., 2009
<i>P. crassinervium</i> (hojas)	 <p>Ácido crassinervico 31</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.5 µg 10.0 µg	Lago et al., 2004 Chakor et al., 2012
	 <p>Ácido 4-hidroxi-(3',7'-dimetil-1'-oxo-octa-2'-E-6'-dienil)benzoico 32</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2004
	 <p>Ácido 4-hidroxi-3-(3',7'-dimetil-1'-oxo-octa-2'-Z-6'-dienil)benzoico 33</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2004

Tabla 3. (Continuación)

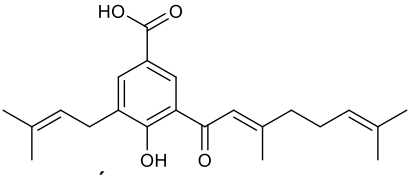
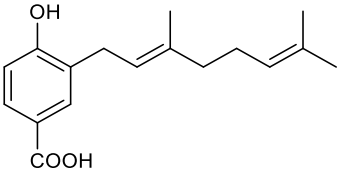
<i>P. cumanense</i> (inflorescencias)	 <p>Ácido cuménico 34</p>	<i>F. oxysporum</i> <i>B. cinerea</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg 10.0 µg	Parra et al., 2013
<i>P. gaudichaudianum</i> (hojas)	 <p>Ácido 4-hidroxi-3-(3',7'- dimetilocta-2'-E-6'- dienil)benzoico 35</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2004
<i>P. hostmannianum</i> (hojas)	4-hidroxi-3-(2'-hidroperoxi-3'-metil-3'-butenil)benzoato de metilo 27	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2009
	4-hidroxi-3-(3'-metil-2'-hidroxi-3'-butenil)benzoato de metilo 28	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2004 Lago et al., 2009
	4-hidroxi-3-(3'-metil-2'-butenil)benzoato de metilo 29	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2004 Lago et al., 2009

Tabla 3. (Continuación)

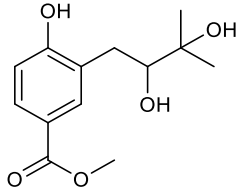
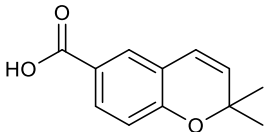
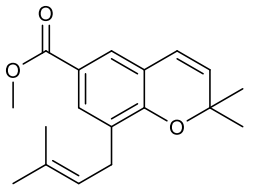
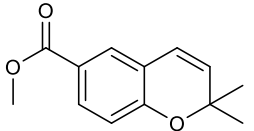
	 <p>Hostmanieno 36</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.5 µg	Lago et al., 2004
Derivados cíclicos de ácido benzoico (cromenos)						
	 <p>Acido 2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxílico 37</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2004
<i>P. aduncum</i> (hojas)	 <p>2,2-dimetil-8-(3'-metil-2'-butenil)-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 38</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.1 µg	Lago et al., 2004
	 <p>2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 39</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2004

Tabla 3. (Continuación)

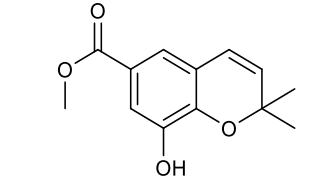
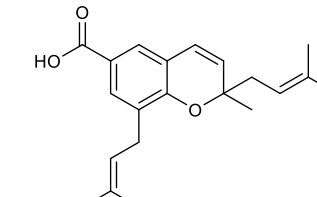
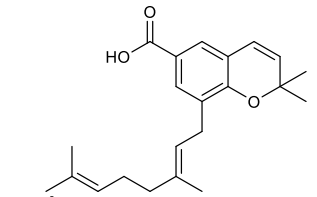
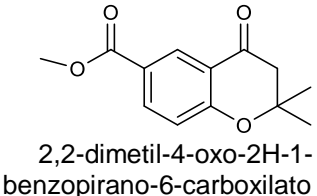
	 <p>8-hidroxi-2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 40</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2004 Lago et al., 2009
<i>P. chimonantifolium</i> (hojas)	 <p>Ácido gaudichaudianico 41</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	2.0 µg	Lago et al., 2012
<i>P. cumanense</i> (parte aérea)	 <p>Ácido cumanésico 42</p>	<i>F. oxysporum</i> <i>B. cinerea</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg 100.0 µg	Parra et al., 2011
<i>P. gaudichaudianum</i> (hojas)	<p>Ácido gaudichaudianico 41</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	2.0 µg	Lago et al., 2004
	 <p>2,2-dimetil-4-oxo-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 43</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2004

Tabla 3. (Continuación)

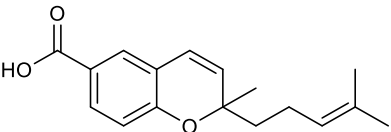
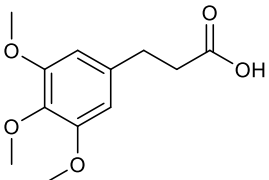
<i>P. hostmannianum</i> (hojas)	2,2-dimetil-8-(3'-metil-2'-butenil)-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 38	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	0.1 µg	Lago et al., 2004
	2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 39	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2004
<i>P. lhotzkyanum</i> (hojas)	Acido 2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxílico 37	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2007
	 Acido 2-metil-2-[4'-metil-3'-pentenil]-2H-1-benzopirano-6-carboxílico 44	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2007
<i>P. mollicomum</i> (hojas)	2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 39	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	50.0 µg	Lago et al., 2007
	8-hidroxi-2,2-dimetil-2H-1-benzopirano-6-carboxilato de metilo 40	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	10.0 µg	Lago et al., 2007
Derivados de ácido cinámico						
<i>P. crassinervium</i> (hojas)	 Ácido 3,4,5-trimetoxidihidrocinámico 45	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	10.0 µg	Lago et al., 2004

Tabla 3. (Continuación)

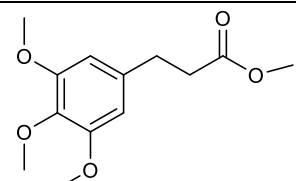
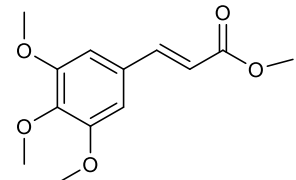
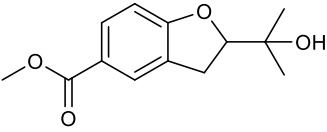
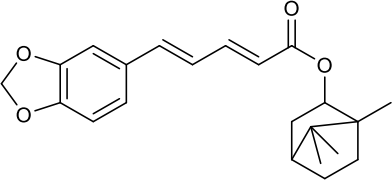
<i>P. tuberculatum</i> (Semillas y hojas)	 6,7,8-trimetoxidihidrocinamato de metilo 46	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIQ	10.0 µg	Da Silva et al., 2002
	 <i>trans</i> -6,7,8-trimetoxicinamato de metilo 47	<i>C. cladosporioides</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Da Silva et al., 2002
Otros derivados de ácido						
<i>P. hostmannianum</i> (hojas)	 Anodendroato de metilo 48	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2009
<i>P. chaba</i> (raíces)	 Piperato de bornilo 49	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i>	Difusión en disco	ZIC a 200 µg	14.0 mm 18.0 mm	Naz et al., 2012

Tabla 3. (Continuación)

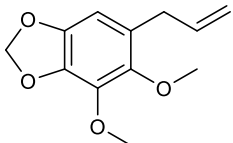
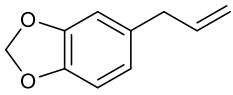
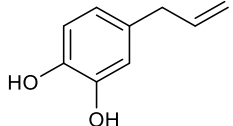
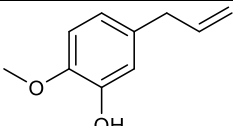
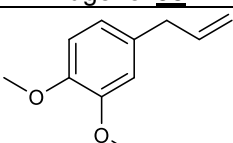
Fenilpropanos						
<i>P. aduncum</i> (partes aéreas)	 Dillapiol 50	<i>Clinipellis perniciosa</i>	Difusión en disco	MIC	0.6 ppm	De Almeida et al., 2009
<i>P. auritum</i> (partes aéreas)	 Safrol 51	<i>Botryodiplodia theobromae</i> <i>C acutatum</i>	Difusión en disco	PIC a 250 µg/mL en 240 h	100-25%	Vizcaíno-Páez, et al., 2016
<i>P. betle</i> (hojas)	 2-hidroxiclavicol 52	<i>A. flavus.</i> <i>A. niger</i>	Microdilución	MIC /MFC MIC/ MFC	250 µg/mL 125 µg/mL	Ali et al., 2010
<i>P. divaricatum</i> (partes aéreas)	 Eugenol 53	<i>F. solani</i>	Difusión en disco	MIC IC ₅₀	0.750 mg/mL 0.497 mg/mL	Da silva et al., 2014
	 Metileugenol 54	<i>F. solani</i>	Difusión en disco	MIC IC ₅₀	>2.50 mg/mL 0.501 mg/mL	Da silva et al., 2014
<i>P. holtonii</i> (partes aéreas)	Dillapiol 50	<i>B. theobromae</i> <i>C acutatum</i>	Difusión en disco	PIC a 75 µg/mL a 24 h	100-70%	Vizcaíno-Páez, et al., 2016

