



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática: actividad antifúngica de los aceites esenciales
sobre fitopatógenos**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Ramos Velasquez, Daniel Alonso (ORCID: 0000-0001-5727-0819)

Rojas Bustamante, Leticia (ORCID: 0000-0001-9723-0133)

ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A las personas más importantes que tengo, mi papá Zósimo Ramos y a mi mamá Roxana Velásquez que siempre me apoyaron y aconsejaron en cada etapa de mi vida, gracias a ellos he podido lograr muchas metas y son la motivación que tengo para lograr muchas cosas más, a mi hermano Luis Ramos por sus consejos y asesorías que fueron de mucha utilidad en toda mi etapa universitaria.

Daniel Alonso Ramos Velasquez

Dedicatoria

A mi mamá, Lita Bustamante; por su ejemplo de bondad, a quien no sólo les debo mi vida sino también todo lo que he logrado hasta ahora.

A mi papá, Alberto Rojas; que siempre está conmigo apoyándome, motivándome y mostrándome las lecciones de la vida.

Leticia Rojas Bustamante

Agradecimiento

A nuestra familia y a todas las personas que nos motivaron y apoyaron incondicionalmente de diversas maneras durante la realización de este proyecto de tesis.

A nuestro asesor el Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi, por su tiempo, paciencia y orientación para el desarrollo de la presente investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|----|
| I.INTRODUCCIÓN | 3 |
| II. MARCO TEÓRICO | 7 |
| III. METODOLOGÍA..... | 22 |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación | 23 |
| 3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística | 20 |
| 3.3 Escenario de estudio | 21 |
| 3.4 Participantes..... | 21 |
| 3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 21 |
| 3.6 Procedimientos | 22 |
| 3.7. Rigor científico..... | 23 |
| 3.8. Método de análisis de datos | 25 |
| 3.9. Aspectos éticos..... | 26 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 27 |
| V.CONCLUSIONES | 56 |
| VI.RECOMENDACIONES..... | 57 |
| REFERENCIAS | 60 |
| ANEXOS | 85 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Resultados de la actividad Antifúngica de aceites esenciales sobre fitopatógenos | 29 |
| Tabla 1 <i>Cont.</i> | 30 |
| Tabla 1 <i>Cont.</i> | 31 |
| Tabla 1 <i>Cont.</i> | 32 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Principales familias de plantas encontradas en la revisión sistemática..... | 28 |
| Figura 2: Terpeno-4-ol..... | 39 |
| Figura 3: Eucaliptol..... | 40 |
| Figura 4: Eugenol..... | 40 |
| Figura 5: Timol..... | 41 |
| Figura 6: Carvacrol..... | 41 |

Resumen

Los aceites esenciales (AE) son una mezcla de compuestos volátiles producidos y acumulados en las plantas. En los últimos años, se han realizado diversos estudios que han mostrado las propiedades de los aceites esenciales, especialmente su actividad antifúngica. De manera que han sido planteados como compuestos alternativos para su uso contra hongos fitopatógenos. El principal objetivo de esta revisión sistemática es describir la actividad antifúngica de los aceites esenciales sobre fitopatógenos, para ello se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva en fuentes científicas como; EBSCO, Pubmed, ProQuest, ScienceDirect, Scopus, Web of Science y Scielo que se hayan publicado del año 2015 al 2020. Para finalmente seleccionarlos y elegirlos parte de los resultados de esta revisión. Concluyendo que la composición química de los aceites esenciales se basa principalmente en terpenos y fenoles. Así mismo el modo de acción de los aceites esenciales en los hongos fitopatógenos son principalmente daños en la estructura morfológica de hifa, micelio y estructura celular.

Palabras clave: aceite esencial, composición química, actividad antifúngica, modo de acción, fitopatógenos

Abstract

Essential oils (EA) are a mixture of volatile compounds produced and accumulated in plants. In recent years, various studies have been carried out that have shown the properties of essential oils, especially their antifungal activity. So they have been proposed as alternative compounds for use against phytopathogenic fungi. The main objective of this systematic review is to describe what is the cause of the antifungal activity of essential oils on phytopathogens, for this an exhaustive bibliographic search was carried out in scientific sources such as; EBSCO, Pubmed, ProQuest, ScienceDirect, Scopus, Web of Science and Scielo that have been published from the year 2015 to 2020. To finally select and choose them part of the results of this review. Concluding that the chemical composition of essential oils is based mainly on terpenes and phenols. Likewise, the mode of action of essential oils in phytopathogenic fungi is mainly damage to the morphological structure of hypha, mycelium and cell structure.

Keywords: essential oil, chemical composition, antifungal activity, action mode, phytopathogens.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una importante fuente de sustento alimenticio para la población, y una de las actividades económicas más grandes a nivel mundial (Byomkesh et al., 2020, p.2), la cual siempre ha sido afectada por fitopatógenos generando pérdidas económicas equivalentes a millones de dólares durante años (Mishra y Kumararora 2018, p.1), en donde los hongos representan al grupo más amplio de amenazas (Doehlemann et al., 2017, pp. 1-15); y entre las enfermedades que desarrollan a los cultivos, el 80% son causadas por ellos (D'agostino et al., 2019, p.2).

Los hongos más comunes en la agricultura son los géneros; *Colletotrichum*, *Aspergillus*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Alternaria*, *Penicillium* y *Verticillium* (Deepa, 2019, p.178). Esto se debe fundamentalmente al diverso número de plantas que afectan y a su distribución global. Además, tienen un gran alcance de reproducción, generando complicaciones en el control de sus poblaciones y por lo tanto grandes pérdidas de producción agrícola (Rodríguez, 2018, p.1).

Los agroquímicos son importantes para el desarrollo las producciones agrícolas ya que se aplican para controlar a los fitopatógenos (Bilal, Hafiz y Barceló, 2019, p.2) y sin su uso se perderían hasta la mitad de los sembríos (Colosio y Rubiño, 2017, p.454); a pesar de esto, la Agencia de Protección Ambiental, la Red de Acción en Plaguicidas y la Organización Mundial de la Salud indican que pueden causar efectos adversos en el ambiente, contaminando el agua, suelo, aire y seres vivos (Perczak et al., 2019, p.2), ya que sus componentes tóxicos, son de difícil degradación, se bioacumulan y persisten en los ecosistemas (Saadati et al., 2012, p. 1).

El 70% del uso de agua a nivel mundial es destinado para actividades agrícolas (FAO y IWMI, 2017, p.2) y la aplicación de agroquímicos es una de las principales fuentes de su contaminación (Wimalawansa y Wimalawansa, 2014, p.1), ya que su exceso puede ingresar al agua superficial y subterránea a través del suelo (Liu et al., 2019, p. 445), contribuyendo a contaminar los ecosistemas acuáticos y

acumularse en ciertas especies marinas causando su muerte (Clasen, Murussi y Storck, 2019, p.49).

En la agricultura, el suelo es el mayor receptor de contaminantes químicos, generándose su contaminación y reducción de calidad (Sun et al., 2018, p .2). Es así; que los alimentos como frutas y verduras llegan a los hogares con altos niveles de fungicidas residuales (Clasen, Murussi y Storck, 2019, p. 51). Por otro lado, su constante aplicación trae impactos negativos afectando a los microorganismos, implicados en el ciclo nutricional de los suelos, lo que conlleva a la degradación de este (Mandal et al., 2020, p.179). Además, los fungicidas varían ampliamente las actividades enzimáticas del suelo modificando su fertilidad y calidad (Floch et al., 2011, p.262).

La dispersión de agroquímicos genera contaminación atmosférica la cual contribuye al cambio climático y modifica la composición de las precipitaciones, como el agua de lluvia o cuerpos de nieve (Zhang et al., 2011, p.137). Además, los residuos de fungicidas en el aire impactan negativamente en la flora, fauna y también en la salud de los humanos (Langenbach et al., 2017, p.1), a los cuales pueden producirles efectos adversos como dolores de cabeza, náuseas, deterioro al sistema circulatorio e incluso cáncer (Akomea et al., 2017, p.2).

Se estima que hay más de 250,000 especies de plantas en la tierra las cuales contienen grandes depósitos de compuestos químicos parcialmente explotados, y que son importantes para la elaboración de productos naturales que benefician a la industria (Zaker, 2016, p.135). Entre estas sustancias se encuentran los aceites esenciales que son conocidos por desempeñar funciones antibacterianas, insecticidas, nematocidas, herbicidas, antioxidantes y antiinflamatorias (Raveau et al., 2020, p.1), los cuales pueden ser candidatos ideales para disponerlos como materia prima en la producción de fungicidas ecológicos (Sivakumar y Bautista, 2014, p.28).

De esta manera, la justificación se basó en contribuir al conocimiento mediante el aporte de información sobre los avances científicos relacionados a la acción antifúngica de los aceites esenciales sobre fitopatógenos y así proponer una alternativa sostenible para la agricultura; como la aplicación de aceites esenciales, ya que, debido a su biodegradabilidad, fácil obtención, bajo costo y composición química (Sivakumar y Bautista, 2014, p.28), pueden ser utilizados para la elaboración de fungicidas ecológicos que reemplazarían a los fungicidas químicos (Endelani et al., 2019, p.639), los cuales no pondrían en riesgo la calidad de los recursos como el agua, suelo, aire y también no serían perjudiciales para la salud.

Por lo tanto, el problema general planteado para la investigación es el siguiente: ¿Cuál es la causa de la actividad antifúngica de los aceites esenciales sobre fitopatógenos?, y los problemas específicos fueron los siguientes:

- ¿Cuáles fueron los principales componentes químicos de los aceites esenciales que inhiben hongos fitopatógenos?
- ¿Cómo actuaron los aceites esenciales sobre la morfología de los hongos fitopatógenos?
- ¿De qué manera los aceites esenciales afectaron la estructura celular de los hongos fitopatógenos?

El objetivo general fue describir la actividad antifúngica de los aceites esenciales sobre fitopatógenos mientras que los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Mencionar los principales componentes químicos de los aceites esenciales que inhiben los hongos fitopatógenos
- Detallar los efectos de los aceites esenciales sobre la estructura morfológica de los hongos fitopatógenos
- Indicar los impactos del aceite esencial sobre la estructura celular de los hongos fitopatógenos.

II. MARCO TEÓRICO

D'Agostino et al. en el 2019; mencionaron que de la familia Lamiaceae el aceite esencial (AE) de *Thymus* inhibió a hongos fitopatógenos como *Botrytis cinérea*, causante del moho gris, debido a su alta concentración de timol y carvacrol, por otro lado, es efectivo contra *Alternaria Brassicae* y *Fusarium oxysporum* a concentraciones de 677 $\mu\text{L}/\text{mL}$ y 363 $\mu\text{L}/\text{mL}$ respectivamente, así mismo actúa sobre *Fusarium graminearum*, causante de la fusariosis del trigo a 115 $\mu\text{g}/\text{mL}$. El AE de *Origanum vulgare* compuesto mayormente de timol, carvacrol y linalool mostró efecto antifúngico sobre *Botrytis cinérea* y *Aspergillus niger* a 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ y 2,85 mg/mL respectivamente, también el AE de *Mentha pulegium* a 0,25 $\mu\text{L}/\text{mL}$ para *Aspergillus niger* y el AE de *Rosmarinus officinalis* a 600 $\mu\text{g}/\text{mL}$ inhibió a *Botrytis cinérea*. Mientras que en la familia Myrtaceae el AE de *Eucalipto Camaldulensis*, que se compone principalmente de 1,8-cineol o eucaliptol, inhibió a *Penicillium funiculosum*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus flavus*, a 0,15 mg/mL ; 0,47 mg/mL y 0,43 mg/mL , respectivamente. También, el AE de *Syzygium aromaticum* a 447 $\mu\text{g}/\text{mL}$ contra *Fusarium oxysporum* y a 540 $\mu\text{g}/\text{mL}$ contra *Alternaria brassicae*. Finalmente, de la familia Lauraceae el AE de *Cinnamomum zeylanicum* inhibió el crecimiento de *Aspergillus flavus* a 100 ppm de concentración. Determinando que estos componentes actúan sobre la morfología de los hongos afectando el crecimiento de hifas, además de dañar la membrana plasmática, inhibir la formación de la pared celular y dañar sus organelos. Concluyendo que muchos estudios han destacado las propiedades antifúngicas de los AE y podrían ser una solución muy provechosa contra patógenos.

Diáñez et al. en el 2018; analizaron las propiedades antifúngicas de doce AE, de la familia Lamiaceae fueron; el *Rosmarinus officinalis*, *Thymus vulgaris* y *Thymus mastichina*, teniendo como componente principal al eucaliptol; y de la familia Myrtaceae al *Syzygium aromaticum* y *Eucalyptus globulus* compuestos principalmente de eugenol y eucaliptol, con los cuales se inhibieron a fitopatógenos como *Alternaria brassicae*, *Cladobotryum mycophilum* y *Fusarium oxysporum* utilizando el método de difusión en disco. Todos los AE analizados mostraron actividad antifúngica ya que actúan sobre las membranas celulares por un mecanismo que se encarga de detener la biosíntesis del ergosterol lo cual interfiere

con la con la morfología de las hifas y funcionamiento de la membrana celular. En donde concluyó que el efecto inhibitorio de los aceites mostró actividad antifúngica debido a la dosis del AE usado y a su composición química, además se recomendó realizar más estudios sobre el uso práctico de los AE contra fitopatógenos importantes en el sector agrícola debido a su prometedora capacidad antifúngica.

Xing et al. en el 2014; evaluó la inhibición y alteraciones morfológicas de *Fusarium sp.* por los aceites esenciales (AE) de *Cinnamomum verum*, *Eucalyptus*, *Pimpinella anisum* y *Mentha*. Para el proceso de la inhibición del fitopatógeno se aplicó el ensayo experimental de dilución en placas Petri. Destacando el aceite esencial de *Cinnamomum verum* como el más efectivo con dosis de 40µL/L y esto podría deberse al cinamaldehído el cual es su componente principal. Al observar a través del microscopio al *Fusarium sp.* se notó alteraciones en su morfología; el grosor de su pared celular se volvió muy delgada, presentó agujeros y perdió rigidez, resultando pérdida del citoplasma y deterioro de celular. También se observaron que las hifas habían sido alteradas en su morfología encontrándose muy delgadas, seguidamente mencionó que los AE de plantas y sus componentes principales, como el eugenol, el cinamaldehído, el timol y el carvacrol presentes en gran variedad de familias, inhiben el crecimiento contra muchos hongos filamentosos fitopatógenos siendo los aceites *Cinnamomum verum*, *Eucalyptus*, *Pimpinella anisum* y *Mentha*, los más eficientes y podrían emplearse como alternativa a los conservantes químicos durante la siembra y almacenamiento de productos agrícolas.