Tabla 3. (Continuación)

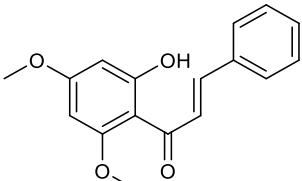
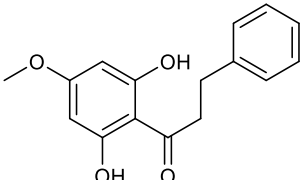
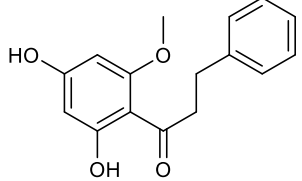
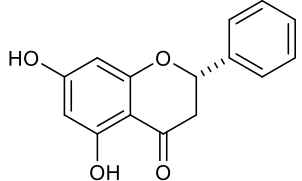
Flavonoides						
Chalconas						
<i>P. dilatatum</i> (raíces)	 Flavokaina B 55	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	100.0 µg	Dos Santos et al., 2013
<i>P. mollicomum</i> (hojas)	 2',6'-dihidroxi-4'- metoxidihidrochalcona 56	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2007
<i>P. septuplinervium</i> (Partes aéreas)	 Uvangoletina 57	<i>F. oxysporum</i> <i>B. cinerea</i>	Difusión en disco	MIQ	2.0 µg 100.0 µg	Ávila et al., 2011
Flavanonas						
<i>P. aduncum</i> (hojas)	 Pinocembrina 58	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2009

Tabla 3. (Continuación)

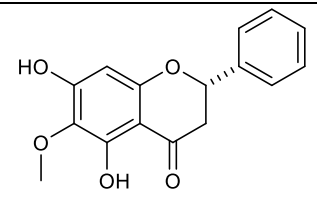
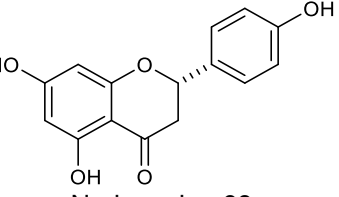
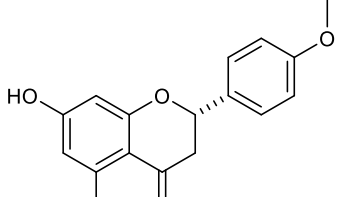
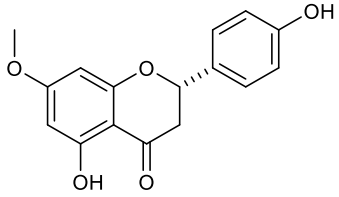
<i>P. chimonantifolium</i> (hojas)	 Dihydrooroxilina 59	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg	Lago et al., 2012
	Pinocembrina 58	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2012
<i>P. crassinervium</i> (hojas)	 Naringenina 60	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg 5.0 µg	Danelutte et al., 2003
	 Naringenina 4'-metil éter 61	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg 5.0 µg	Lago et al., 2004
	 Sakuranetina 62	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Danelutte et al., 2003

Tabla 3. (Continuación)

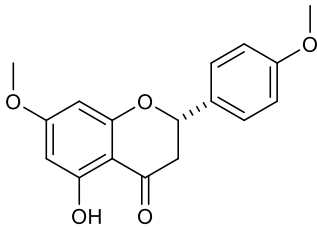
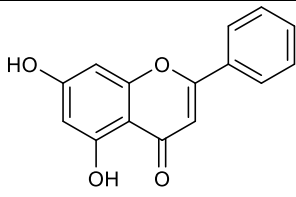
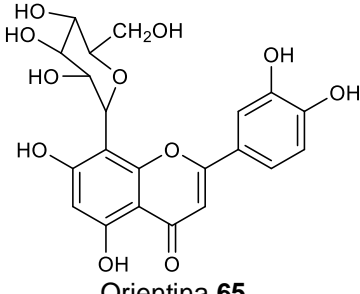
<i>P. hostmannianum</i> (hojas)	Pinocembrina 58	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2004
<i>P. lhotzkyanum</i> (hojas)	 7,4'-dimetoxi-5-hidroxi-flavanona 63	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	25.0 µg	Lago et al., 2007
	Sakuranetina 62	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2007
Flavonas						
<i>P. septuplinervium</i> (Partes aéreas)	 Crisina 64	<i>F. oxysporum</i>	Difusión en disco	MIQ	2.0 µg	Ávila et al., 2011
<i>P. solmsianum</i> (hojas)	 Orientina 65	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i>	Método de dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	de Campos et al., 2005

Tabla 3. (Continuación)

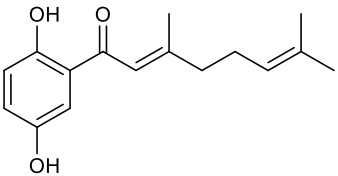
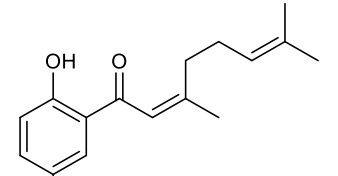
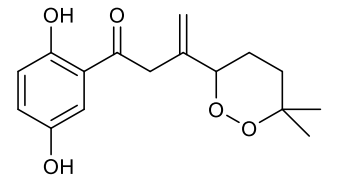
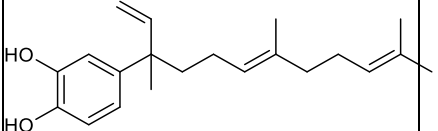
Fenoles						
Fenoles prenilados						
<i>P. crassinervium</i> (hojas)	 <p>1,4-dihidroxi-2-(3',7'-dimetil-1'-oxo-2'-E-6'-octadienil)benceno 66</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Danelutte et al., 2003
	 <p>1,4-dihidroxi-2-(3',7'-dimetil-1'-oxo-2'-Z-6'-octadienil)benceno 67</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg 10.0 µg	Danelutte et al., 2003
	 <p>1,4-dihidroxi-2-(7'-metil-3'-metileno-1'-oxo-4',7'-peroxido-octil)benceno 68</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg 10.0 µg	Danelutte et al., 2003
<i>P. umbellatum</i> (parte aérea)	 <p>4-nerolidilcatecol 69</p>	<i>A. flavus</i> <i>F. solani</i>	Dilución en agar	PIC a 300 ppm	10% 49%	Tabopda et al., 2008

Tabla 3. (Continuación)

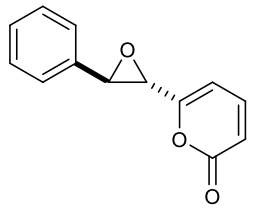
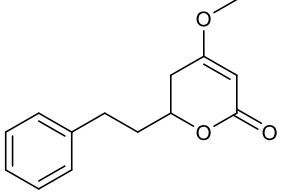
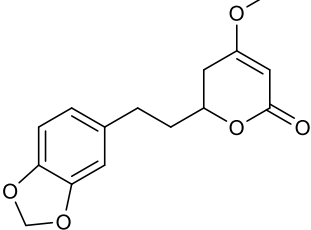
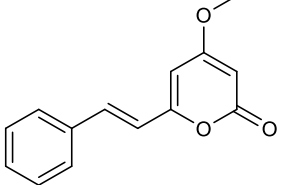
Kawalactonas						
<i>P. dilatatum</i> (raíces)	 <p>(+)-(7S,8R)-epoxi-5,6-didehidrokavaina 70</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Dos Santos et al., 2013
<i>P. methysticum</i> (raíces)	 <p>7,8-dihidrokovaina 71</p>	<i>F. oxysporum</i>	Método de dilución en agar	PIC a 10 ppm	10.1%	Xuan et al., 2006
	 <p>Dihidrometisticina 72</p>	<i>F. solani</i> <i>F. oxysporum</i>	Método de dilución en agar	PIC a 10 ppm	40.3% 18.8%	Xuan et al., 2006
	 <p>Desmetoxyagonina 73</p>	<i>F. solani</i> <i>F. oxysporum</i>	Método de dilución en agar	PIC a 10 ppm	27.4% 11.6%	Xuan et al., 2006

Tabla 3. (Continuación)