Farzaneh et al. en el 2015; evaluaron el potencial antifúngico de los aceites esenciales (AE) de *Satureja hortensis*, *Satureja spicigera* y *Satureja khuzistanica* pertenecientes a la familia Lamiaceae, frente a los hongos; *Penicillium digitatum*, *Rhizopus stolonifer* y *Botrytis cinérea*. En donde el carvacrol, fue el componente principal del AE de *S. hortensis* y *S. khuzistanica*, mientras que el timol lo fue en el AE de *S. spicigera*. En donde a concentraciones de 600 ml/L todos los AE mostraron actividad antifúngica sobre las especies tratadas. Concluyendo que los aceites esenciales de las tres especies de *Satureja spp.* pertenecientes a la familia

Lamiaceae pueden ser utilizados para controlar hongos y debido a ser orgánico no genera daños para el ambiente.

Hu et al. en el 2019; evaluaron la actividad antifúngica de los AE *Cinnamomum verum* y *Syzygium aromaticum*, contra *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* y *Aspergillus ochraceus*, en donde los componentes principales del AE de *Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum verum* fueron eugenol (84.03%) y cinamaldehído (86.21%) respectivamente. Realizándose estudios in vitro utilizando placas Petri en donde a 10,24 mg/ml, se inhibió por completo el crecimiento micelial de tres hongos utilizando los AE de manera independiente. Se determinó que los AE utilizados pueden ser responsables de daños al micelio y la membrana celular. Concluyendo que los AE de *Cinnamomum verum* y *Syzygium aromaticum* inhiben efectivamente el desarrollo del *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* y *Aspergillus ochraceus*.

Basaid et al. en el 2019; mencionaron que los aceites esenciales son una mezcla de compuestos volátiles, caracterizados por un olor fuerte, derivados del metabolismo secundario de plantas principalmente procedentes de las familias Asteraceae, Lamiaceae, Lauraceae, Malvaceae, Myrtaceae y Rutaceae, los cuales contienen dos clases de compuestos, los terpenos o terpenoides y compuestos aromáticos volátiles, derivados del fenilpropano. Se mostró la actividad antifúngica de los aceites esenciales contra hongos postcosecha, en donde *Trachyspermum ammi* de la familia Apiaceae y *Pimenta dioica* de la familia Myrtaceae, tenían como principal componente al eugenol que inhibieron el desarrollo de *Aspergillus niger*. Del mismo modo *A. niger* fue inhibido por *Thymus vulgaris* y *Origanum vulgare* de la familia Lamiaceae, además de esta última familia mencionada, *Poliomintha longiflora* y *Angelica archangelica* inhibieron el desarrollo *Botrytis cinérea*, mientras que *Melissa officinalis* inhibió a *Rhizopus stolonifera* y *Penicillium expansum*. El mecanismo de acción descrito se basa en la interferencia de las membranas celulares fúngicas aumentado su permeabilidad, lo que afecta su metabolismo y causa muerte esto debido a la naturaleza hidrófoba del AE y a los monoterpenos y fenoles, ya que poseen un anillo aromático con un grupo hidroxilo, que forma enlaces de hidrógeno con los sitios activos de las enzimas celulares.

Marwa, Tamer y Elsherbiny en el 2019; evaluaron los efectos del AE *Citrus reticulata* contra *Aspergillus niger* aislados de bulbos de cebolla. La composición del AE se hizo por cromatografía de gases espectrometría de masas (GC-MS) determinándose dos grupos de compuestos; los hidrocarburos monoterpenos (81.90%) y monoterpenos oxigenados (18,09%). Siendo el limoneno el principal hidrocarburo monoterpeno (75,16%) y como monoterpenos oxigenados, el terpinen-4-ol (10.36%). Mediante una prueba de dilución con placas petri se realizó el ensayo de la actividad antifúngica del AE de cáscara de mandarina, resultando las dosis a partir de 0,96 a 30,72 ml/L-1 aquellas que inhibieron al 100%. Luego, se observó por el microscopio, al *Aspergillus niger* notándose que había sido afectado en cuanto a su morfología debido a la inhibición de hifas, la pared celular resultó dañada generando un colapso del contenido intracelular y desintegración de organelos. Concluyendo que el AE de cáscara de *Citrus reticulata*, inhibió totalmente al *Aspergillus niger*, en donde los monoterpenos podrían ser responsables de la actividad antifúngica debido a que son el grupo de componentes de mayor abundancia, sobre todo el limoneno que es el compuesto principal (75.16%), por lo que puede ser aplicado como un fungicida alternativo suplantando a los fungicidas sintéticos.

Tariq et al. en el 2019 en su revisión mencionaron que la actividad antimicrobiana de los AE se debe a sus componentes, entre los cuales se destaca a los terpenos, fenoles, además en cantidades más bajas a los alcoholes y ésteres, describiendo que esta actividad se da muchas veces por las interacciones que hay entre diferentes clases de compuestos, siendo los más representativos el citral, carvacrol, eugenol o timol. Estos componentes pueden interactuar sobre el patógeno rompiendo la pared y membrana celular fúngica a través de un proceso de permeabilización, que termina en la desintegración de los organelos y contenido citoplasmático, para finalmente causar muerte celular. Concluyendo que los aceites esenciales tienen propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales únicas. Estos pueden utilizarse como agentes antimicrobianos en actividades industriales o agrícolas ya que no son tóxicos y amigables con el ambiente.

Nazzaro et al. en el 2017 describieron las propiedades de los aceites esenciales, como agentes antifúngicos, en donde el AE de anís demostró su actividad antifúngica generando cambios morfológicos como hinchamiento de hifas. En cambio, el AE *Citrus sinensis* (compuesto de limoneno al 84,2%) fue capaz de inhibir el crecimiento de *Aspergillus niger*, conduciendo a alteraciones morfológicas irreversibles en particular, en las hifas de los hongos y la punta de las hifas. Por otro lado, el AE de *Litsea cubeba* en *Fusarium moniliforme*, *F. solani*, *Alternaria alternata* y *A. niger* generó disminución de la síntesis del ergosterol de la membrana plasmática. Con relación a los modos de acción hacia estructura celular los AE de *Anethum graveolens*, *Origanum compactum*, *Artemisia herba alba* y *Cinnamomum camphora* además de alterar la estructura afectan órganos celulares como las mitocondrias, por otro lado, se indicó que componentes químicos tales como el eucaliptol, timol, carvacrol y terpineno-4-ol afectan al crecimiento de hifas, membrana celular, pared celular, citoplasma y órganos celulares.

Omar y Kordali en el 2019; mencionaron que la estructura de los aceites esenciales (AE) se define de acuerdo con el tipo de planta del cual se destila, ubicación geográfica de la planta y la técnica utilizada para la extracción. Los AE inhiben a los hongos dependiendo de los compuestos activos que poseen. Mediante el método de difusión agar en placas petri, los aceites esenciales de 3 especies de orégano pertenecientes a la familia Lamiaceae como; *Origanum vulgare* fue aplicado contra *Botrytis cinerea*., *Penicillium digitatum*, la otra especie *Origanum onites* contra *Alternaria alternata* y la última *Origanum acutidens* contra *Alternaria solani*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinérea*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*. y *Verticillium sp.* resultaron tener buenos efectos inhibidores debido a sus componentes activos tales como; carvacrol, timol y p-cimeno. También, el cinamaldehído y eugenol, tienen propiedades antifúngicas contra *Aspergillus spp.*, *Fusarium spp.* y *Penicillium spp.* Particularmente la actividad antifúngica de los AE se da mediante la penetración a través de las paredes celulares generando alteraciones en la estructura del hongo, al mismo tiempo provoca cambios en la permeabilidad de la membrana generándose el derrame del citoplasma. Siendo estos los efectos más comunes observados en los micelios de los hongos los cuales

pueden presentar deformaciones. Concluyendo que los aceites esenciales tienen acción prometedora para actuar como agentes antifúngicos, ya que pueden ser utilizados como fungicidas ecológicos amigables con el ambiente y de esta manera evitar problemas encontrados por el uso de productos químicos.

Raveau et al. en el 2020; indicaron que en los últimos años existen estudios enfocados en los aceites esenciales y su uso como posibles biofungicidas, destacando su mecanismo de acción. Sin embargo, solo un pequeño número de ellos ha sido probado en campo ya que comúnmente se hace in vitro, se destacó al carvacrol y timol como principales componentes del *Origanum spp.*, al Mentol y mentona de la *Mentha spp.*, pertenecientes a la familia Lamiaceae como principales componentes con actividad antifúngica, en donde los terpenos pueden constituir hasta más del 80% de la composición de los aceites esenciales, también se mostró que fitopatógenos como *Alternaria alternata* causante de la mancha foliar fue inhibido por el AE de *Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris*, por otro lado *Aspergillus flavus* causante de podredumbre y moho se inhibió mediante el uso de *Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis* y *Curcuma longa*; mientras que *Botrytis cinerea* causante de moho gris pereció por *Melissa officinalis*, *Angelica archangelica* *Eucalyptus erythrocorys* y *Melaleuca alternifolia*, también *Fusarium oxysporum* fue inhibido por acción del *Eucalyptus erythrocorys*, *Eucalyptus globulus* y *Mentha piperita*, de igual modo *Fusarium verticillioides* causante de la pudrición de maíz fue inhibido por *Curcuma longa*, por otra parte el desarrollo de *Penicillium expansum* fue impedido por *Melissa officinalis* y finalmente *Rhizoctonia solani* fue inhibido por *Angelica archangelica*, *Thymus vulgaris*, y *Zingiber officinale*. En donde los diferentes mecanismos con respecto a las propiedades antifúngicas fueron la Inhibición la formación de la pared celular y alteración la membrana celular, además de daños en los organelos. Concluyendo que el uso de AE, podría ser empleado en los sistemas tradicionales de manejo de cultivos como plaguicidas, reduciendo daños a la salud y al ambiente.

Redondo et al. en el 2020; informaron sobre las actividades antifúngicas de los AE en donde el linalol, principal componente del AE de *Achillea ligustica* mostró actividad antifúngica contra varios hongos fitopatógenos, como *Alternaria solani* y *Fusarium graminearum*, por otro lado, *Salvia officinalis* y *Lavandula dentata*, pertenecientes a la familia Lamiaceae contienen el monoterpeno 1,8-cineol como componente principal, el cual evidenció daños en el hongo *Aspergillus carbonarius*. El AE de *Litsea cubeba*, contiene un 75% de citral que muestra actividad fungicida contra diversos hongos fitopatógenos como *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia solani*, *Phaeoseptoria musae* y *Colletotrichum gloeosporioides*, mientras que el AE de *Melaleuca alternifolia* contiene principalmente α -terpineol y terpeno-4-ol el cual al ser agregado al hongo *Aspergillus niger*, causó daños en la morfología del micelio, también el aceite esencial de *Origanum compactum* causa inhibición del crecimiento de *Alternaria alternata* y *Fusarium graminearum* debido al carvacrol y timol, ya que bloquean la biosíntesis de ergosterol, un esteroide de membrana fúngica. En conclusión, principalmente la inhibición de la biosíntesis de ergosterol reduce el metabolismo fúngico y causa muerte celular. Por lo tanto, estos fitoquímicos son prometedores y deben estudiarse más a fondo para posibles aplicaciones en prácticas agrícolas.

Chouhan, Sharma y Sanjay en el 2017 mencionaron que los principales componentes de los AE pueden constituir hasta un 85%, mientras que otros componentes están presentes en cantidades inferiores, en donde el limoneno, carvacrol, timol, alcanfor, mentol y eugenol se encuentran entre los componentes con concentraciones relativamente más altas. Además, se indica que las propiedades antifúngicas de los AE pueden estar determinadas por sus componentes principales en donde los terpenos y fenoles comprenden los grupos más importantes inhibiendo el desarrollo de fitopatógenos, aunque este podría no ser el único factor responsable de la actividad antifúngica de aceites esenciales, ya que las interacciones entre estos componentes de mayor porcentaje y los componentes menores de los aceites también son importantes, siendo el mecanismo de acción al aplicar los AE al hongo objetivo la adherencia del AE a la superficie de la célula fúngica, para luego penetrar hasta la membrana celular,

posteriormente dañar la integridad estructural de la membrana celular la cual sería alterada por acumulación del AE, llegando a modificar su metabolismo, finalmente provocando la muerte celular.

Saroj et al. en el 2020; mencionaron que los aceites esenciales (AE) son extraídos principalmente de las familias de plantas Lamiaceae, Myrtaceae, Lauraceae, Apiaceae y Poaceae. Además, son una combinación de monoterpenos (C10), sesquiterpenos (C15) y algunos contienen fenoles, destacando a los componentes principales como el mentol proveniente de la *Mentha Arvensis* de la familia Lamiaceae que inhibió a *Aspergillus niger*. El eugenol encontrado en *Syzygium aromaticum* de la familia Myrtaceae, mostró actividad antifúngica sobre las especies *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus* y *Aspergillus niger*, por otro lado el timol componente de *Trachyspermum ammi* de la familia Apiaceae inhibió el desarrollo de *Aspergillus flavus* y *Alternaria Alternata*, encontrando también que hay más de un mecanismo contra hongos a nivel celular, los cuales incluyen la rotura de la pared celular, el adelgazamiento y rompimiento de la membrana citoplasmática, fuga de materiales intracelulares, coagulación del citoplasma y cambios morfológicos. Concluyendo que a futuro se deben explorar los constituyentes de aceites esenciales para el manejo de plagas ya que podrían ser mejores alternativas de los productos químicos sintéticos debido a que son respetuosos con el medio ambiente y no significan riesgos a la salud.

Palfi et al. en el 2019; informaron que los aceites esenciales son líquidos hidrófobos, aromáticos y volátiles procedentes de las plantas, constituidos principalmente por monoterpenos, sesquiterpenos y sus derivados oxigenados como los fenoles. Estos AE pueden contener hasta más de 60 componentes diferentes en donde destacan el terpinen-4-ol, trans anetol, timol y eugenol, con características antifúngicas, en donde la inhibición del crecimiento micelial de *Botrytis cinerea* fue comprobada con el aceite esencial *Melaleuca alternifolia*, *Origanum vulgare*, *Origanum compactum*, *Monarda didyma*, *Foeniculum vulgare* y *Thymus vulgaris*, mientras que el uso *Cinnamomum zeylanicum*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon citratus*, *Eugenia*

caryophyllus, *Syzygium aromaticum*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Foeniculum vulgare*, *Mentha piperita* *Mentha spicata*, *Pimpinella anisum* y *Thymus vulgaris* mostraron acción antifúngica sobre *Fusarium oxysporum*, finalmente *Phytophthora capsici* fue inhibida con aceites esenciales de *Thymus vulgaris* y *Origanum vulgare*. El modo de acción de los aceites esenciales se enfoca en el daño de la pared y membrana celular disminuyendo el nivel del ergosterol. Concluyendo que los aceites esenciales pueden ser una buena opción en reemplazo de los fungicidas sintéticos, recomendando que las investigaciones futuras sobre el efecto antifúngico deberían enfocarse en combinaciones de aceites esenciales y sus componentes.