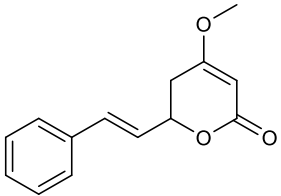
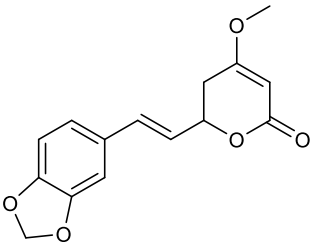
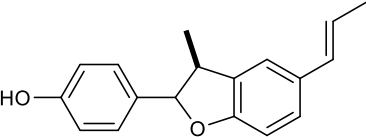
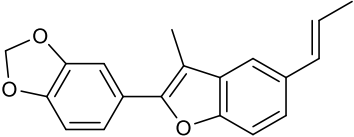
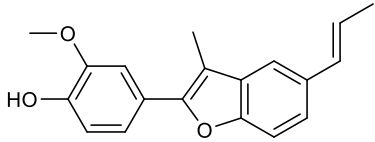
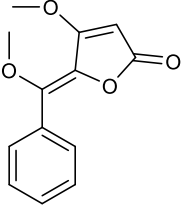
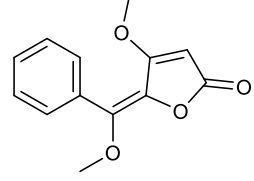
	 <p>Kavaina 74</p>	<i>F. solani</i>	Método de dilución en agar	PIC a 10 ppm	29.0%	Xuan et al., 2006
	 <p>Metisticina 75</p>	<i>F. solani</i> <i>F. oxysporum</i>	Método de dilución en agar	PIC a 10 ppm	37.1% 11.6%	Xuan et al., 2006
Neolignanós						
<i>P. solmsianum</i> (hojas)	 <p>Conocarpan 76</p>	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i>	Método de dilución en agar	MIC	500 µg/mL 900 µg/mL	de Campos et al., 2005
	 <p>Eupomatenoid-3 77</p>	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i>	Método de dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	de Campos et al., 2005

Tabla 3. (Continuación)

	 <p>Eupomatenoide-5 78</p>	<i>A. flavus</i> <i>A. niger</i>	Método de dilución en agar	MIC	>1000 µg/mL	de Campos et al., 2005
Piperolidos (butenolidos)						
<i>P. malacophyllum</i> (hojas)	 <p>4,6-dimetoxi-5-E-fenilbutenolido 79</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	1.0 µg	Lago et al., 2005
	 <p>4,6-dimetoxi-5-Z-fenilbutenolido 80</p>	<i>C. cladosporioides</i> <i>C. sphaerospermum</i>	Bioautografía TLC	MIQ	5.0 µg 10.0 µg	Lago et al., 2005

IC₅₀: Cantidad inhibitoria 50;

MFC: Concentración mínima fungicida;

MIQ: Cantidad mínima inhibitoria;

PIC: Porcentaje de inhibición de crecimiento;

TLC = CCD: Cromatografía en capa delgada;

ZIC: Zona de inhibición de crecimiento

De acuerdo con la revisión adelantada sobre constituyentes químicos provenientes del género con actividad frente a hongos fitopatógenos descrita en la Tabla 3, esta permitió determinar que la mayoría de las investigaciones se han desarrollado sobre especies que crecen en Brasil y que los tipos de metabolitos con actividad antifúngica se concentran principalmente en amidas (1-25), derivados de ácido benzoico y cinámico (26-49), y flavonoides (55-65). Esta revisión documenta las estructuras químicas y actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos de 80 compuestos aislados de 26 especies del género *Piper*. Estas investigaciones se han realizado principalmente frente a los hongos de importancia económica *C. cladosporioides*, *C. sphaerospermum*, *A. flavus*, *A. niger*, *F. solani*, *F. oxysporum* y *B. cinerea*. Los métodos de evaluación generalmente empleados para compuestos aislados en el género *Piper* son bioautografía en TLC seguido por difusión en disco y dilución en agar.

Las amidas con promisorio actividad frente a hongos fitopatógenos corresponden a aristolactamas (1-3), isobutilamidas (4-14), piperidinas (15-19) y pirrolidinas (20-23) principalmente. De este tipo de amidas se destacan por su actividad las isobutilamidas (piperlonguminina 5, isocorcovadina 7, isopiperlonguminina 8, corcovadina 9 y piperovatina 11), piperidinas (piperanina 15, dihidropiplartina 17 y piperina 18) y pirrolidinas (*N*-[10-(13,14-metilenodioxifenil)-7(*E*),9(*E*)-pentadienoil]-pirrolidina 21 y piperamida 22). Algunos de estos compuestos han inspirado la síntesis de derivados y/o análogos con el fin de establecer algunas relaciones de estructura actividad y buscar moléculas más potentes. Tal es el caso de 12 análogos de amidas sintetizadas a partir de los compuestos 5, 9 y 18 que permitieron establecer que la presencia de cadenas alifáticas largas y sustituyentes en el anillo aromático de tipo metoxi y metilenodioxo disminuyen la actividad (Marques et al., 2010). Adicionalmente de las hojas de *P. crassinervium* se aisló una amida poco común en el género *Piper* del tipo piperidona 25, la cual presenta una muy significativa actividad frente a *C. cladosporioides* y *C. sphaerospermum*.

Los derivados de ácido benzoico son otros de los metabolitos generalmente reportados con actividad antifúngica. Estos pueden ser de dos tipos: de cadena abierta y cíclica, siendo estos últimos comúnmente llamados crómenos. Los crómenos se caracterizan en *Piper* por la presencia del anillo benzopirano, del grupo carboxilo en posición 6 y sustituyentes en posición 8. De los aislados en el género *Piper* se destacan por su actividad antifúngica los derivados de ácido benzoico de cadena abierta 27, 29, 32-34 y 36, y los

crómenos **38, 41-43**. Estos metabolitos bioactivos han sido generalmente aislados de hojas e inflorescencias y en sus estructuras se observa la presencia de diversos tipos de sustituyentes de carácter prenilo que pueden tener alguna responsabilidad en la actividad presentada. Algunos derivados de ácido cinámico y pipérico con moderada actividad antifúngica han sido aislados, siendo piperato de bornilo **49**, el más promisorio obtenido de las raíces de *P. chaba*.

En esta revisión los flavonoides de tipo chalcona (**55-57**), flavanona (**58-63**) y flavona (**64-65**), son otros de los metabolitos comúnmente reportados como antifúngicos frente a hongos fitopatógenos. De este tipo se destacan las flavanonas pinocembrina **58**, naringenina **60**, naringenina 4'-metil éter **61** y sakuranetina **62**, las cuales tienen en común la presencia de sustituyentes oxigenados en las posiciones 5, 7 y 4'.

En muchas especies del género *Piper* es común la presencia de fenilpropanos y algunos de ellos son considerados como marcadores quimiotaxonómicos para el género. A metabolitos de este tipo (**50-54**) se les ha determinado que presentan una moderada actividad antifúngica frente a diversos hongos fitopatógenos. En menor número de compuestos, también se reporta la actividad antifúngica para fenoles prenilados (**66-69**), kawalactonas (**70-75**), neolignanós (**76-78**) y piperolidos (**79-80**). De este tipo de metabolitos se destacan por su actividad los fenoles prenilados **66** y **69**, las kawalactonas **70**, **72** y **75**, y el butenolido **79**.

De la revisión se deduce que muchas de las investigaciones que se realizan sobre especies del género *Piper* en busca de sustancias antifúngicas se quedan en evaluaciones preliminares sobre extractos, fracciones y/o aceites. Son pocas las investigaciones enfocadas al aislamiento y determinación de los constituyentes con actividad antifúngica desde las especies con promisoria bioactividad. También se observa que la mayoría de los ensayos utilizados para determinar la actividad antifúngica en los documentos revisados son de tipo cualitativo, haciéndose de esta forma necesario el desarrollo de bioensayos que permitan determinar con mayor precisión la potencialidad de estas moléculas. A pesar de que el género *Piper* tiene distribución cosmopolita y que algunas de sus especies son reconocidas por sus aplicaciones en el sector agrícola, la mayor parte de las investigaciones a nivel antifúngico se concentra principalmente en Brasil y en la India. En

Colombia crecen un gran número de especies pertenecientes a este género, pero los reportes en esta línea son escasos o muy preliminares, hay muchas especies que no poseen ningún tipo de investigación. De esta forma las especies del género *Piper* presentes en el territorio colombiano pueden constituir una fuente promisoría para emprender investigaciones encaminadas en la búsqueda de sustancias para el control de diversos hongos fitopatógenos

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Después de hacer un análisis sistemático descriptivo de más de 50 publicaciones relacionadas con actividad antifúngica de especies del género *Piper* sobre hongos fitopatógenos, es posible concluir:

- La mayoría de las investigaciones en búsqueda de antifúngicos provenientes del género *Piper* se han enfocado en el control de hongos fitopatógenos de importancia económica, entre los que se destacan hongos de los géneros: *Aspergillus* (*A. niger*, *A. flavus*, *A. oryzae*), *Fusarium* (*F. oxysporum* y *F. solani*), *Cladosporium* (*C. cladosporioides* y *C. sphaerospermum*) *Botrytis* (*B. cinerea*), *Penicillium* (*P. viridicatum*, *P. madriti* y *P. citrinum*), *Phytophthora* (*P. infestans*) y *Colletotrichum* (*C. capsici*).
- Extractos obtenidos a partir de especies del género *Piper* con solventes de diferentes polaridades mostraron tener potenciales efectos antifúngicos, lo que indica que estas especies contiene metabolitos secundarios de diversas polaridades que son capaces de controlar el crecimiento de los hongos fitopatógenos de interés.
- En los AEs con promisoría actividad antifúngica se destaca la presencia de constituyentes mayoritarios de tipo monoterpeno (α -pineno, 1,8-cineol y/o limoneno) y fenilpropano (eugenol, safrol, apiol, dilapiol y/o miristicina).
- Esta revisión documenta la actividad antifúngica frente a hongos fitopatógenos de 80 compuestos aislados de 26 especies del género *Piper*, que indican que las sustancias con mayor potencial antifúngico son principalmente las amidas, flavonoides y derivados de ácido benzoico.
- Las especies más promisorias del género *Piper* para el control de hongos fitopatógenos son *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. betle*, *P. chava*, *P. crassinervium*, *P. dilatatum*, *P. hispidum*, *P. hostmanianum*, *P. scutifolium*, *P. marginatum*, *P.*

nigrum y *P. tuberculatum*; de acuerdo con su recurrencia en los estudios recopilados, y a los resultados promisorios de actividad antifúngica presentados por sus extractos, fracciones, aceites esenciales y/o metabolitos secundarios aislados.

Recomendaciones

- Debido al enorme número de artículos reportados y la dificultad para seleccionar específicamente aquellos referidos al tema objeto de estudio, es conveniente realizar una validación en la revisión para verificar que no se quedó por fuera ningún artículo del tema de interés.
- De la revisión se encontró el uso de diversos métodos de evaluación de la actividad antifúngica, lo cual dificultó la comparación de las variables evaluadas para determinar la potencialidad entre especies del género. Por lo tanto, se recomienda el uso de bioensayos más específicos para determinar la potencialidad de extractos, aceites esenciales y compuestos.
- Realizar estudios con las especies de *Piper* presentes en Colombia, enfocados en la búsqueda de antifúngicos de utilidad en el sector agrícola, ya que son pocos los estudios adelantados en este campo.
- Recomendar hacer el estudio químico de las especies activas con el fin de aislar e identificar los constituyentes químicos responsables de la actividad y que contribuyan a la recopilación de compuestos.
- Es necesario realizar ensayos con los constituyentes mayoritarios de los aceites con el fin de determinar si estos son los responsables de la actividad antifúngica exhibida por los AEs.
- Es necesario que se estandaricen las pruebas para la evaluación de actividad, para poder comparar los resultados de actividad antifúngica de extractos, fracciones y aceites esenciales de las especies del género *Piper*, además, que se maneje una uniformidad tanto en las unidades de concentración empleadas en el ensayo, como en las unidades usadas para reportar la actividad antifúngica.

Bibliografía

- Agrios, G. N. (2005). Plant Pathology. 5th eds. Department of Plant Pathology. University of Florida. United States of America.
- Ahmad, F., Sirat, H. M., Jamaludin, F., Mustapha, N. M. a., Ali, R. M., Arbain, D., & Aboul-Enein, H. Y. (2014). Antimicrobial and anti-inflammatory activities of *Piper porphyrophyllum* (Fam. Piperaceae). *Arabian Journal of Chemistry*, 7(6), 1031-1033.
- Akthar, M. S., Birhanu, G., & Demisse, S. (2014). Antimicrobial activity of *Piper nigrum* L. and *Cassia didymobotyra* L. leaf extract on selected food borne pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4, S911-S919.
- Albiero, A. L. M., de SOUZA, L. A., Mourao, K. S. M., de ALMEIDA, O. J. G., & Lopes, W. A. L. (2005). Morfo-anatomia do caule e da folha de *Piper gaudichaudianum* Kuntze (Piperaceae). *Acta farmacéutica bonaerense*, 24(4), 550-554.
- Alécio, A. C., Bolzani, V. d. S., Young, M. C. M., Kato, M. J., & Furlan, M. (1998). Antifungal amide from leaves of *Piper hispidum*. *Journal of Natural Products*, 61(5), 637-639.
- Ali, I., Khan, F. G., Suri, K. A., Gupta, B. D., Satti, N. K., Dutt, P., Khan, I. A. (2010). In vitro antifungal activity of hydroxychavicol isolated from *Piper betle* L. *Annals of clinical microbiology and antimicrobials*, 9(1), 7.
- Anaruma, N. D., Schmidt, F. L., Duarte, M. C. T., Figueira, G. M., Delarmelina, C., Benato, E. A., & Sartoratto, A. (2010). Control of *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. in yellow passion fruit using *Cymbopogon citratus* essential oil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 41(1), 66-73.
- Andrade, E., Kato, M., Carreira, L., Guimarães, E., & Maia, J. (2011). Antioxidant capacity and larvicidal and antifungal activities of essential oils and extracts from *Piper krukoffii*. *Natural product communications*, 6(9), 1361-1366.
- Asprey, G., & Thornton, P. (1954). Medical plants of Jamaica. *The West Indian medical journal*, 3(1), 17-41.
- Aumeeruddy-Elalfi, Z., Gurib-Fakim, A., & Mahomoodally, M. (2016). Kinetic studies of tyrosinase inhibitory activity of 19 essential oils extracted from endemic and exotic medicinal plants. *South African Journal of Botany*, 103, 89-94.
- Ávila, M., Patiño, O., Prieto, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2011). Flavonoides con actividad antifúngica aislados de *Piper septuplinervium* (miq.) c. dc. (Piperaceae). *Revista Colombiana de Química*, 40(1), 25-33.

Barbosa, D. R., Lenardon, L., & Partata, A. K. (2013). Kava-kava (*Piper methysticum*): uma revisão geral. *Rev. Cien. ITPAC*, 6(3), 1-19.

Basak, S., & Guha, P. (2015). Modelling the effect of essential oil of betel leaf (*Piper betle* L.) on germination, growth, and apparent lag time of *Penicillium expansum* on semi-synthetic media. *International journal of food microbiology*, 215, 171-178.

Basak, S., & Guha, P. (2017). Betel leaf (*Piper betle* L.) essential oil microemulsion: Characterization and antifungal activity on growth, and apparent lag time of *Aspergillus flavus* in tomato paste. *LWT-Food Science and Technology*, 75, 616-623.

Benjlali, B., Tantaqui-Elaraki, A., Ayadi, A., & Ihlala, M. (1984). Method to study antimicrobial effects of essential oils: application to the antifungal activity of six Moroccan essences. *Journal of Food Protection*, 47(10), 748-752.

Bezerra, D. P., Pessoa, C., de Moraes, M. O., Saker-Neto, N., Silveira, E. R., & Costa-Lotufo, L. V. (2013). Overview of the therapeutic potential of piperlongumine (piperlongumine). *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48(3), 453-463.

Biswas, S. M., Chakraborty, N., Chakraborty, P., & Sarkar, S. (2012). Antioxidant and antimicrobial activities of hot pungent chabbarin are responsible for the medicinal properties of *Piper chaba* Hunter. *Res. J. Med. Plant*, 6, 574-586.

Bittner, M., Aguilera, M., Hernández, V., Arbert, C., Becerra, J., & Casanueva, M. E. (2009). Fungistatic activity of essential oils extracted from *Peumus boldus* Mol., *Laureliopsis philippiana* (Looser) Schodde and *Laurelia sempervirens* (Ruiz & Pav.) Tul. (Chilean monimiaceae). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 69(1), 30-37.

Bourdy, G. (1999). Conozcan nuestros árboles, nuestras hierbas. Universidad Mayor de San Andrés, CIPTA, & CI Reyes. 2007a. Parches de bosque y etnobotánica Shuar en Palora, Morona Santiago-Ecuador.

Brú, J., & Guzman, J. D. (2016). Folk medicine, phytochemistry and pharmacological application of *Piper marginatum*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(6), 767-779.

Bussaman, P., Namsena, P., Rattanasena, P., & Chandrapatya, A. (2012). Effect of Crude Leaf Extracts on *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012, 1-6.

Calle, J. (1983). Contribucion al estudio de algunas especies de la familia Piperaceae. *Revista Colombiana de Ciências Químico-Farmacéuticas*, 4(1), 47-57.

Callejas, P. R. (1997). Piperáceas de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada (Vol. Tomo XIII, pp. 88). Madrid.

Callejas, P. R. (2001). Piperaceae Vol.II. . Missouri Botanical Garden. USA.

Callejas, P. R. (2014). Piperaceae. En: Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. VII. . Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard, 129, 6-326.

Callejas, R. (1999). Catálogo de las Plantas Vasculares de Ecuador. Jorgensen & Susana León, St. Louis, USA.

Carmona Hernández, O. (2013). Actividad insecticida de extractos foliares de nueve especies del género *Piper* L. (Piperaceae) sobre *Drosophila melanogaster*.