La fitopatología o patología vegetal se define como el estudio de la naturaleza, causa y prevención de las enfermedades adquiridas por las plantas. Estas enfermedades se clasifican según el tipo de causas patógenas, entre ellas están los parásitos que incluyen agentes bióticos, donde encontramos a los seres procariontes (bacterias) y eucariotes (hongos, protozoos y algas) (TNAU, 2016, pp. 20-54), los cuales modifican el metabolismo de las plantas, generando daños internos o externos. El 85% de las afecciones en plantas son originadas por hongos fitopatógenos los cuales ingresan a estas a través de sus aberturas naturales (estomas), cutícula, raíz o a través de sus heridas (Pernezny et al., 2017, p.1).

El ciclo de la enfermedad de una planta por fitopatógenos tiene las siguientes etapas: contacto del patógeno-planta, penetración a sus tejidos vegetales, inicio de la infección, reproducción y propagación del patógeno, dando como consecuencia la destrucción del área afectada o incluso muerte de la planta para finalmente escapar de ella e infectar a otra (Surico, 2013, p. 402). Los hongos fitopatógenos se diferencian según el estilo de vida y la forma como se alimentan. Estos pueden ser biótros los cuales obtienen nutrientes mediante una hifa conectada a la superficie de la planta la cual no la mata y los hongos hemibiotros ingresan por medio de las heridas que pueden ser causadas por otros hongos, insectos o animales y se alimentan del material descompuesto proveniente de estos. Finalmente encontramos a los hongos necrótrofos que infectan a la planta mediante la secreción

toxinas que destruyen sus células y obtienen alimentos del tejido ya muerto de la planta (Doehlemann et al., 2017 pp. 6-8).

Además, su morfología se compone por micelios que están formados por filamentos microscópicos llamados hifas que tienen como funciones principales la interacción con nutrientes, algunos son unicelulares y de vida libre o pueden formar relaciones íntimas con otros organismos, es decir son parasitarios o mutualistas (TNAU, 2016, p.20-54; Lehmann et al., 2017, p.3). Todos los hongos, tienen células eucariotas con núcleo y una gama de orgánulos citoplasmáticos unidos a la membrana (mitocondrias, vacuolas y retículo endoplásmico). La pared celular fúngica está compuesta principalmente por diferentes capas; las manoproteínas (parte externa), una matriz de β -glucano (parte central) que consiste principalmente en β -(1,3) -glucano y β -(1,6) -glucano y finalmente fibras de quitina (parte interna) (Fesel y Zuccaro, 2016). La membrana plasmática está constituida por una bicapa de fosfolípidos que tienen al ergosterol como componente principal (Ermakova y Zuev, 2017, p.1) que es útil para el crecimiento regular y función de la célula, sirviendo como un biorregulador de la fluidez e integridad de la membrana (Da Silva et al., 2019), mientras que las mitocondrias son órganos celulares que cumplen las funciones vitales suministrar energía a la célula (Li et al., 2016, p.5)

Los hongos fitopatógenos son controlados por agroquímicos, los cuales inhiben su desarrollo mediante la alteración de su mecanismo de división celular destruyendo su membrana celular, en consecuencia, inhibiría su crecimiento y proliferación protegiendo esta manera a las plantas de enfermedades fúngicas (Jiménez et al., 2019, p. 4459). Sin embargo, estos agroquímicos también tienen desventajas ya que no todo el producto agregado cumple la función de protección a la planta después de su aplicación y además su uso constante puede generar adaptabilidad por parte de los fitopatógenos haciéndolos resistentes con el paso del tiempo (Colosio y Rubiño, 2017 pp. 454-460).

Por lo general los fungicidas que se pueden comprar al por menor se venden en forma líquida; su componente más común es el azufre el cual está presente en

0.08% en concentrados más débiles, y 0.5% para más fungicidas más potentes. Mientras que los fungicidas en forma de polvo generalmente contienen alrededor del 90% de azufre y son muy tóxicos (Rouabhi, 2010, pp. 363).

La sostenibilidad se entiende como el uso de los recursos naturales sin arriesgar su explotación por las generaciones futuras. De manera que la agricultura sólo puede considerarse sostenible si cuenta un apropiado sistema de conservación de los recursos alimenticios y ambientales (Ríos y Salazar, 2010, p. 1). El metabolismo secundario de las plantas es responsable de la creación de sustancias bioactivas, que limitan el desarrollo de patógenos, gracias a esto existen alternativas ecológicas a base de estas sustancias, las cuales son utilizadas en algunos campos, como la medicina, farmacia o la cosmetología. A pesar de esto, el uso de estas formulaciones tiene un enfoque poco explorado en patología vegetal, y a futuro estas tecnologías se convertirían en opciones interesantes para el manejo de patógenos transmitidos por el suelo y postcosecha (Ferreira et al., 2018 p. 1).

Los aceites esenciales tienen la denominación de “esenciales” porque representan el olor y el sabor de las flores. Estos óleos, son líquidos hidrofóbicos concentrados que contienen compuestos aromáticos volátiles de la planta y se derivan de varias secciones de ella, desde las hojas, frutos, tallos y semillas (Hesham, Aabdurhaman; Rosli, 2016, p.118; Ríos, 2016, p.1). Y sus compuestos químicos pueden variar dependiendo de la zona geográfica en donde se obtuvo, la edad de la planta y factores de clima o estación (Andrés et al., 2012, p. 2).

El metabolismo secundario en las plantas se da mayormente a causa del estrés biótico o abiótico y da como resultado la formación de metabolitos secundarios (Ghorbanpour y Varma, 2017, p.2) los cuales no se consideran fundamentales para mantener la vida de la planta, pero si son cruciales para su supervivencia ante alguna infección o ataque externo (Ribera y Zuñiga, 2012 p.2).

Los aceites esenciales o metabolitos secundarios se hallan distribuidos principalmente en las familias; Apiaceae, Asteraceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Piperaceae, Rutaceae y Zingiberaceae encontrándose clasificados en:

terpenos, fenoles y productos nitrogenados. Los fenoles son compuestos orgánicos que se encuentran unidos directamente a uno de los seis átomos de carbono (Mahajan, Kuiry y kumar, 2020, p.20; Buckle, 2015, p.45) los cuales pueden estar unidos a grupos hidroxilo (OH), a un hidrógeno y carbono (C = O) o a un anillo de benceno (Ebadollahi y Jalali, 2015, p. 1; Fometu et al., 2019, p.3). En cambio, los terpenos, denominados los compuestos más abundantes de los aceites esenciales, están constituidos por unidades de isopreno la cual contiene cinco átomos de carbono con dobles enlaces. Los terpenos más elementales son los monoterpenos que contienen dos moléculas de isopreno (C₁₀), los sesquiterpenos tienen tres moléculas (C₁₅) de isopreno y los diterpenos tienen cuatro (C₂₀) (Buckle, 2015, p.44; Folquitto et al. ,2019, p.24). Mientras que, los metabolitos secundarios que contienen nitrógeno se clasifican principalmente en alcaloides y glucósidos. Los alcaloides son compuestos que contienen átomos de nitrógeno heterocíclicos siendo de interés para la industria farmacéutica y los glucósidos tienen la capacidad de liberar venenos volátiles los cuales pueden proteger a las plantas (Mahajan, Kuiry, Kumar, 2020, pp.20-21).

Aunque los aceites esenciales contienen diversos tipos de compuestos, casi siempre uno o dos de ellos dominan su acción fisiológica, mientras que; otros están en pequeñas cantidades y son denominados "componentes traza". Por ejemplo, el 1,8-cineol está en cantidades aproximadas del 0.002% en aceite de mandarina, unas 40,000 veces menos que en eucalipto. El aceite de mandarina tiene un componente principal, (p)-limoneno, que, junto con otros terpenos, representa alrededor del 95% del aceite. Los componentes restantes, que comprenden al menos 74 compuestos individuales y constituyen el otro 5%, haciendo que los diversos efectos de los aceites muchas veces se deban a los componentes con mayor porcentaje (Tisserand y Young, 2014, p.7).

Existen diversas técnicas para extraer los aceites esenciales; entre las más utilizadas encontramos al arrastre por vapor, en donde se colocan las plantas en un alambique para luego inyectar vapor que pasa a través de ellas desde la base del alambique hasta la parte superior en donde posteriormente pasan por un

condensador el cual enfría el vapor con las sustancias aromáticas, obteniendo aceite combinado con agua (Mahadagde y Bhargava, 2016, p.2932). La hidrodestilación es otro método en donde se calienta una mezcla de agua u otro solvente junto con la planta en un mismo contenedor, el vapor obtenido pasa por un condensador, luego pasan por un decantador para recolectar y separar los aceites esenciales del agua, respectivamente (Hesham, Abdurhaman y Rosli, 2016, p.119).

Otras técnicas para la extracción son la utilización de un solvente de hidrocarburo, como el benceno o hexano, que se une con el material vegetal para ayudar a disolver el aceite esencial. Cuando la solución se filtra y se concentra por destilación una combinación de cera y aceite esencial permanece. Por lo tanto, la extracción con solvente del material vegetal resulta en la transferencia de masa que contiene tanto al aceite y al solvente, para finalmente sean separados por procesos de evaporación (Khayyat y Roselin, 2018, p.7). Luego de la extracción sus componentes son determinados por métodos como la cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas, la cual se encarga de dar información de la constitución química del aceite de manera cuantitativa y cualitativa (Materić et al., 2015, p.2).

El agar de patata dextrosa (PDA) es el medio más utilizado para aislar y cultivar de hongos fitopatógenos ya que brinda condiciones favorables para su desarrollo (Yuan-Ying, Ya-lin y Lei, 2012, p.195), además son utilizados para la determinación de la acción antifúngica por aceites esenciales a diferentes concentraciones. El aceite esencial se puede añadir directamente o mediante el uso de discos de papel de filtro estéril y son incubados a determinadas temperaturas o condiciones para el desarrollo del patógeno (Mziouid et al., 2020, p. 2).

La pared celular es una estructura que recubre la célula fúngica lo que le confiere la función de protección y mantenimiento de la forma celular, por lo tanto, se le considera un punto de ataque importante para los antifúngicos (Cortés et al., 2019, p. 1). Los aceites esenciales son fácilmente penetrables a través de la pared y membrana celular por lo que pueden afectar tanto la envoltura externa de la célula y el citoplasma (Tariq et al., 2019 p. 4). Algunos de los mecanismos de acción

mencionados corresponden a la alteración de la pared celular, daños a órganos celulares como mitocondrias o vacuolas e interrupción de la membrana celular mediante la disminución del ergosterol y causando lisis celular (Holm Freiesleben y Jäger, 2014, pp.2-4; Jiménez et al., 2019, p.4459).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Edgar y Manz 2017, pp.18-20 indicaron que la investigación aplicada se basa en proporcionar una solución a partir de problemas específicos mediante el desarrollo tecnologías o propuestas, además especialistas del Concytec, 2018, p. 43 mencionaron que la investigación aplicada busca responder o resolver una pregunta o necesidad concreta mediante el uso de metodologías, protocolos y tecnologías. Debido a esto, se determinó a esta investigación de tipo aplicada porque se mencionaron metodologías y conocimiento científico, los cuales pueden ser utilizados para solucionar un fin concreto, en este caso la inhibición del desarrollo de hongos fitopatógenos.

3.1.2 Diseño de la investigación

Guerrero, 2016, p.1 mencionó que la investigación cualitativa tiene como objetivo comprender un fenómeno o temática en particular mediante la recolección de información, ya sean conceptos o experiencias, para su posterior análisis. Por lo tanto, la presente investigación fue de enfoque cualitativo debido a que se evalúa e interpreta información obtenida a través de artículos de investigación científica con el propósito de realizar un análisis y posteriormente brindar resultados. Es de enfoque cualitativo narrativo de tópicos ya que está orientada en un tema, acontecimiento o fenómeno en concreto (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.45).

3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

| Objetivos Específicos | Problemas específicos | Categoría | Subcategoría | Criterio 1 | Criterio 2 |
|--|---|--|--|---|--|
| Mencionar los principales componentes químicos de los aceites esenciales que inhiben hongos fitopatógenos | ¿Cuáles fueron los principales componentes químicos de los aceites esenciales que inhiben hongos fitopatógenos? | Componentes químicos (Holm Freiesleben y Jäger, 2014, p.1) | Terpenos (Fometu et al., 2019, p.3) Fenoles (Fometu et al., 2019, p.3) | De acuerdo con la familia de la planta utilizada (Hesham, Aabdurhaman y Rosli, 2016) | De acuerdo con la planta utilizada para la extracción del aceite esencial (Hesham, Aabdurhaman y Rosli, 2016, p. 118). |
| Detallar los efectos de los aceites esenciales sobre la estructura morfológica de los hongos fitopatógenos | ¿Cómo actuaron los aceites esenciales sobre la morfología de los hongos fitopatógenos? | Morfología (Palfi et al., 2017, p. 3). | Hifa (Palfi et al., 2017, p. 3). Micelio (Palfi et al., 2017, p. 3). | De acuerdo con la acción de los componentes del aceite esencial (Basaid et al., 2019, p.5) | De acuerdo con el tipo de hongo fitopatógeno (Doehlemann et.al., 2017 pp. 6-8) |
| Indicar los impactos del aceite esencial sobre la estructura celular de los hongos fitopatógenos | ¿De qué manera los aceites esenciales afectaron la estructura celular de los hongos fitopatógenos? | Estructura celular (Nazzaro et al., 2017, p. 5). | Pared celular (Nazzaro et al., 2017, p. 5). Membrana celular (Nazzaro et al., 2017, p. 5). Orgánelas celulares (Wang et al., 2019, p.6). | De acuerdo con la acción de los componentes del aceite esencial (Basaid et al., en 2019, p.5) | De acuerdo con el tipo de hongo fitopatógeno (Doehlemann et al., 2017 pp. 6-8) |

3.3 Escenario de estudio

Los escenarios de estudio en esta revisión sistemática fueron los campos de cultivo donde se obtuvo la materia prima para la extracción del aceite esencial, así como las muestras de plantas con diferentes enfermedades las cuales fueron llevadas a laboratorios de diferentes universidades o centros de investigación en química, microbiología y fitopatología para la identificación del patógeno y su posterior tratamiento mediante el uso de instrumentos, como incubadoras, estufas y espectrómetros de masa debidamente calibrados siguiendo diversas metodologías.

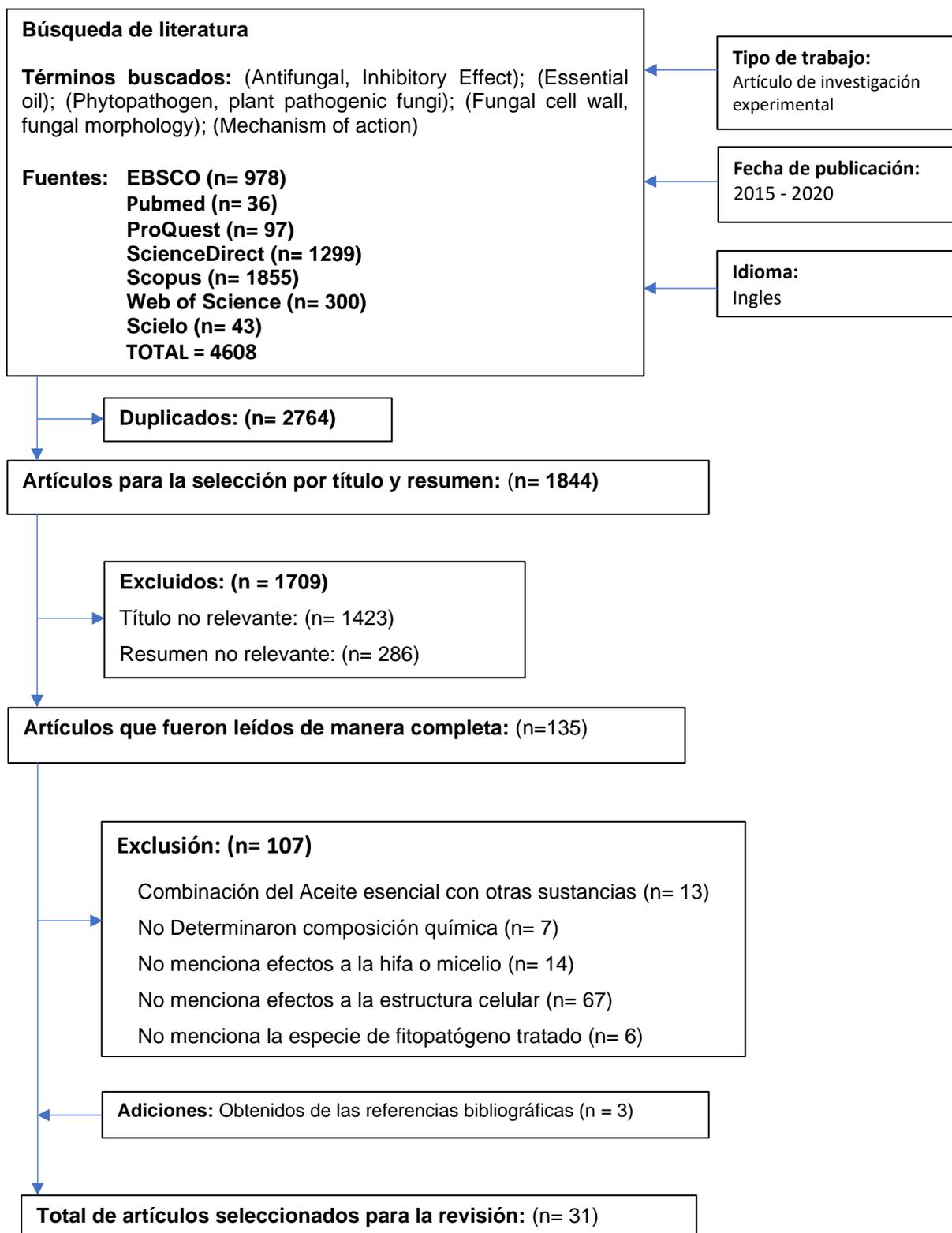
3.4 Participantes

Las fuentes para la toma de información para la presente revisión sistemática se basaron en la recopilación de artículos de revistas indizadas, provenientes de las siguientes fuentes: EBSCO, ProQuest, ScienceDirect, Scopus, Scielo y Web of Science.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se aplicó la técnica de análisis documental, en donde Gamboa, 2016, p. 4 mencionó que esta técnica consiste en la revisión textos y documentos, realizando un estudio de las teorías y postulados existentes, con el propósito de adquirir información relacionada con una temática, y mediante la construcción de marco teórico, se pueda categorizar, clasificar y analizar dicha información para dar solución al problema. Para esto se elaboraron fichas de análisis de contenido de los artículos científicos elegidos (Anexo 1).

3.6 Procedimientos



Para la búsqueda de artículos se realizaron combinaciones de palabras, tales como: (Antifungal, Inhibitory Effect, essential oil), (Phytopathogen, Antifungal, essential oil), (Phytopathogen, Fungal cell wall, essential oil), (Phytopathogen, fungal morphology, essential oil), (Antifungal, Phytopathogen, Fungal cell wall, fungal morphology, essential oil, SEM), (Antifungal, Mechanism of action, essential oil) y (Antifungal, Inhibitory Effect, essential oil)

Los criterios de búsqueda de la información incluyeron solo artículos del periodo 2015-2020, de tipo experimental y en idioma inglés. Llegando a recopilar artículos científicos de las siguientes fuentes ; EBSCO (**n= 978**), Pubmed (**n= 36**) ProQuest (**n=97**), ScienceDirect (**n= 1299**), Scopus (**n= 1855**), Web of Science (**n= 300**) y Scielo (**n= 43**), obteniéndose en total **4608** artículos, luego se hizo una revisión de artículos repetidos o duplicados, excluyendo **n= 2764** de estos, quedando (**n= 1844**) artículos, seguidamente se realizó una selección de artículos en base a títulos y resúmenes relevantes, descartando (**n = 1709**). De esta manera se quedaron disponibles (**n=135**) los cuales fueron leídos de manera completa y evaluados mediante los criterios de exclusión, en donde (**n= 107**) fueron eliminados y además se añadieron (**n = 3**) artículos que se encontraron en las referencias bibliográficas de los artículos que quedaron. En donde finalmente se obtuvieron (**n=31**) artículos para ser analizados en los resultados.

3.7. Rigor científico

Una investigación cualitativa se rige científicamente mediante la validez y calidad metodológica que posee. Existen pautas para delimitar el rigor científico, estos son: credibilidad, transferibilidad, dependencia y confirmabilidad (Graneheim, 2017, p.31).

Los investigadores cualitativos establecen credibilidad (validez interna), cuando sus hallazgos e interpretaciones concuerdan con la realidad y se fijan la confianza para la investigación en cuanto a la recopilación de los datos durante un período prolongado. La transferibilidad (validez externa) se refiere a la capacidad del investigador para demostrar cómo los hallazgos pueden ser significativos para los lectores en diferentes contextos. Los investigadores cualitativos mejoran la capacidad del lector para transferir hallazgos al proporcionar descripciones ricas de experiencias de los participantes (Bush, 2019, p.645).

La dependibilidad o confiabilidad, consiste en informar minuciosamente sobre la efectividad del método que se maneja. Por lo tanto, se incorpora el diseño de estudio, especificando las variaciones decisivas tomadas en el proceso; los detalles del estudio en campo y los resultados logrados. Por último, la confirmabilidad se relaciona con la capacidad del investigador para minimizar la influencia sobre los datos. En la investigación cualitativa, el investigador es el único instrumento de análisis. Este debe considerar cuidadosamente su competencia relacional dejando de lado sus gustos, preferencias o creencias (Bush, 2019, p.646).

Esta revisión sistemática tiene rigor científico porque cumplió con los siguientes criterios. Primero, los investigadores han plasmado citas y referencias bibliográficas contrastadas, que fueron recopiladas de múltiples artículos científicos, incluidas en la base de datos de páginas web científicas para fundamentar la credibilidad de la investigación. Además, se proporcionan descripciones detalladas sobre la evaluación de la actividad antifúngica de los aceites esenciales en fitopatógenos, que se pueden transferir a los lectores o investigadores y puedan comprender adecuadamente el contexto para poder comparar y aplicarlo en sus investigaciones.

También se detalla el diseño de estudio y el método aplicado para el análisis de la información. Asimismo, los datos recolectados no han sido alterados ni cambiados,

se detallan tal como son, caracterizándose de este modo la confiabilidad. La recolección e interpretación de los datos cualitativos han sido plasmados y evaluadas a través de la confirmabilidad, de manera que las reacciones, gustos o preferencias no han influido en los investigadores

3.8. Método de análisis de datos

Los datos fueron analizados a través de una matriz de categorización apriorística que consta de 3 categorías; componentes químicos, morfología y estructura celular. La categoría componentes químicos presenta las dos subcategorías terpenos y fenoles, para efectuar el análisis de esta categoría se incluyeron dos criterios, tales como; de acuerdo con la familia de la planta utilizada y de acuerdo con la planta utilizada para la extracción del aceite esencial. De manera que estos criterios permitirán seleccionar la información necesaria de los artículos científicos para fundamentar los resultados relacionados a esta categoría y de esta manera responder los objetivos.

En cuanto a la segunda categoría estructura morfológica, presenta dos subcategorías; hifa y micelio. Para encontrar los datos necesarios del análisis de esta categoría se incluyeron dos criterios, tales como; de acuerdo con la composición del aceite esencial y de acuerdo con el tipo de hongo fitopatógeno. De manera que estos criterios permitirán seleccionar la información necesaria de los artículos científicos para fundamentar los resultados relacionados a esta categoría y de esta manera responder los objetivos.

Finalmente, se tiene la tercera categoría denominada; estructura celular que presenta dos subcategorías; pared celular, membrana celular y orgánelas celulares. Para encontrar los datos necesarios del análisis de esta categoría se incluyeron dos criterios, tales como; de acuerdo con la composición del aceite esencial y de

acuerdo con el tipo de hongo fitopatógeno. De manera que estos criterios permitirán seleccionar la información necesaria de los artículos científicos para fundamentar los resultados relacionados a esta categoría y de esta manera responder los objetivos.

3.9. Aspectos éticos

Los autores declararon que los procedimientos para la elaboración del estilo de las citas de las fuentes de consulta y las referencias bibliográficas fueron siguiendo los lineamientos de la Norma Internacional de Estandarización ISO 690:2010. Asimismo, se ha realizado con responsabilidad y transparencia la obtención, manejo e interpretación de la información. Se han respetado los derechos de propiedad de otros investigadores, es decir; se ha evitado copiar estudios de otros autores. Desarrollándose el proyecto de manera honesta y ética.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base la metodología aplicada, en los últimos cinco años se encontraron un total de 31 artículos procedentes de SCOPUS (17), Pubmed (10), Web of Science (2) y ProQuest (2) (Anexo 1), mencionando un total de 36 aceites esenciales (tabla 1), distribuidos en 11 familias de plantas, donde 11 se encuentran en la familia Lamiaceae, 9 en Myrtaceae, 4 en Lauraceae, 3 en Apiaceae, 2 en Asteraceae, 2 en Zingiberaceae, 1 en Rutaceae, 1 en Verbenaceae, 1 en Amaryllidaceae, 1 en Gramineas y 1 en Illiciaceae (Figura 1), los cuales fueron utilizados en procedimientos experimentales in vitro sobre fitopatógenos pertenecientes a los géneros *Aspergillus*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Colletotrichum*, *Rhizopus*, *Penicillium* y *Phytophthora*, en donde fueron descritos principales componentes del AE y su mecanismo de acción sobre el hongo objetivo (tabla 1)

Figura 1: Principales familias de plantas encontradas en la revisión sistemática

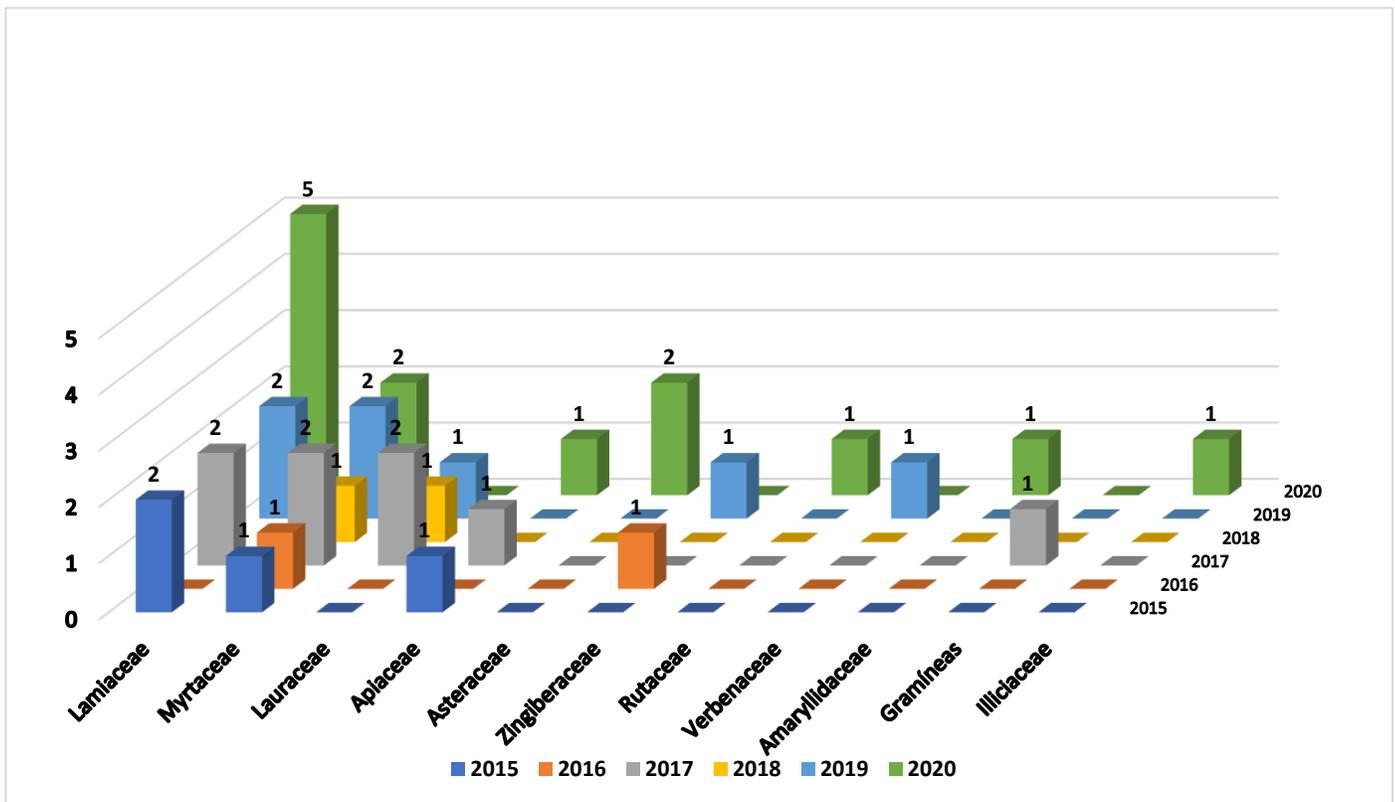


Tabla 1: Resultados de la actividad Antifúngica de aceites esenciales sobre fitopatógenos

| Familia de plantas | Aceite esencial | Composición Química | Fitopatógeno | Mecanismo de acción | | Ref. Bibliográfica |
|--------------------|---------------------------------|---|----------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| | | Principales componentes | | Morfología | Estructura celular | |
| Apiaceae | <i>Foeniculum vulgare</i> | Anetol (29.80%) Estragol (23.05%) | <i>Alternaria alternata</i> | Hifa gravemente dañada | Daño de la membrana celular | Mahmoudi (2017) |
| Apiaceae | <i>Trachyspermum ammi</i> | Cimeno (76.27%) Timol (13.30%) | <i>Aspergillus flavus</i> | Deformación hifal | Célula gravemente dañada | Kedia et al. (2015) |
| Asteraceae | <i>Eremanthus erythropappus</i> | α -bisabolol (98.853%) | <i>Aspergillus carbonarius</i> | | | |
| | | | <i>Aspergillus ochraceus</i> | | | |
| Illiciaceae | <i>Illicium verum</i> | Anetol (91.32%) | <i>Aspergillus flavus</i> | | | Li et al. (2020) |
| Lamiaceae | <i>Menta</i> | Ciclohexanol (39.79%) Ciclohexanona (22.24%) | <i>Botrytis cinerea</i> | | Muerte celular | Xueuan et al. (2017) |
| Lamiaceae | <i>Mentha haplocalyx</i> | D- carvona (29.71%) D-limoneno (7.86%) | <i>Fusarium oxysporum</i> | Deformación micelial | Célula gravemente dañada | Chen et al. (2020) |
| Lamiaceae | <i>Mentha piperita</i> | Mentol (24.96 %) l-mentona (22.18 %) | <i>Fusarium sporotrichioides</i> | | Muerte celular | Rachitha et al. (2017) |
| Lamiaceae | <i>Ocimum sanctum</i> | Eugenol (34.7%) | <i>Fusarium graminearum</i> | Deformación hifal | Célula gravemente dañada | Kalagatur et al. (2015) |
| Lamiaceae | <i>Origanum vulgare</i> | Carvacrol (89.98%) Timol (2.39%) | <i>Botrytis cinerea</i> | | | Hou et al. (2020) |
| Lamiaceae | <i>Rosmarinus officinalis</i> | Eucaliptol (52.2%) Alcanfor (15.2%) | <i>Aspergillus flavus</i> | | Daño de la membrana celular | Da Silva et al. (2019) |
| | | | <i>Fusarium verticillioides</i> | Deformación micelial | | Da Silva et al. (2015) |