Carson, C. F., Mee, B. J., & Riley, T. V. (2002). Mechanism of action of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil on *Staphylococcus aureus* determined by time-kill, lysis, leakage, and salt tolerance assays and electron microscopy. *Antimicrobial agents and chemotherapy*, 46(6), 1914-1920.

Celis, Á., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W., & Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97-106.

Chakor, J. N., Musso, L., Sardi, P., & Dallavalle, S. (2012). Synthesis and Structure-Activity Relationships of Antifungal Crassinervic Acid Analogs. *Chemistry & biodiversity*, 9(1), 41-47.

Chakrabarty, R., Acharya, G., & Sarma, T. (2013). Effect of fungicides, *Trichoderma* and plant extracts on mycelial growth of *Thielaviopsis paradoxa*, under in vitro condition. *The Bioscan*, 8(1), 55-58.

Correa Navarro, Y. M., Palomino García, L. R., & Marino Mosquera, O. (2015). Actividad antioxidante y antifúngica de Piperaceae de la flora colombiana. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(2), 167-181.

Cristani, M., D'Arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M. G., Micieli, D. Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(15), 6300-6308.

da Silva, J., Andrade, E., Guimaraes, E., & Maia, J. (2010). Essential oil composition, antioxidant capacity and antifungal activity of *Piper divaricatum*. *Natural product communications*, 5(3), 477-480.

da Silva, J. K. R., Pinto, L., Burbano, R., Montenegro, R. C., Guimaraes, E. F., Andrade, E. H. A., & Maia, J. G. S. (2014). Essential oils of Amazon *Piper* species and their cytotoxic, antifungal, antioxidant and anti-cholinesterase activities. *Industrial Crops and Products*, 58, 55-60.

da Silva, J. K. R., Silva, J. R. A., Nascimento, S. B., da Luz, S. F., Meireles, E. N., Alves, C. N., . . . Maia, J. G. S. (2014). Antifungal activity and computational study of constituents from *Piper divaricatum* essential oil against Fusarium infection in black pepper. *Molecules*, 19(11), 17926-17942.

da Silva, R. V., Navickiene, H. M. D., Kato, M. J., Bolzani, V. d. S., Méda, C. I., Young, M. C. M., & Furlan, M. (2002). Antifungal amides from *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry*, 59(5), 521-527.

Dada, A. A., Ifesan, B. O. T., & Fashakin, J. F. (2013). Antimicrobial and antioxidant properties of selected local spices used in "Kunun" beverage in Nigeria. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 12(4), 373-378.

Daferera, D. J., Ziogas, B. N., & Polissiou, M. G. (2000). GC-MS analysis of essential oils from some Greek aromatic plants and their fungitoxicity on *Penicillium digitatum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2576-2581.

DANE. (2016). Investigaciones Agropecuarias. Retrieved 8 de Octubre de 2017 https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2016/boletin_ena_2016.pdf

Danelutte, A. P., Lago, J. H. G., Young, M. C. M., & Kato, M. J. (2003). Antifungal flavanones and prenylated hydroquinones from *Piper crassinervium* Kunth. *Phytochemistry*, 64(2), 555-559.

Dawar, S., Abbas, S., Tariq, M., & Zaki, M. (2008). In vitro fungicidal activity of spices against root infecting fungi. *Pakistan Journal of Botany*, 40(1), 433.

de Almeida, R. R., Souto, R. N., Bastos, C. N., da Silva, M. H., & Maia, J. G. (2009). Chemical Variation in *Piper aduncum* and Biological Properties of Its Dillapiole-Rich Essential Oil. *Chemistry & biodiversity*, 6(9), 1427-1434.

De Campos, M. P., Cechinel Filho, V., Da Silva, R. Z., Yunes, R. A., Zacchino, S., Juarez, S. Cruz, A. B. (2005). Evaluation of antifungal activity of *Piper solmsianum* C. DC. var. *solmsianum* (Piperaceae). *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 28(8), 1527-1530.

de Moraes, S. M., Facundo, V. A., Bertini, L. M., Cavalcanti, E. S. B., dos Anjos Júnior, J. F., Ferreira, S. A., . . . de Souza Neto, M. A. (2007). Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from *Piper* species. *Biochemical systematics and ecology*, 35(10), 670-675.

Dean, R., Van Kan, J. A., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D. Ellis, J. (2012). The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 13(4), 414-430.

Decker, E. A. (1995). The role of phenolics, conjugated linoleic acid, carnosine, and pyrroloquinoline quinone as nonessential dietary antioxidants. *Nutrition Reviews*, 53(3), 49-58.

Dharmaratne, H. R. W., Nanayakkara, N. D., & Khan, I. A. (2002). Kavalactones from *Piper methysticum*, and their ¹³C NMR spectroscopic analyses. *Phytochemistry*, 59(4), 429-433.

Discovery, L. (2017). Discovery Life IDnatura guides. Retrieved 8 de Octubre de 2017. From <http://www.discoverlife.org/mp/20q>

Dorman, H., & Deans, S. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. *Journal of applied microbiology*, 88(2), 308-316.

dos Santos, P. R. D., de Lima Moreira, D., Guimarães, E. F., & Kaplan, M. A. C. (2001). Essential oil analysis of 10 Piperaceae species from the Brazilian Atlantic forest. *Phytochemistry*, 58(4), 547-551.

dos Santos, R. A., Ramos, C. S., Young, M. C. M., Pinheiro, T. G., Amorim, A. M., Kato, M. J., & Batista, R. (2013). Antifungal Constituents from the Roots of *Piper dilatatum* Rich. *Journal of Chemistry*, 2013, 1-5.

Duraipandiyan, V., & Ignacimuthu, S. (2011). Antifungal activity of traditional medicinal plants from Tamil Nadu, India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(2), S204-S215.

Enyiukwu, D. Awurum AN. (2013). Fungitoxic principles and in vitro antifungal activity of extracts of Caricapapaya and *Piper guineense* on *Colletotrichum destructivum* O'Gara. *Continental Journal of Biological Sciences*, 6(1), 29-36.

FAO (2005). (Producer, 15 de Octubre de 2015). Agricultura y diálogo de culturas, nuestro patrimonio común. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/a0015s/a0015s00.pdf>

FAO. (2012). Boletín de agricultura familiar de América Latina y el Caribe, Julio-Septiembre de 2012.

Fard, M. H., & Mojeni, T. D. (2011). Effects of Two Systemic Insecticides on Damping-off Pathogens of Cotton. *J. Agric. Sci. Technol*, 13, 27-33.

FREDENHAGEN, A., HUG, P., & PETER, H. H. (1990). STROBILURINS F, G AND H, THREE NEW ANTIFUNGAL METABOLITES FROM BOLINEA LUTEA. *The Journal of antibiotics*, 43(6), 661-667.

Freitas, G. C., Kitamura, R. O. S., Lago, J. H. G., Young, M. C. M., Guimaraes, E. F., & Kato, M. J. (2009). Caldensinic acid, a prenylated benzoic acid from *Piper caldense*. *Phytochemistry Letters*, 2(3), 119-122.

- García, B. (1992). Flora medicinal de Colombia Botánica médica: Tercer Mundo.
- García, R. Á., Juliatti, F. C., Barbosa, K. A. G., & Cassemiro, T. A. (2012). Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. *Bioscience Journal*, 28(1).
- Ghisalberti, E. (2000). *Lantana camara* L. (verbenaceae). *Fitoterapia*, 71(5), 467-486.
- Guerrini, A., Sacchetti, G., Rossi, D., Paganetto, G., Muzzoli, M., Andreotti, E. Bruni, R. (2009). Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from eastern Ecuador. *Environmental toxicology and pharmacology*, 27(1), 39-48.
- Gupta, M., Gupta, A., Gupta, S., Thakur, S., & Sharma, A. (2013). Phytochemical Analysis of Cold Toluene Extracts of *Piper nigrum* and its Antibacterial and Antifungal Activity. *Oriental Journal of Chemistry*, 29, 559-563.
- Herath, S., Lilly, S. T., Fischer, D. P., Williams, E. J., Dobson, H., Bryant, C. E., & Sheldon, I. M. (2008). Bacterial lipopolysaccharide induces an endocrine switch from prostaglandin F2 α to prostaglandin E2 in bovine endometrium. *Endocrinology*, 150(4), 1912-1920.
- Hewitt, H. G. (1998). Fungicides in crop protection: Cab International.
- Hibar, K., Daami-Remadi, M., Ayed, F., & El Mahjoub, M. (2007). Fusarium crown and root rot of tomato and its chemical control. *Int J Agric Res*, 2, 687-695.
- Jaimes Suárez, Y., & Aranzazu Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*).
- Johnny, L., Yusuf, U. K., & Nulit, R. (2011). Antifungal activity of selected plant leaves crude extracts against a pepper anthracnose fungus, *Colletotrichum capsici* (Sydow) butler and bisby (Ascomycota: Phyllachorales). *African Journal of Biotechnology*, 10(20), 4157-4165.
- Juárez-Becerra, G., Sosa-Morales, M., & López-Malo, A. (2010). Hongos Fitopatógenos de alta importancia económica: descripción y métodos de control. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 4(2), 14-23.
- Juliani, H., Simon, J. E., Ramboatiana, M. R., Behra, O., Garvey, A., & Raskin, I. (2002). Malagasy aromatic plants: essential oils, antioxidant and antimicrobial activities. Paper presented at the XXVI International Horticultural Congress: The Future for Medicinal and Aromatic Plants 629.
- Junguito, R., Perfetti, J. J., & Becerra, A. (2014). Desarrollo de la agricultura colombiana.
- Kato, M. J., & Furlan, M. (2007). Chemistry and evolution of the Piperaceae. *Pure and Applied Chemistry*, 79(4), 529-538.