Continua

Tabla 1 Cont.

| Familia de plantas | Aceite esencial | Composición Química | | Mecanismo de acción | | Ref. Bibliográfica |
|--------------------|-------------------------------|--|--|--|----------------------|--|
| | | Principales componentes | | Fitopatógeno | Morfología | |
| Lamiaceae | <i>Satureja hortensis</i> | Carvacrol (39.84%) γ-terpineno (34.63%) p-cimeno (10.72%) | | <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Raffaelea quercus-mongolicae</i> | Deformación hifal | Kim et al. (2019) |
| | <i>Thymus vulgaris</i> | p-cimeno (30.16%) Timol (25.32%) γ-terpineno (11.44%) | | | | |
| Lamiaceae | <i>Thymus Vulgaris</i> | Timol (50.5%) p-cimeno (19.4%) | | <i>Aspergillus flavus</i> | | Daño de la membrana celular Oliveira et al. (2020) |
| Lauraceae | <i>Cinnamomum zeylanicum</i> | Cinamaldehído (86.16%) | | <i>Colletotrichum acutatum</i> | Deformación micelial | He et al. (2018) |
| Lauraceae | <i>Cinnamomum zeylanicum</i> | Cariofileno (21.82%), Cinamaldehído (13.03%) Eugenol (12.5%) | | <i>Rhizopus stolonifer</i> <i>Rhizopus oryzae</i> | | Ambindei et al. (2017) |
| Lauraceae | <i>Litsea cubeba</i> | Geranial (35.24%) Neral (33.63%) Limoneno (9.05%) | | <i>Botrytis cinerea</i> | Deformación hifal | Célula gravemente dañada Wang et al. (2019) |
| Myrtaceae | <i>Eucalipto staigeriana</i> | Limoneno (14.93%) Thujene (11.22%) Geranial (8.34%) | | <i>Botrytis cinerea</i> <i>Rhizopus stolonifer</i> | | Daño de la membrana celular Da Silva, et al. (2020) |
| Myrtaceae | <i>Melaleuca alternifolia</i> | Terpeno-4-ol (34.95%) 3-Carene (14.48%) α-terpineol (12.04%) | | <i>Aspergillus ochraceus</i> | | Kong et al. (2019) |
| Myrtaceae | <i>Melaleuca alternifolia</i> | Terpeno-4-ol (34.95%) 3-Carene (14.48%) α-terpineol (12.04%) | | <i>Aspergillus niger</i> | Fragmentación | Célula gravemente dañada An et al. (2018) |
| Myrtaceae | <i>Melaleuca alternifolia</i> | Terpeno-4-ol (43.4%) | | <i>Botrytis cinerea</i> | Deformación hifal | Daño de la membrana celular Yu et al. (2015) |

Tabla 1 Cont.

| Familia de plantas | Aceite esencial | Composición Química | Fitopatógeno | Mecanismo de acción | | Ref. Bibliográfica |
|--------------------|-------------------------------|---|---------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---|
| | | Principales componentes | | Morfología | Estructura celular | |
| Myrtaceae | <i>Melaleuca alternifolia</i> | Terpeno-4-ol (50.3%) γ-terpinene (18.6%) | <i>Botrytis cinérea</i> | Deformación hifal | Daño de la pared y membrana celular | Li et al. (2017) |
| | | | <i>Penicillium expansum</i> | Deformación micelial | | |
| Myrtaceae | <i>Pimenta dioica</i> | Eugenol (54 %) Mirceno (16 %) | <i>Aspergillus flavus</i> | Deformación hifal | Daño de la membrana celular | Sarathambal, Rajagopal y Viswanathan (2020) |
| Myrtaceae | <i>Syzygium aromaticum</i> | Eugenol (78.95 %) Eugenol acetato (17.89 %) | <i>Collelotrichum gloeosporioides</i> | Hifas gravemente dañadas | Célula gravemente dañada | Wang et al. (2019) |
| Myrtaceae | <i>Syzygium aromaticum</i> | Eugenol (75.41%) Cariofileno (15.11%) | <i>Fusarium oxysporum</i> | | Daños de la membrana celular | Sharma et al. (2017) |
| Rutaceae | <i>Citrus limon</i> | Limoneno (24.38%) Acetato de linalilo (17.81%) | <i>Penicillium digitatum</i> | | Daño de la pared celular | Danzi et al. (2020) |
| Verbenaceae | <i>Lippia sidoides</i> | Timol (49,46%) Cimeno (11.40%) | <i>Rhizopus stolonifer</i> | Deformación hifal | Daños de la pared celular | Oliveira et al. (2019) |

Tabla 1 Cont.

| Familia de plantas | Aceite esencial | Composición Química | | Mecanismo de acción | | Ref. Bibliográfica | |
|--------------------|-------------------------------|---|--|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
| | | Principales componentes | | Morfología | Estructura celular | | |
| Zingiberaceae | <i>Curcuma longa</i> | Ar-turmerona (53.1%) | | <i>Fusarium graminearum</i> | Deformación hifal | Muerte celular | Kumar et al. (2016) |
| Zingiberaceae | <i>Curcuma zedoaria</i> | Eucaliptol Curcumol Curcumenol | | <i>Phytophthora capsici</i> | Micelio gravemente dañado | | Wang et al. (2019) |
| Amaryllidaceae | <i>Allium sativum</i> | Trisulfuro de dialilo (29.08%) | | <i>Colletotrichum nymphaeae</i> | Daño micelial | Célula gravemente dañada | Hosseini et al. (2020) |
| Lamiaceae | <i>Rosmarinus officinalis</i> | a-pineno (15.77%) Cetato de bornilo (12.66%) | | | | | |
| Asterácea | <i>Achillea millefolium</i> | Acetaldehído (20.15%) Eucaliptol (13.38%) | | <i>Colletotrichum nymphaeae</i> | | | Hossen et al. (2020) |
| Apiaceae | <i>Ferula kuma</i> | Acetato de bornilo Acetato de fenquilo | | | | | |
| Lamiaceae | <i>Mentha longifolia</i> | Timol (43.41%) Acetato de fenquilo (18.99 %) | | | Deformación hifal | | |
| Lauraceae | <i>Cinnamom zeylanicum</i> | Eugenol (80%) | | <i>Alternaria alternata</i> | | Daños en la membrana plasmática | Castro et al. (2017) |
| Myrtaceae | <i>Syzygium aromaticum</i> | Eugenol (90.5%) | | | | | |
| Gramíneas | <i>Cymbopogon flexuosus</i> | Geranial (42.6%) Neral (35.1%) | | | | | |

Composición química de los aceites esenciales

Familia Lamiaceae

Investigaciones descritas en la tabla 1 muestran que aceites esenciales procedentes de plantas de la familia Lamiaceae tuvieron actividad antifúngica sobre diversos hongos fitopatógenos, como el AE de menta compuesto principalmente de ciclohexanol y ciclohexanona que inhibió el desarrollo de *Botrytis cinérea* causante del moho gris sobre diversos cultivos (Xueuan et al., 2017), de igual manera este hongo fue inhibido por el AE *Origanum vulgare* teniendo a los terpenos; timol y carvacrol como componentes principales (Hou et al., 2020), lo cual fue similar a lo mencionado por (D'agostino et al., 2019; Redondo et al, 2020 ; Raveau et al., 2020 ; Basaid et al., 2020) quienes destacaron el potencial antifúngico del timol y carvacrol en el AE del *O. vulgare* sobre *B. cinérea*, de igual modo esto concuerda con lo mencionado por (Omar y Kordali, 2019) en donde los AE extraídos del género *Origanum* tales como *Origanum vulgare*, *Origanum onites* y *Origanum acutidens* presentaron actividad antifúngica sobre *B. cinérea* debido a su composición química a base de carvacrol, timol y p-cimeno. Así mismo en (Farzaneh et al., 2015) se inhibió a *B. cinérea* con los aceites esenciales del género *Satureja* como *Satureja hortensis*, *Satureja spicigera* y *Satureja khuzistanica* que contenían compuestos terpénicos como el β -cimeno, γ -terpineno y el fenol carvacrol que también mostraron actividad antifúngica sobre *B. cinérea*.

Por otro lado, fitopatógenos del género *Fusarium* fueron inhibidos por AE procedentes de la menta, se impidió el crecimiento de *Fusarium oxysporum*, fitopatógeno que principalmente afecta a las raíces, al ser tratado con AE de *Mentha haplocalyx* el cual estaba compuesto de los terpenos; D-carvona y D-limoneno (Chen et al., 2020), así mismo el mentol y mentona estuvieron presentes en el AE de *Mentha piperita* el cual mostró acción antifúngica sobre *Fusarium sporotrichioides*, causante de la pudrición de cereales (Rachitha et al., 2017) esta composición concuerda con lo mencionado por Raveau et al. (2020) quien describió al mentol y mentona como componentes fundamentales de las plantas del género *Mentha*, mientras que la investigación de

Kalagatur et al. (2015) mencionó que el AE de *Ocimum sanctum* el cual contiene como componente principal al fenol eugenol, tuvo actividad antifúngica sobre *Fusarium graminearum*.

Correspondiente al AE *Rosmarinus officinalis* Da Silva et al. (2015); Da Silva et al. (2019) y Diánez et al. (2020) indicaron que el fenol eucaliptol era su componente químico principal, y mediante su uso Da Silva et al. (2015) y Diánez et al. (2020) inhibieron el crecimiento de *F. verticillioides* y *F. oxysporum* respectivamente. Del mismo modo Palfi et al. (2019) mencionó que el *Fusarium oxysporum* fue inhibido por los AE de *Mentha piperita*, *Mentha spicata* y *Thymus vulgaris*, en donde se encontró al fenol eugenol, así como terpenos terpinen-4-ol y timol.

Otro fitopatógeno como el *Aspergillus flavus* fue inhibido por *Rosmarinus officinalis*, el cual contenía terpenos; tales como el eucaliptol y el alcanfor (Da Silva et al., 2019) similar a los efectos sobre el mismo fitopatógeno, pero con *Thymus Vulgaris* compuesto de timol y p-cimeno (Oliveira et al., 2020) esto guarda concordancia con lo descrito por D'agostino et al., 2019 en donde el AE de *Mentha pulegium* compuesto principalmente de eucaliptol inhibió el desarrollo del *A. flavus*. Además *Mentha piperita* y *Rosmarinus officinalis* mostraron capacidad de detener el desarrollo de *A.niger* y *A.flavus* (Raveau et al., 2020).

Por otro lado, *Colletotrichum nymphaea* hongo causante de la antracnosis de fresa, al ser tratado con los AE *Mentha longifolia* y *Rosmarinus officinalis* tuvo como componentes principales a los terpenos; timol y α -pineno respectivamente (Hosseini et al., 2020; Hosseini et al.,2020) siendo estos terpenos también componentes principales de los AE de *Satureja hortensis* y *Thymus vulgaris*. Pero adicionalmente en *Satureja hortensis* se encontró al fenol carvacrol, los cuales mostraron actividad antifúngica sobre fitopatógenos como *Rhizoctonia solani* y *Raffaelea quercus-mongolicae* (Kim et al., 2019), corroborando lo mencionado por Raveau et al. (2020), que indicó que el AE *Thymus Vulgaris* mostró actividad antifúngica sobre *Rhizoctonia solani* teniendo como componentes principales al eugenol y linalol, siendo esta composición semejante a la mencionada por Palfi et al. (2019).

Familia Myrtaceae

Se ha demostrado que el AE de *Syzygium aromaticum* tiene actividad antifúngica sobre *Collelotrichum gloeosporioides*, *Fusarium oxysporumcuale* y *Alternaria alternata*, debido al eugenol, su principal componente químico (Castro et al. 2017; Sharma et al., 2017; Wang et al. 2019), teniendo similitud con lo descrito por (Hu et al., 2019; D'agostino et al., 2019; Saroj et al., 2020), los cuales también destacaron al eugenol como componente fundamental de *Syzygium aromaticum*, mostrando inhibición de los fitopatógenos; *Aspergillus flavus*, *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger* y *Aspergillus oryzae*, esto guarda relación con lo descrito por Diánez et al. (2018) y Palfi et al. (2019); quienes indicaron que el eugenol y adicionalmente el cariofileno son compuestos de gran importancia presentes en *Syzygium aromaticum*.

Otro aceite esencial como el de *Pimenta dioica*, estuvo compuesto principalmente por eugenol y mostró actividad antifúngica sobre el hongo *A.flavus* (Sarathambal, Rajagopal, y Viswanathan, 2020) resultado que guardó concordancia con Basaid et al., (2020) donde se inhibió también al *A. niger* e indicó que el componente más importante del AE de *Pimenta dioica* es el eugenol, que conforma del 60 al 90% del aceite esencial extraído. Sin embargo, D'agostino et al. (2019) afirma que en la familia Myrtaceae la principal fuente de eugenol es el AE de *Syzygium aromaticum*.

En el género *Eucalyptus* existen aproximadamente 900 especies y 300 de estas contienen aceite esencial en sus hojas; como el AE de *Eucalipto staigeriana* que impidió el desarrollo de los fitopatógenos *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer* teniendo principales componentes al limoneno y thujene (Da Silva et al., 2020), difiriendo con otras especies como; *Eucalyptus globulus* ; compuesto principalmente por eucaliptol (Diánez et al.,2018) y también el *Eucalyptus Camaldulensis* , con eucaliptol (Palfi et al.,2019), que inhibieron el crecimiento de *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora capsici* respectivamente, notándose de esta forma una variación de tipo de componente entre

Eucalyptus staigeriana con *E. globulus* y *E. Camaldulensis*. El eucalipto es conocido estar constituido por terpenos como el eucaliptol, limoneno y thujene (Babar et al.,2015).

Melaleuca alterfolia es una especie única de Australia y su aceite esencial ha sido utilizado para la determinación de la resistencia de algunos fitopatógenos como *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus niger* y *Botrytis cinerea* por diversos investigadores. Según (Kong et al., 2019) la composición química de este AE está conformada principalmente por los terpenos terpeno-4-ol, 3-Careno y α -terpineol, siendo totalmente igual a los resultados de An et al. (2018) en donde se destacó a terpeno-4-ol, al 3-careno y al α -terpineol como sus principales componentes, otro estudio encontró al terpeno-4-ol y γ -terpineno (Li et al., 2017) diferenciando este último componente de la composición presentada por Kong et al. (2019) y An et al. (2018). Del mismo modo, Yu et al. (2015) encontró como principal al terpeno-4-ol, siendo considerado un terpeno que se encuentra normalmente entre 30% y 55% de concentración en la especie *Melaleuca alterfolia*.

Familia Lauraceae

El AE *Cinnamomum zeylanicum* mostró actividad antifúngica sobre *Colletotrichum acutatum*, *Rhizopus stolonifer* y *Rhizopus oryzae* teniendo como componente principal al terpeno cinamaldehído (He et al.,2018; Ambindei et al., 2017), mientras que la investigación de Castro et al. (2017), determinó que el fenol eugenol es el componente principal de *Cinnamomum zeylanicum* el cual fue un potente inhibidor del desarrollo de *Alternaria alternata*, siendo este componente también encontrado en (Ambindei et al., 2017). Estos resultados guardan mucha similitud con lo encontrado por Hu et al. (2019) quien al utilizar *Cinnamomum zeylanicum* para inhibir el crecimiento de 3 especies de *Aspergillus* (*A. nigger*, *A. oryzae* y *A. ochraceus*) encontró como componentes principales al fenol eugenol y al terpeno cinamaldehído, de igual modo Palfi et al. (2020) mencionó que el AE de *Cinnamomum zeylanicum*, muestra potente actividad antifúngica sobre, *Fusarium oxysporum* debido a su principal componente eugenol, además estos hallazgos guardan relación con lo mencionado por Xing et al. (2014) y Hu et al. (2019) en donde el cinamaldehído fue el componente principal hallado en *cinnamomum verum*, también perteneciente a la especie *Cinnamomum*. Por otro lado, el AE de *Litsea cubeba* con

componentes principales como el geranial, neral y limoneno demostró tener capacidad antifúngica sobre *Botrytis cinérea* (Wang et al., 2019).

Familia Apiaceae

El desarrollo de *Aspergillus flavus* causante de la aspergilosis, fue inhibido por *Trachyspermum ammi* el cual en su composición química mostró principalmente a los terpenos; cimeno y timol (Kedia et al., 2015), mientras que otros terpenos como el anetol y estragol presentes en *Foeniculum vulgare*, mostró actividad antifúngica sobre *Alternaria alternata* causante de manchas foliares y pudrición en diversos cultivos (Mahmoudi, 2017), esto guarda semejanza con los componentes encontrados por Hossen et al. (2020) tales como el acetato de bornilo y acetato de fenquilo presentes en *Ferula kuma* el cual inhibió el desarrollo de *Colletotrichum nymphaeae*.

Familia Zingiberaceae

Una de las plantas más utilizadas para la obtención de aceites esenciales y la determinación de su actividad antifúngica de esta familia es la cúrcuma, en donde *Curcuma longa*, con componente principal al ar-turmerona logro inhibir al *Fusarium graminearum* causante de marchitamiento y podredumbre en diversos tipos de plantas (Kumar et al.,2016), guardando similitud con el efectos del AE de *cúrcuma zedoary* quien mostró a los terpenos; eucaliptol, curcumol y curdione como compuestos principales que lograron la inhibición del hongo *Phytophthora capsici* causante del tizón en ajíes y pimientos (Wang et al.,2019)

Otras familias

Correspondiente a la familia Asteraceae el aceite esencial de *Eremanthus erythropappus* mostró actividad antifúngica sobre fitopatógenos del género *Aspergillus*, tales como *Aspergillus carbonarius*, *Aspergillus flavus* y *Aspergillus ochraceus*, siendo el terpeno α -bisabolol su compuesto principal (Brandão et al.,2020), además *Achillea ligústica* de la

misma familia, impidió el desarrollo de *Alternaria solani* y *Fusarium graminearum*, siendo el terpeno linalol su compuesto activo principal (Redondo et al., 2020).

De la familia Rutaceae el AE de *Citrus limon* variedad pompia mostró actividad antifúngica sobre *Penicillium digitatum*, hongo causante de pudrición, en donde el terpeno limoneno fue su principal componente químico (Danzi et al., 2020), siendo semejante a lo mencionado por Marwa, Tamer y Elsherbiny (2019); en donde *Citrus reticulata* inhibió el desarrollo de *Aspergillus niger* debido a su composición de limoneno además de contener terpeno-4-ol.

Por otro lado, fitopatógenos como *rhizopus stolonifer* y *Colletotrichum nymphaeae* fueron inhibidos por los AE de *Lippia sidoides* y *Allium sativum*, pertenecientes a la familia Verbenaceae y Amaryllidaceae como, siendo el timol y el trisulfuro de dialilo sus principales componentes químicos respectivamente (Oliveira et al., 2019; Hosseini et al., 2020), mientras que de la familia Illiciaceae el AE de *Illicium verum* impidió el crecimiento de *Aspergillus flavus* debido a su compuesto principal el terpeno anetol (Li et al., 2020) y de la familia gramíneas el AE de *Cymbopogon flexuosus* mostró actividad antifúngica sobre *alternaria alternata* a causa de contar con el geranial y neral como principales componentes químicos (Castro et al., 2017).

En los resultados obtenidos en la tabla 1, los terpenos y fenoles fueron los principales componentes presentes en los AE afirmando lo dicho por (Buckle, 2015; Chouhan, Sharma; Sanjay, 2017). Encontrándose un total de 28 terpenos, en donde el terpeno-4-ol (Figura 2) fue encontrado principalmente en la familia Myrtaceae y el eucaliptol (Figura 3) en la familia Asteraceae y Zingiberaceae. Así mismo 8 compuestos fenólicos tales como eugenol (Figura 4), timol (Figura 5) y carvacrol (Figura 6) estuvieron presentes mayoritariamente en familias Lamiaceae, Myrtaceae, Lauraceae y Apiaceae. Así mismo los resultados mostraron variaciones en el contenido de componentes químicos de los AE mencionados, lo cual podría deberse a las condiciones ecológicas, geográficas, estacionales y edad de la planta, entre otros factores (Chen et al., 2020).

En general, los principales componentes químicos de los AE son responsables de su actividad antifúngica (Oliveira et al., 2020) y también muchos autores como Chouhan, Sharma y Sanjay, 2017; Tariq et al., 2019; Kedia et al., 2015; Li et al., 2017; Chen, et al.,2020; Hou, et al., 2020; Yu et al., 2015; Wang et al.,2019; Kumar et al., 2016 coinciden que este potencial está relacionado con la cantidad, tipo de compuesto e interacciones o sinergia que pueda existir entre ellos. Así mismo investigaciones coincidieron que la actividad antifúngica de los aceites esenciales está vinculada con la disposición de los compuestos fenólicos, un núcleo aromático y un grupo -OH fenólico que forma enlaces con las sustancias o enzimas presentes en la célula fúngica (Kedia et al., 2015; Mahmoudi, 2017; Chen, et al.,2020; Hou, et al., 2020; Ambindei et al., 2017).