Kishore, G. K., & Pande, S. (2005). Integrated management of late leaf spot and rust diseases of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) with *Prosopis juliflora* leaf extract and chlorothalonil. *International Journal of Pest Management*, 51(4), 325-332.

Kocić-Tanackov, S., Dimić, G., Mojović, L., Gvozdanić-Varga, J., Djukić-Vuković, A., Tomović, V., Pejin, J. (2017). Antifungal Activity of the Onion (*Allium cepa* L.) Essential Oil Against *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* Species Isolated from Food. *Journal of food processing and preservation*, 41(4).

Koroishi, A. M., Foss, S. R., Cortez, D. A., Ueda-Nakamura, T., Nakamura, C. V., & Dias Filho, B. P. (2008). In vitro antifungal activity of extracts and neolignans from *Piper regnellii* against dermatophytes. *Journal of ethnopharmacology*, 117(2), 270-277.

Kurita, N., Miyaji, M., Kurane, R., & Takahara, Y. (1981). Antifungal activity of components of essential oils. *Agricultural and Biological Chemistry*, 45(4), 945-952.

Kurita, N., & Koike, S. (1983). Synergistic antimicrobial effect of ethanol, sodium chloride, acetic acid and essential oil components. *Agricultural and Biological Chemistry*, 47(1), 67-75.

Lago, J. H. G., Chen, A., Young, M. C. M., Guimaraes, E. F., de Oliveira, A., & Kato, M. J. (2009). Prenylated benzoic acid derivatives from *Piper aduncum* L. and *P. hostmannianum* C. DC. (Piperaceae). *Phytochemistry Letters*, 2(3), 96-98.

Lago, J. H. G., Ito, A. T., Fernandes, C. M., Young, M. C. M., & Kato, M. J. (2012). Secondary metabolites isolated from *Piper chimonantifolium* and their antifungal activity. *Natural product research*, 26(8), 770-773.

Lago, J. H. G., & Kato, M. J. (2007). 3 α , 4 α -Epoxy-2-piperidone, a new minor derivative from leaves of *Piper crassinervium* Kunth (Piperaceae). *Natural product research*, 21(10), 910-914.

Lago, J. H. G., Ramos, C. S., Casanova, D. C. C., Morandim, A. d. A., Bergamo, D. C. B., Cavalheiro, A. J., Young, M. C. M. (2004). Benzoic Acid Derivatives from *Piper* Species and Their Fungitoxic Activity against *Cladosporium c* *ladosporioides* and *C. s* *phaerospermum*. *Journal of Natural Products*, 67(11), 1783-1788.

Lago, J. H. G., Tanizaki, T. M., Young, M. C. M., Guimarães, E. F., & Kato, M. J. (2005). Antifungal piperolides from *Piper malacophyllum* (Prels) C. DC. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 16(2), 153-156.

Lago, J. H. G., Young, M. C. M., Reigada, J. B., Soares, M. G., Roesler, B. P., & Kato, M. J. (2007). Antifungal derivatives from *Piper mollicomum* and *P. lhotzkyanum* (Piperaceae). *Química Nova*, 30(5), 1222-1224.

Lebot, V., Merlin, M., & Lindstrom, L. (1997). *Kava: The Pacific elixir: The definitive guide to its ethnobotany, history, and chemistry*: Inner Traditions/Bear & Co.

Lee, S.-E., Park, B.-S., Kim, M.-K., Choi, W.-S., Kim, H.-T., Cho, K.-Y., Lee, H.-S. (2001). Fungicidal activity of piperonaline, a piperidine alkaloid derived from long pepper, *Piper longum* L., against phytopathogenic fungi. *Crop Protection*, 20(6), 523-528.

Li, X.-C., Ferreira, D., Jacob, M. R., Zhang, Q., Khan, S. I., ElSohly, H. N., Walker, L. A. (2004). Antifungal Cyclopentenediones from *Piper coruscans*. *Journal of the American Chemical Society*, 126(22), 6872-6873.

López, A., Ming, D. S., & Towers, G. N. (2002). Antifungal Activity of Benzoic Acid Derivatives from *Piper lanceaefolium*. *Journal of Natural Products*, 65(1), 62-64.

Marques, J. V., Kitamura, R. O. S., Lago, J. H. G., Young, M. C. M., Guimarães, E. F., & Kato, M. J. (2007). Antifungal amides from *Piper scutifolium* and *Piper hoffmanseggianum*. *Journal of Natural Products*, 70(12), 2036-2039.

Marques, J. V., Oliveira, A. d., Raggi, L., Young, M., & Kato, M. J. (2010). Antifungal activity of natural and synthetic amides from *Piper* species. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 21(10), 1807-1813.

Matasyoh, J., Wagara, I., Nakavuma, J., & Chepkorir, R. (2013). Chemical composition and antifungal activity of *Piper capense* oil against mycotoxigenic *Aspergillus*, *Fusarium* and *Penicillium* species. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 1441-1451.

Ministerio de Agricultura (2017). *Sistemas de Información*. Retrieved 14 de Abril de 2017 <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Agricultura-continua-entre-los-lideres-del-empleo.aspx>

Molina, R. (2007). Methyl bromide, brief description of its toxicology as a basis for occupational health surveillance. *Ciencia y Tecnología*, 26, 182-185.

Morandim, A., Pin, A. R., Pietro, N. A., Alecio, A. C., Kato, M. J., Young, C. M., Furlan, M. (2010). Composition and screening of antifungal activity against *Cladosporium sphaerospermum* and *Cladosporium cladosporioides* of essential oils of leaves and fruits of *Piper* species. *African Journal of Biotechnology*, 9(37), 6135-6139.

Mudalige, C. P., Jyothi, N., Chikabire, U. G., & Girisha, S. (2011). Biocontrol of root-rot disease of *Coleus forskohlii* and *Coleus amboinicus* by using plant extracts as antifungal agents. *Archives of phytopathology and plant protection*, 44(9), 888-893.

Muharini, R., Liu, Z., Lin, W., & Proksch, P. (2015). New amides from the fruits of *Piper retrofractum*. *Tetrahedron Letters*, 56(19), 2521-2525.

Mundial, B. (2017). Agricultura, valor agregado. Porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB). Retrieved 10 de octubre de 2017 <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS?end=2016&locations=CO&start=1965&view=chart>.

Mundina, M., Vila, R., Tomi, F., Tomàs, X., Ciccio, J. F., Adzet, T., Cañigueral, S. (2001). Composition and chemical polymorphism of the essential oils from *Piper lanceaefolium*. *Biochemical systematics and ecology*, 29(7), 739-748.

Muñoz, D. (2008). Estudio fitoquímico y evaluación de la actividad fungicida e insecticida de la especie *Piper eriopodon* (Piperaceae). Tesis de grado. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Naigre, R., Kalck, P., Roques, C., Roux, I., & Michel, G. (1996). Comparison of antimicrobial properties of monoterpenes and their carbonylated products. *Planta médica*, 62(03), 275-277.

Nascimento, F. R., Cardoso, M. G., Souza, P. E., Lima, R. K., Salgado, A., & Guimarães, L. G. L. (2008). Efeito do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC) e do emulsificante Tween® 80 sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata* (Fungi Hyphomycetes). *Acta Amaz*, 38, 503-508.

Nascimento, S. A., Araujo, E. A., Da Silva, J. M., & Ramos, C. S. (2015). Chemical study and antimicrobial activities of *Piper arboreum* (Piperaceae). *Journal of the Chilean Chemical Society*, 60(1), 2837-2839.

Navickiene, H. M. D., Alécio, A. C., Kato, M. J., Bolzani, V. d. S., Young, M. C. M., Cavalheiro, A. J., & Furlan, M. (2000). Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry*, 55(6), 621-626.

Navickiene, H. M. D., Morandim, A. d. A., Alécio, A. C., Regasini, L. O., Bergamo, D. C. B., Telascrea, M., Furlan, M. (2006). Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Química Nova*, 29(3), 467-470.

Naz, T., Mosaddik, A., & Haque, M. E. (2009). Antimicrobial and cytotoxic activities of root extracts of *Piper chaba*. *Journal of Scientific Research*, 1(1), 138-144.