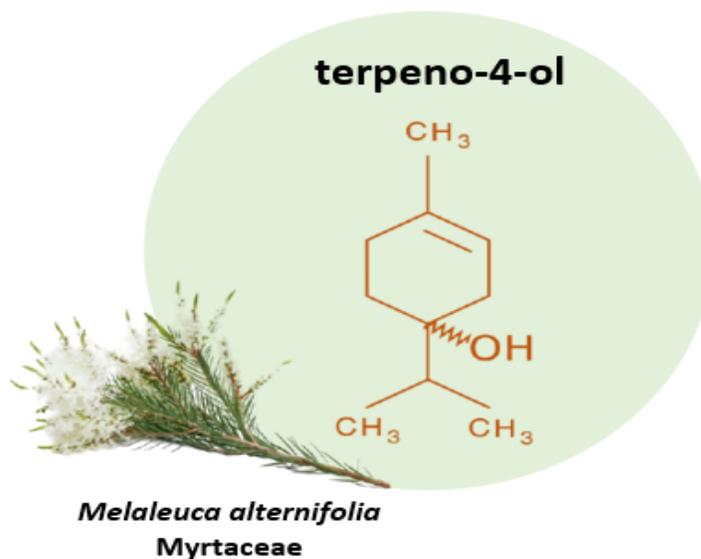


Figura 2: Terpeno-4-ol

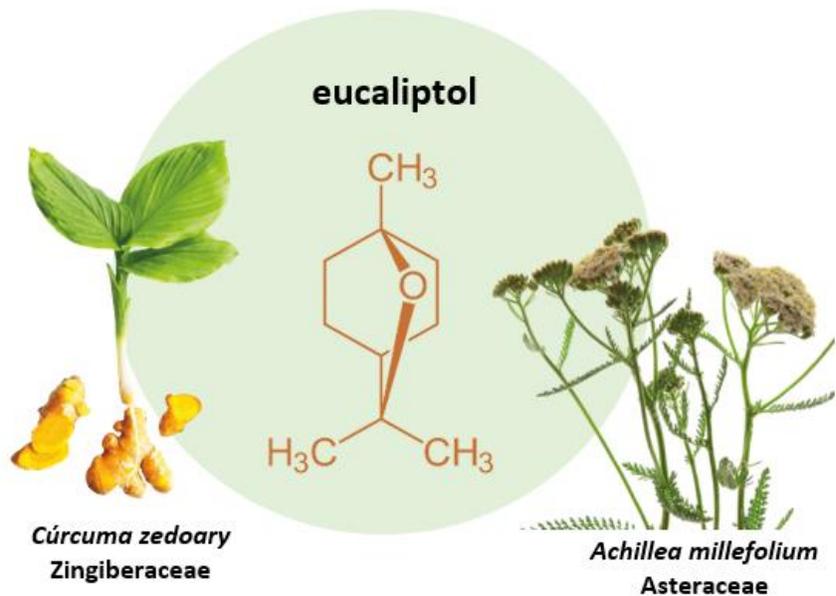


Figura 3: Eucaliptol

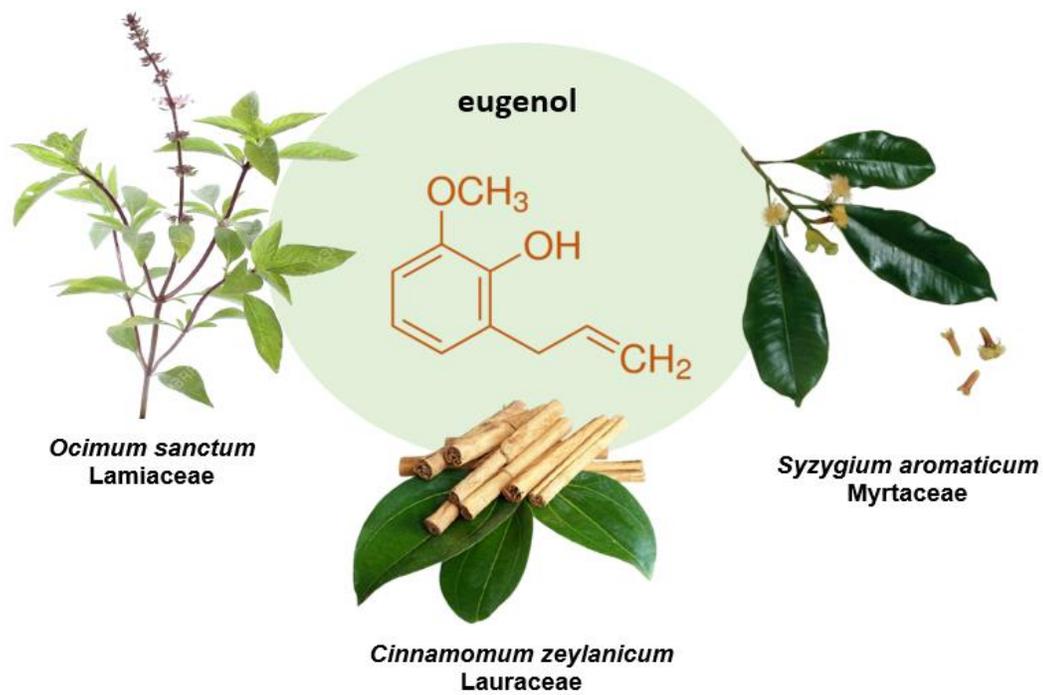


Figura 4: Eugenol

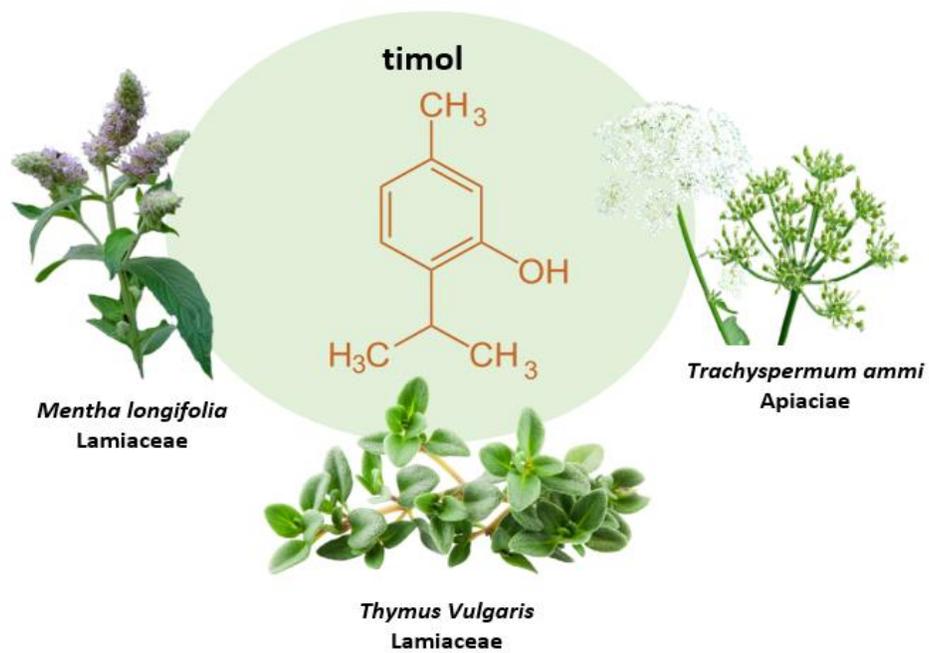


Figura 5: Timol

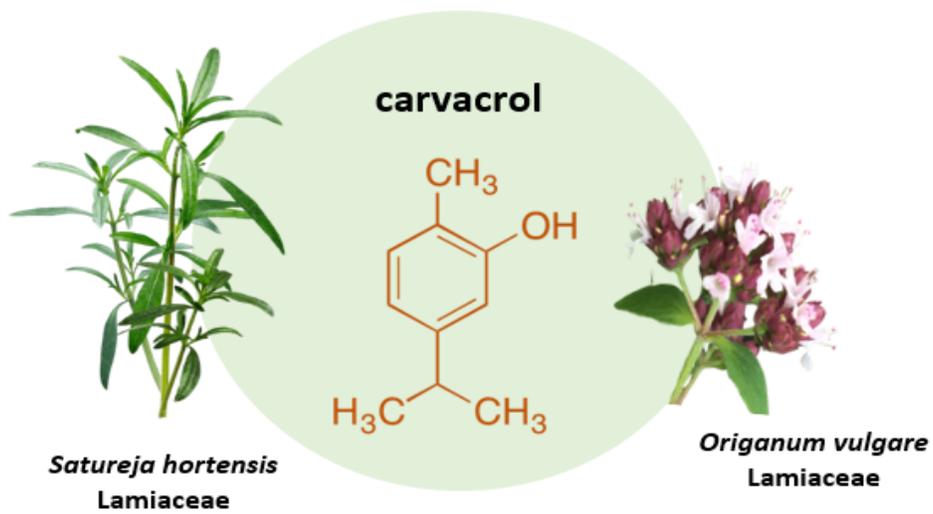


Figura 6: Carvacrol

Mecanismo de acción de los aceites esenciales sobre fitopatógenos

Efectos sobre la morfología de los hongos fitopatógenos

Mediante observaciones en el microscopio, se evidenció el modo de acción del aceite esencial (AE) de *Pimenta dioica* y *Trachyspermum ammi* sobre la morfología del fitopatógeno *Aspergillus flavus*; mostrándose hifas de aspecto anormal y con depresiones en su estructura (Sarathambal, Rajagopal y Viswanathan 2020; Kedia, 2015). Concordando con los efectos del *Cinnamomum zeylanicum* sobre la morfología de las hifas del *A. flavus* (D'agostino et al., 2019). Y también con el AE de *Thymus vulgaris* y *Satureja hortensis* en *Rhizoctonia solani* y *Raffaelea quercus-mongolicae* (Kim et al., 2019)

En los estudios de *Illicium verum* (figura 7) (Li et al., 2020) y *Thymus Vulgaris* (Oliveira et al., 2020) sobre las hifas del *A. flavus* generaron alteración de la linealidad de la estructura, se encontraban arrugadas, delgadas, planas y colapsadas. Del mismo modo, los hallazgos de Brandão et al. (2020) en muestras tratadas con AE de *Eremanthus erythropappus* contra *A. carbonarius*, *A. flavus* y *A. ochraceus* presentaron los mismos efectos pero adicionalmente hubo hinchamiento de la hifa del *A. carbonarius* (figura 8).

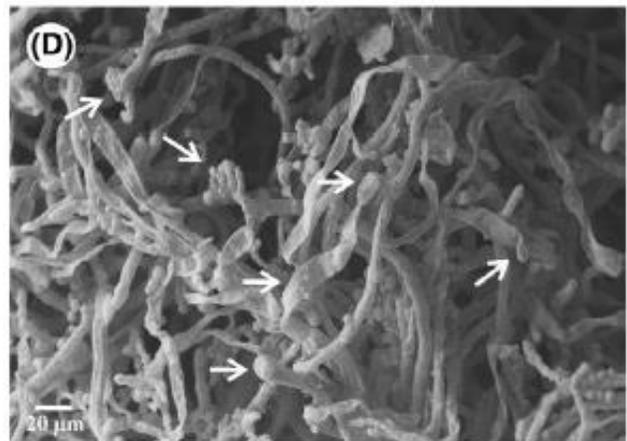
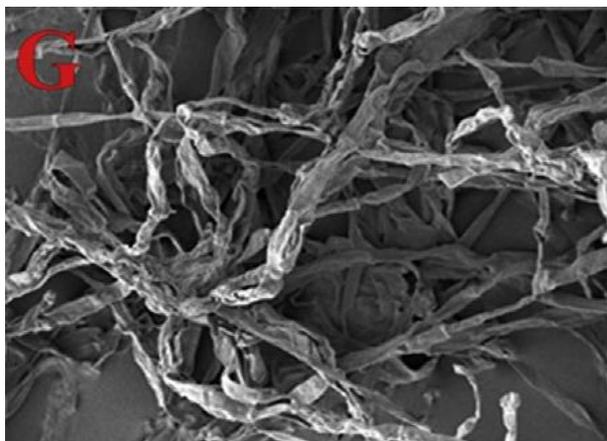
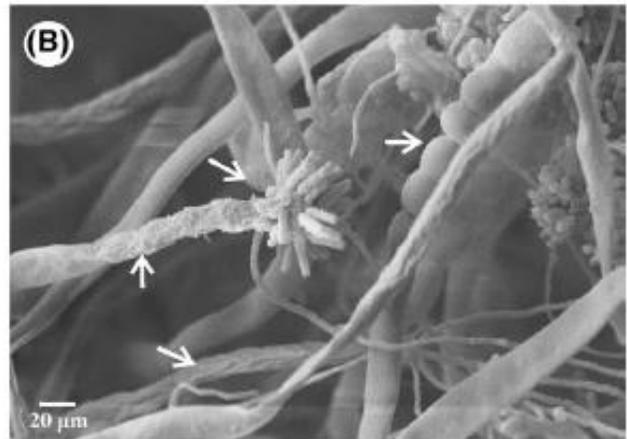
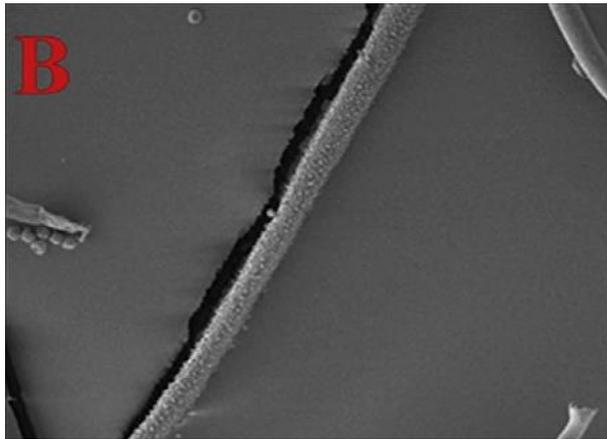


Figura 7: SEM de los efectos en las hifas del *Aspergillus flavus*; (B) control y (G) expuestas al AE *Illicium verum* (Li, et al., 2020).

SEM: microscópico electrónico escaneando

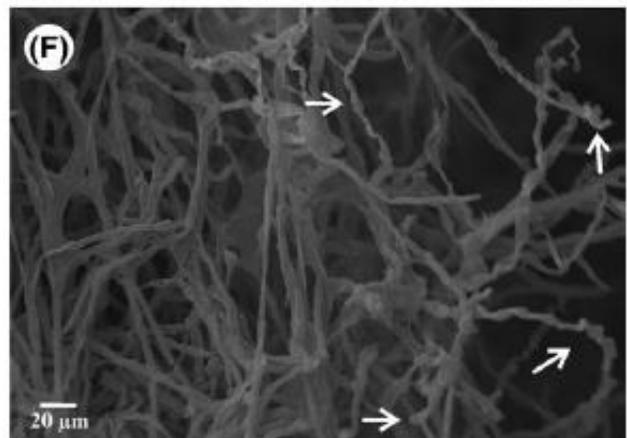


Figura 8: SEM de los efectos en las hifas del *Aspergillus carbonarius* (B), *Aspergillus flavus* (D) y *Aspergillus ochraceus* (F) expuestas al AE de *Eremanthus erythropappus* (Brandão et al., 2020).

SEM: microscópico electrónico escaneando

También, el AE de *Rosmarinus officinalis* redujo el grosor, generó arrugas y comprimió la estructura hifal del *A. flavus* (Da Silva et al., 2019). Estos estudios, concuerdan con la aplicación del AE de *Citrus reticulata* y *Citrus sinensis* que dañaron la morfología de las hifas generándose un colapso del *A. niger*, es decir la desintegración de su estructura (Marwa, Tamer y Elsherbiny, 2019; Nazzaro et al., 2017). De igual modo el AE de *Citrus limon* variedad pompia ocasionó arrugas estructurales y colapsó hifal del *Penicillium digitatum* (Danzi et al., 2020)

En *Alternaria alternata* con el AE de *Cinnamom zeylanicum*, *Syzygium aromaticum* y *Cymbopogon flexuosus* se evidencian cambios estructurales en las hifas como; la alteración y deformación (Castro et al., 2017). Además de ello, también hubo reducción del volumen de *Alternaria alternata*, llegando al colapso con el AE de *Foeniculum vulgare* (Mahmoudi, 2017). Estos efectos concuerdan con el AE del género *Thymus* sobre el hongo *A. alternata* que inhibió el crecimiento de hifas generando su colapso (Palfi et al., 2019).

Con el AE de *Melaleuca alternifolia* hubo alteración de la estructura micelial del *A. ochraceus* mostrándose deformada y con depresiones. Además, las hifas estuvieron fracturadas y colapsadas con cráteres a lo largo de su estructura (Kong et al., 2019). En cambio, en las observaciones del *A.niger* no solo se generaron fracturas y estuvieron colapsadas las hifas, sino; también hubo arrugas (figura 9) (An et al., 2018).

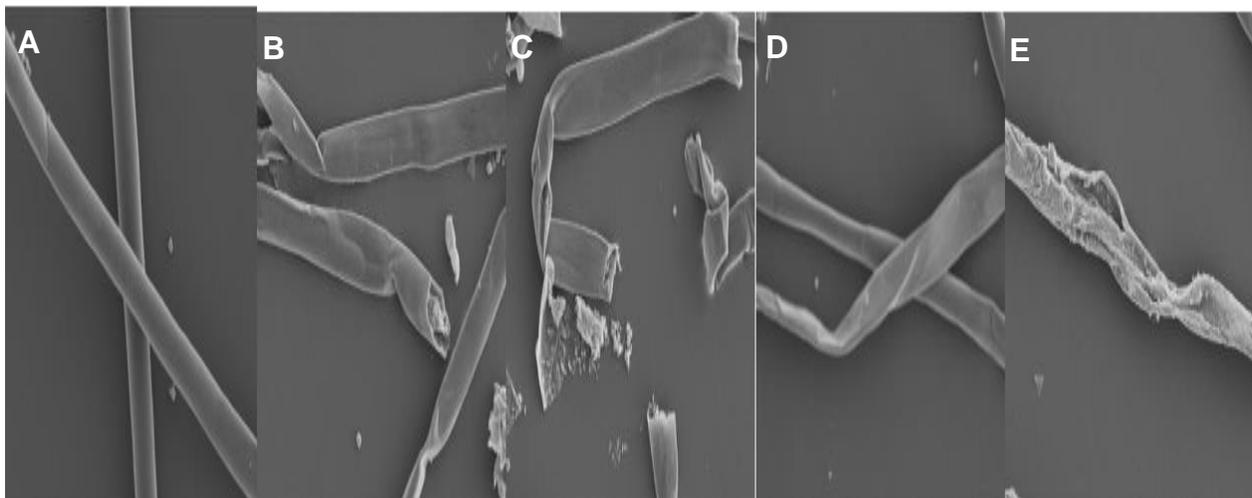


Figura 9: SEM de la morfología de las hifas del *Aspergillus niger* (A) control y (B- C- D- E) expuestas al aceite de *Melaleuca alternifolia* (An et al.,2018).

Por otro lado, la morfología hifal del *Fusarium graminearum* tratada con AE de *Ocimum sanctum* sufrió cambios como cráteres y protuberancias hasta el punto de derrumbarse y aplastarse unas contra otras (Kalagatur et al., 2015). Concordando con los efectos de *Curcuma longa* también en *Fusarium graminearum* (Kumar et al., 2016). En cambio, en los resultados de Wang et al. (2019) con *Cúrcuma zedoary* sobre *P. capsici* se dieron efectos a nivel del micelio generando irregularidad de la forma hasta el colapso y destrucción de su superficie.

Para el fitopatógeno *F. verticillioides* tratadas con AE de *Rosmarinus officinalis* las hifas estaban aplanadas y arrugadas. Además, el micelio reducido en volumen (Da Silva et al., 2015). Siendo similar a los efectos con aceite esencial del género *Orégano* y *Tomillo* sobre las hifas del *Fusarium graminearum* (D'agostino et al., 2019)

En otros estudios con *Mentha piperita* se generaron lesiones en la estructura hifal de *Fusarium sporotrichioides* (Rachitha et al., 2017); con *Mentha haplocalyx* el micelio de *F. oxysporum* perdió integridad hasta encogerse (Chen et al., 2020) y también en *Botrytis cinérea* ocasionó cráteres y depresiones (Xueuan et al., 2017). En cambio, con *Syzygium aromaticum* los impactos fueron más dañinos, hubo rugosidad en la superficie de las hifas, estuvieron degradadas y finalmente colapsaron (Sharma et al., 2017). También sobre las hifas de *C. gloeosporioides* generó un colapso; llegando a encogerse y enrollarse (figura 10) (Wang et al., 2019).