Naz, T., Mosaddik, A., Rahman, M. M., Muhammad, I., Haque, M. E., & Cho, S. K. (2012). Antimicrobial, antileishmanial and cytotoxic compounds from *Piper chaba*. *Natural product research*, 26(11), 979-986.

Nazmul, M., Salmah, I., Syahid, A., & Mahmood, A. (2011). In-vitro screening of antifungal activity of plants in Malaysia. *Biomedical Research*, 22(1).

Necha, L. L. B., & Barrera, L. J. G. (2008). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. aislado de papaya (Carica papaya). *Revista científica UDO agrícola*, 8(1), 33-41.

Ngane, A. N., Biyiti, L., Bouchet, P., Nkengfack, A., & Zollo, P. A. (2003). Antifungal activity of *Piper guineense* of Cameroon. *Fitoterapia*, 74(5), 464-468.

Nikolić, M., Stojković, D., Glamočlija, J., Ćirić, A., Marković, T., Smiljković, M., & Soković, M. (2015). Could essential oils of green and black pepper be used as food preservatives? *Journal of food science and technology*, 52(10), 6565-6573.

Niño, J., Correa, Y. M., & Mosquera, O. M. (2011). In vitro evaluation of Colombian plant extracts against Black Sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet). *Archives of phytopathology and plant protection*, 44(8), 791-803.

Niño, J., Mosquera, O. M., & Correa, Y. M. (2012). Antibacterial and antifungal activities of crude plant extracts from Colombian biodiversity. *Revista de biología tropical*, 60(4), 1535-1542.

OEC. (2016). Exportaciones. Retrieved 8 de octubre 2017 <https://atlas.media.mit.edu/es/profile/country/col/#Exportaciones>

Omidbeygi, M., Barzegar, M., Hamidi, Z., & Naghdibadi, H. (2007). Antifungal activity of thyme, summer savory and clove essential oils against *Aspergillus flavus* in liquid medium and tomato paste. *Food control*, 18(12), 1518-1523.

Ounchokdee, U., Rueangrit, S., & Dethoup, T. (2016). Antifungal activity profile of *Piper longum* fruit extract against plant pathogenic fungi. *Journal of Biopesticides*, 9(2), 97-103.

Panda, P., Aiko, V., & Mehta, A. (2015). Effect of aqueous extracts of *Mentha arvensis* (mint) and *Piper betle* (betel) on growth and citrinin production from toxigenic *Penicillium citrinum*. *Journal of food science and technology*, 52(6), 3466-3474.

Park, I.-K., Kim, J., Lee, Y.-S., & Shin, S.-C. (2008). In vivo fungicidal activity of medicinal plant extracts against six phytopathogenic fungi. *International Journal of Pest Management*, 54(1), 63-68.

Parmar, V. S., Jain, S. C., Bisht, K. S., Jain, R., Taneja, P., Jha, A., Olsen, C. E. (1997). Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochemistry*, 46(4), 597-673.

Parra, J. E., Delgado, W. A., & Cuca, L. E. (2011). Cumanenic acid, a new chromene isolated from *Piper cf. cumanense* Kunth. (Piperaceae). *Phytochemistry Letters*, 4(3), 280-282.

- Parra, J. E., Patiño, O. J., Prieto, J. A., Delgado, W. A., & Cuca, L. E. (2013). A new benzoic acid derivative isolated from *Piper cf. cumanense* Kunth (Piperaceae). *Phytochemistry Letters*, 6(4), 590-592.
- Patel, M., & Jasrai, Y. T. (2013). Evaluation of Fungitoxic Potency of *Piper betle* L. (Mysore variety) Leaf Extracts Against Eleven Phyto Pathogenic Fungal Strains. *Cibtech Journal of Bio-Protocols*, 2(2), 21-28.
- Pawar, V., & Thaker, V. (2006). In vitro efficacy of 75 essential oils against *Aspergillus niger*. *Mycoses*, 49(4), 316-323.
- Pawar, V., & Thaker, V. (2007). Evaluation of the anti-*Fusarium oxysporum* f. sp. *cicer* and anti-*Alternaria porri* effects of some essential oils. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23(8), 1099-1106.
- Perez Gutierrez, M. R., Neira Gonzalez, M. A., & Hoyo-Vadillo, C. (2013). Alkaloids from *Piper*: a review of its phytochemistry and pharmacology. *Mini reviews in medicinal chemistry*, 13(2), 163-193.
- Perfetti, J. J., Hernández, A., Leibovich, J., & Balcázar, Á. (2013). Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia. 38-42.
- Pineda, R. M., Vizcaíno, S. P., García, C. M., Gil, J. H., & Durango, D. L. (2012). Chemical composition and antifungal activity of *Piper auritum* Kunth and *Piper holtonii* C. DC. against phytopathogenic fungi. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(4), 507.
- Plazas, E., Cuca, L., & Delgado, W. (2008). Flavonoides aislados de las inflorescencias de *Piper hispidum* Kunth (piperaceae) y derivados acetilados. *Revista Colombiana de Química*, 37(3), 371.
- Portet, B., Fabre, N., Roumy, V., Gornitzka, H., Bourdy, G., Chevalley, S., Moulis, C. (2007). Activity-guided isolation of antiplasmodial dihydrochalcones and flavanones from *Piper hostmannianum* var. *berbicense*. *Phytochemistry*, 68(9), 1312-1320.
- Prakash, B., Shukla, R., Singh, P., Kumar, A., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2010). Efficacy of chemically characterized *Piper betle* L. essential oil against fungal and aflatoxin contamination of some edible commodities and its antioxidant activity. *International journal of food microbiology*, 142(1-2), 114-119.
- Quintana, G., & Vargas, L. (1995). Guía popular de plantas utilizadas por los mosetenes de Covendo, Santa Ana y Muchanes (Alto Beni, Bolivia). FONAMA, La Paz. Google Scholar.

Radwan, M. M., Tabanca, N., Wedge, D. E., Tarawneh, A. H., & Cutler, S. J. (2014). Antifungal compounds from turmeric and nutmeg with activity against plant pathogens. *Fitoterapia*, 99, 341-346.

Rahman, A., Al-Reza, S. M., & Kang, S. C. (2011). Antifungal activity of essential oil and extracts of *Piper chaba* Hunter against phytopathogenic fungi. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(4), 573-579.

Raju, G., & Maridas, M. (2011). Composition, Antifungal and Cytotoxic activities of Essential oils of *Piper barberi* fruits. *International Journal of Biological Technology*, 2(2), 100-105.

Ramírez-González, S. I., López-Báez, O., de Jesús Guzmán-Hernández, T., Munguía-Ulloa, S., & Espinosa-Zaragoza, S. (2011). Actividad antifúngica in vitro de extractos de *Origanum vulgare* L., *Tradescantia spathacea* Swartz y *Zingiber officinale* Roscoe sobre *Moniliophthora roreri* (Cif & Par) Evans et ál. *Revista Tecnología en Marcha*, 24(2), 3.

Regnier, T., & Combrinck, S. (2010). In vitro and in vivo screening of essential oils for the control of wet bubble disease of *Agaricus bisporus*. *South African Journal of Botany*, 76(4), 681-685.

Sánchez, Y., Correa, T. M., Abreu, Y., Martínez, B., Duarte, Y., & Pino, O. (2011). Caracterización química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq. *Revista de Protección Vegetal*, 26(3), 170-176.

Sanit, S. (2016). Antifungal activity of crude extracts of some medicinal plants against *Fusarium* sp., the pathogen of dirty panicle disease in rice. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(19), 248-255.

Santos, T. G., Rebelo, R. A., Dalmarco, E. M., Guedes, A., Gasper, A., Cruz, A. B., Nunes, R. K. (2012). Composição química e avaliação da atividade antimicrobiana do óleo essencial das folhas de *Piper malacophyllum* (C. Presl.) C. DC. *Quim. Nova*, 35(3), 477-481.

Saxena, M., Khare, N. K., Saxena, P., Syamsundar, K. V., & Srivastava, S. K. (2014). Antimicrobial activity and chemical composition of leaf oil in two varieties of *Piper betle* from northern plains of India. *Journal of scientific and industrial research*, 73 (02), 95-99.

Scalvenzi, L., Yaguache-Camacho, B., Cabrera-Martínez, P., & Guerrini, A. (2016). Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. y *Piper aduncum* L. *Bioagro*, 28(1), 039-046.

Scott, I., Puniani, E., Durst, T., Phelps, D., Merali, S., Assabgui, R., Arnason, J. T. (2002). Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. extracts: synergistic interaction of piperamides. *Agricultural and Forest Entomology*, 4(2), 137-144.

Seidemann, J. (2005). *World spice plants* (pp. 115-253). Springer.

Sequeda-Castañeda, L., Célis, C., Gutiérrez, S., & Gamboa, F. (2015). *Piper marginatum jacq.* (PIPERACEAE): PHYTOCHEMICAL, THERAPEUTIC, BOTANICAL INSECTICIDAL AND PHYTOSANITARY USES. *Pharmacol. Online*, 3, 136-145.

Sharma, N., & Tripathi, A. (2008). Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. *Microbiological Research*, 163(3), 337-344.

Shi, Y.-N., Shi, Y.-M., Yang, L., Li, X.-C., Zhao, J.-H., Qu, Y., Yang, C.-R. (2015). Lignans and aromatic glycosides from *Piper wallichii* and their antithrombotic activities. *Journal of ethnopharmacology*, 162, 87-96.

Shojaei, F., & Ali, M. S. (2015). EFFECT OF PARCHMENT RINSING WITH NATAMYCIN AND SOME HERBAL EXTRACT ON FUNGAL GROWTH IN UF-FETA CHEESE. *LUDUS VITALIS*, 11(1), 108-111.

Siddiqui, B. S., Gulzar, T., Begum, S., Afshan, F., & Sattar, F. A. (2005). Insecticidal amides from fruits of *Piper nigrum* Linn. *Natural product research*, 19(2), 143-150.

Siddiqui, B. S., Gulzar, T., Begum, S., Rasheed, M., Sattar, F. A., & Afshan, F. (2003). Two new insecticidal amides and a new alcoholic amide from *Piper nigrum* LINN. *Helvetica Chimica Acta*, 86(8), 2760-2767.

Silva, D., & Bastos, C. N. (2007). Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. *Fitopatologia Brasileira*, 32(2), 143-145.

Singburadom, N. (2015). Hydroxychavicol from *Piper betel* leave is an antifungal activity against plant pathogenic fungi. *Journal of Biopesticides*, 8(2), 82-92.

Singh, G., Kiran, S., Marimuthu, P., de Lampasona, M., De Heluani, C., & Catalán, C. (2008). Chemistry, biocidal and antioxidant activities of essential oil and oleoresins from *Piper cubeba* (seed). *International Journal of Essential Oil Therapeutics*, 2(2), 50-59.

Singh, G., Marimuthu, P., Catalan, C., & DeLampasona, M. (2004). Chemical, antioxidant and antifungal activities of volatile oil of black pepper and its acetone extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(14), 1878-1884.

Singh, J., Dhar, K., & Atal, C. (1969). Studies on the genus *Piper*-IX. Structure of trichostachine, an alkaloid from *Piper trichostachyon*. *Tetrahedron Letters*, 10(56), 4975-4978.

Singh, S., Kapoor, I., Singh, G., Schuff, C., De Lampasona, M., & Catalan, C. A. (2013). Chemistry, antioxidant and antimicrobial potentials of white pepper (*Piper nigrum* L.)

essential oil and oleoresins. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences, 83(3), 357-366.

Singh, Y. N., & Singh, N. N. (2002). Therapeutic potential of kava in the treatment of anxiety disorders. CNS drugs, 16(11), 731-743.

Sivaprakash, K., Senthil, M., Raja, J., Kurucheve, V., & Sangeetha, G. (2012). Evaluation of natural products for the management of damping-off of tomato incited by *Pythium aphanidermatum* (Edson) fitz. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 47(1), 17-33.

Soidrou, S., Farah, A., Satrani, B., Ghanmi, M., Jennan, S., Hassane, S., Boustia, D. (2013). Fungicidal activity of four essential oils from *Piper capense*, *Piper borbonense* and *Vetiveria zizanioides* growing in Comoros against fungi decay wood. Journal of Essential Oil Research, 25(3), 216-223.

Soković, M. D., Glamočlija, J. M., & Ćirić, A. D. (2013). Natural products from plants and fungi as fungicides Fungicides-showcases of integrated plant disease management from around the world (pp. 185-232): InTech.

Soltis, P. S., Soltis, D. E., & Chase, M. W. (1999). Angiosperm phylogeny inferred from multiple genes as a tool for comparative biology. Nature, 402(6760), 402.

Sonker, N., Pandey, A. K., & Singh, P. (2015). Efficiency of *Artemisia nilagirica* (Clarke) Pamp. essential oil as a mycotoxicant against postharvest mycobiota of table grapes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 95(9), 1932-1939.

Sturchio, E., Donnarumma, L., Annesi, T., Milano, F., Casorri, L., Masciarelli, E., Boccia, P. (2014). Essential oils: an alternative approach to management of powdery mildew diseases. Phytopathologia Mediterranea, 385-395.

Suwanmanee, S., Kitisin, T., & Luplertlop, N. (2014). In vitro screening of 10 edible Thai plants for potential antifungal properties. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2014, 1-7.

Swadhini, S., Santosh, R., Uma, C., Mythili, S., & Sathivelu, A. (2011). Phytochemical Screening and Antimicrobial activity of five medicinal plants against *Myrothecium* SP. International Journal of Pharma and Biosciences, 2(1), B272-B279.

Syngenta. (2017). Syngenta(R) Argentina. Retrieved 5 de octubre de 2017, from www.syngenta.com.ar

Tabopda, T. K., Ngoupayo, J., Liu, J., Mitaine-Offer, A.-C., Tanoli, S. A. K., Khan, S. N., Lacaille-Dubois, M.-A. (2008). Bioactive aristolactams from *Piper umbellatum*. Phytochemistry, 69(8), 1726-1731.

Tafur, R., Toro, J., Pedraza, D., & Hernández, J. (2006). Plan Frutícola Nacional: Desarrollo de la Fruticultura en Boyacá.

Tamuly, C., Dutta, P. P., Bordoloi, M., & Bora, J. (2013). Antifungal and antioxidant pyrrole derivative from *Piper pedicellatum*. Natural product communications, 8(10), 1451-1454.

Tangarife-Castaño, V., Correa-Royero, J., Roa-Linares, V., Pino-Benitez, N., Betancur-Galvis, L., Durán, D., . . . Mesa-Arango, A. (2014). Anti-dermatophyte, anti-Fusarium and cytotoxic activity of essential oils and plant extracts of *Piper* genus. Journal of Essential Oil Research, 26(3), 221-227.

UK, P. N. (2017). Pesticide News Actives. Retrieved 5 de octubre de 2017, from <http://www.pan-uk.org/pestnews/actives/>

Vadlapudi, V., & Kaladhar, D. (2012). Phytochemical evaluation and molecular characterization of some important medicinal plants. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 2, S26-S32.

Veluri, R., Weir, T. L., Bais, H. P., Stermitz, F. R., & Vivanco, J. M. (2004). Phytotoxic and antimicrobial activities of catechin derivatives. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52(5), 1077-1082.

Verma, S., Parganiha, R., Chandrakar, S., Pal, S., Sawarkar, H., & Kashyap, P. (2011). In vitro anti-asthmatic activity of fruit extract of *Piper nigrum* (Piperaceae). Inter. J Herbal Drug Res, 1, 15-18.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., & Pérez-Álvarez, J. (2008). Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. Food control, 19(12), 1130-1138.

Vizcaíno-Páez, S., Pineda, R., García, C., Gil, J., & Durango, D. (2016). Metabolism and anti fungal activity of saffrole, dillapiole, and derivatives against *Botryodiplodia theobromae* and *Colletotrichum acutatum*. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 15(1), 1-17.

Weber, W., Anke, T., Bross, M., & Steglich, W. (1990). ANTIBIOTICS FROM BASIDIOMYCETES. 34. STROBILURIN-D AND STROBILURIN-F-2 NEW CYTOSTATIC AND ANTIFUNGAL (E)-BETA-METHOXYACRYLATE ANTIBIOTICS FROM CYPHELLOPSIS-ANOMALA. Planta médica, 56(5), 446-450.

Win, N. K. K., Jitareerat, P., Kanlayanarat, S., & Sangchote, S. (2007). Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. Postharvest biology and technology, 45(3), 333-340.

Xu, W.-H., & Li, X.-C. (2011). Antifungal compounds from *Piper* species. *Current bioactive compounds*, 7(4), 262-267.

Xuan, T., Elzaawely, A., Fukuta, M., & Tawata, S. (2006). Herbicidal and fungicidal activities of lactones in kava (*Piper methysticum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(3), 720-725.

Yazdani, D., Ahmad, Z. A. M., How, T. Y., Jaganath, I. B., & Shahnazi, S. (2013). Inhibition of aflatoxin biosynthesis in *Aspergillus flavus* by phenolic compounds extracted of *Piper betle* L. *Iranian Journal of Microbiology*, 5(4), 428.

Yazdani, D., Zainal Abidin, M. A., Tan, Y. H., Kamaruzaman, S., & Jaganath, I. B. (2012). Screening of phytochemical from ethnomedicinal plants in Malaysia for use against toxigenic *Aspergillus flavus*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(42), 5464-5468.

Zacaroni, L. M., Cardoso, M. G., Souza, P. E., Pimentel, F. A., Guimarães, L. d. L., & Salgado, A. P. S. P. (2009). Potencial fungitóxico do óleo essencial de *Piper hispidinervum* (pimenta longa) sobre os fungos fitopatogênicos *Bipolaris sorokiniana*, *Fusarium oxysporum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. *Embrapa Agroindústria Tropical-Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 39 (1), 193-198.