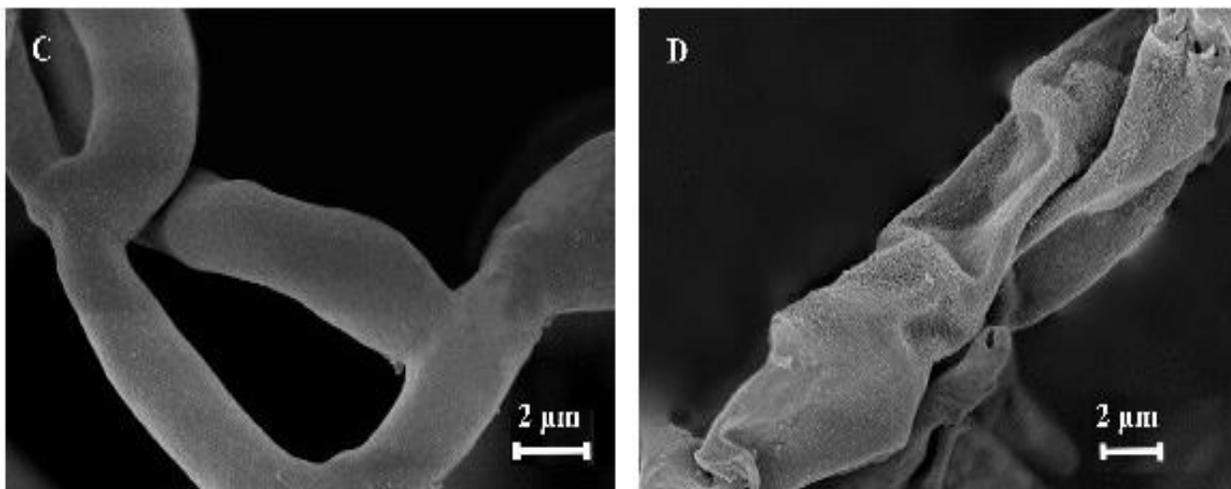


Figura 10: SEM de la morfología de las hifas del *Colleotrichum gloeosporioides* (C) control y (D) expuestas al aceite de *Syzygium aromaticum* (Wang, et al., 2019).

En las observaciones del AE de *Lippia sidoides* en *Rhizopus stolonifer*, surgieron alteraciones hifales como arrugas, cráteres, fragmentaciones y descamación (figura 11) (Oliveira et al., 2019). Siendo similares a los efectos con el AE de *Eucalyptus staigeriana* en *Rhizopus stolonifer* pero en esta investigación adicionalmente surgió la deshidratación hifal (Da Silva et al.,2020).

También el AE de *Cinnamomum zeylanicum* fue aplicado en *Rhizopus stolonifer* y *Rhizopus oryzae* generándoles pérdidas de la rigidez de las hifas (Ambindei et al., 2017). De igual modo He et al. (2018) aplicó el mismo AE de *Cinnamomum zeylanicum*, pero en *C. acutatum* poniendo en evidencia la pérdida de la morfología del micelio.

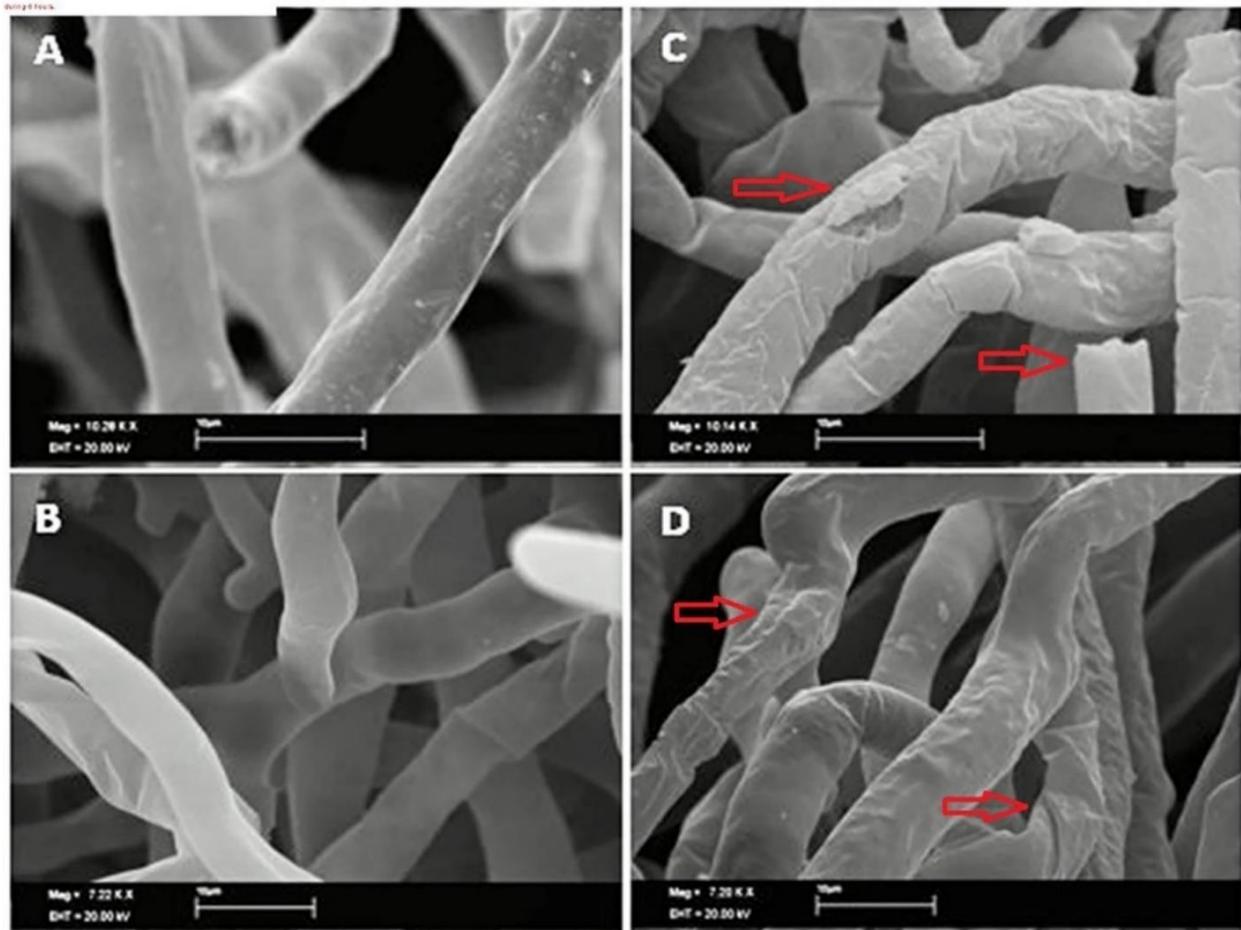


Figura 11: SEM de la morfología de las hifas del *rhizopus stolonifer* (A) control y (B-C-D) expuestas al aceite de *Lippia sidoides*. (Oliveira et al., 2019).

Otro fitopatógeno como *Colletotrichum nymphaeae* fue expuesto a los AE *Achillea millefolium*, *Ferula kuma* y *Mentha longifolia* (Hossen et al., 2020) generándole malformaciones fúngicas. Además, al estar expuesto a *Allium sativum* y *Rosmarinus officinalis* generó un micelio arrugado, colapsado e hinchado (Hosseini et al., 2020). Estos resultados concuerdan con la acción del AE de anís que demostró su actividad antifúngica generando cambios morfológicos como hinchamiento de hifas (Nazzaro et al., 2017).

Hou et al. (2020) aplicó el AE de *Origanum vulgare* en *Botrytis cinérea* mostrándose hifas con superficie agrietada, con cráteres y colapsadas (figura 12). Concordando con los resultados de Wang et al. (2019) donde *Botrytis cinérea* fue expuesta al AE de *Litsea cubeba*. También con el AE de *Eucalyptus staigeriana* en *Botrytis cinérea* se generó efectos parecidos, pero adicionalmente hubo descamación y deshidratación de las hifas (Da Silva et al., 2020).

En otros estudios se evaluó el AE de *Melaleuca alternifolia* frente a *Botrytis cinérea* sufriendo cambios en su morfología; siendo severamente distorsionada la linealidad de la superficie hifal, mostrándose aplanada y con arrugas (Yu et al., 2015). También *M. alternifolia* en *Penicillium expansum* ocasionó el encogimiento y arrugamiento del micelio (Li et al., 2017).

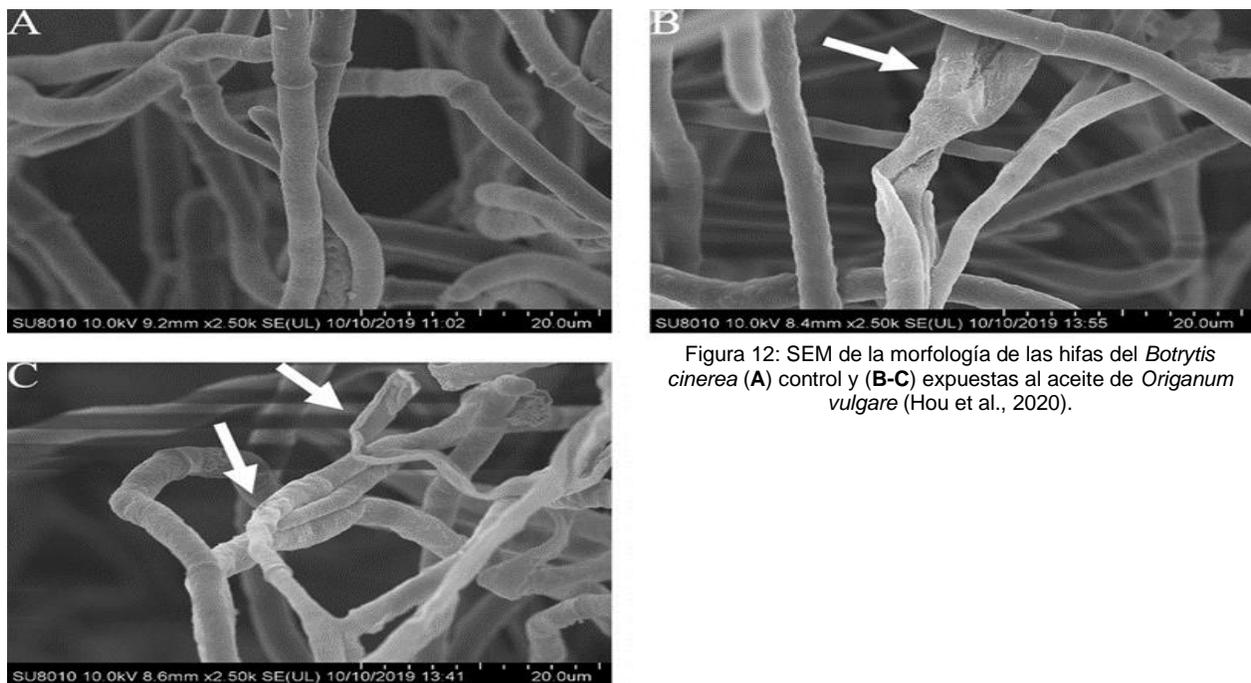


Figura 12: SEM de la morfología de las hifas del *Botrytis cinerea* (A) control y (B-C) expuestas al aceite de *Origanum vulgare* (Hou et al., 2020).

Impactos sobre la estructura celular de los hongos fitopatógenos

Estudios realizados han encontrado que los AE alteran la estructura celular de los hongos, evidenciándose así el efecto del AE de *Syzygium aromaticum* en *Colletotrichum gloeosporioides*; con la pared celular anormal, volviéndose áspera y vellosa. Surgiendo el desprendimiento de la pared celular (PC) con la membrana celular (MC). Además de ello, todas las endomembranas celulares se encontraban alteradas y no identificables con mitocondrias deformadas (figura 13) (Wang et al., 2019).

En cambio, en *Alternaria alternata* expuesta a los AE de *Syzygium aromaticum*, *Cinnamom zeylanicum* y *Cymbopogon flexuosus* solo surgieron daños a nivel de la membrana plasmática con fuga de contenido citoplasmático (Castro et al., 2017). De igual manera ocurrió con *Syzygium aromaticum* en *Fusarium oxysporum* (Sharma et al., 2017). En cambio, en Diánez et al., 2018 el AE de *Syzygium aromaticum* inhibió el nivel del ergosterol interfiriendo en las funciones de la membrana del *F. oxysporum* y *Alternaria brassicae*.

También con *Cinnamomum zeylanicum* en *Colletotrichum acutatum* He et al. (2018), *Rhizopus stolonifer* y *Rhizopus oryzae* Ambindei et al. (2017) se observaron similares alteraciones. Complementándose así lo sostenido por Hu et al. (2019), que el alto contenido de fenoles en el AE de *Syzygium aromaticum* y *Cinnamomum zeylanicum* pueden ser responsable de lesiones graves que se generan en la membrana celular.

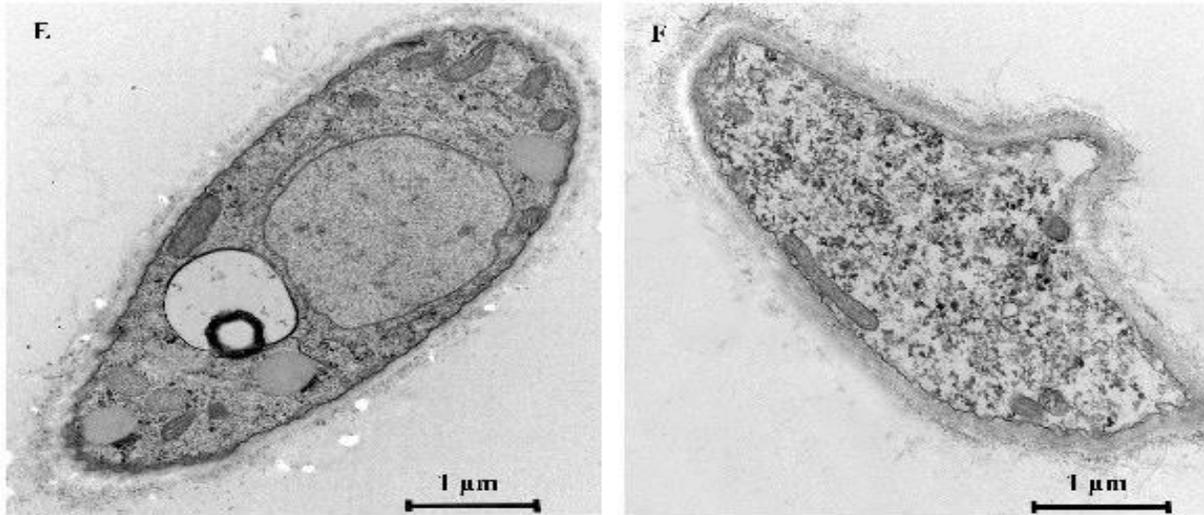


Figura 13: TEM de la morfología de la estructura celular de *Colletotrichum gloeosporioides*; (E) control y (F) expuesta al AE de *Syzygium aromaticum* (Wang, 2019).

TEM: Microscopio de Transmisión por Electrones

Otro estudio como el de Wang et al. (2019) aplicó el AE de *Litsea cubeba* en *Botrytis cinérea* quedando destruida la estructura celular, la MC rota y desprendida la PC; dándose una plasmólisis (salida de contenido citoplasmático) y disminución de la síntesis del ergosterol en la MC (figura 14).

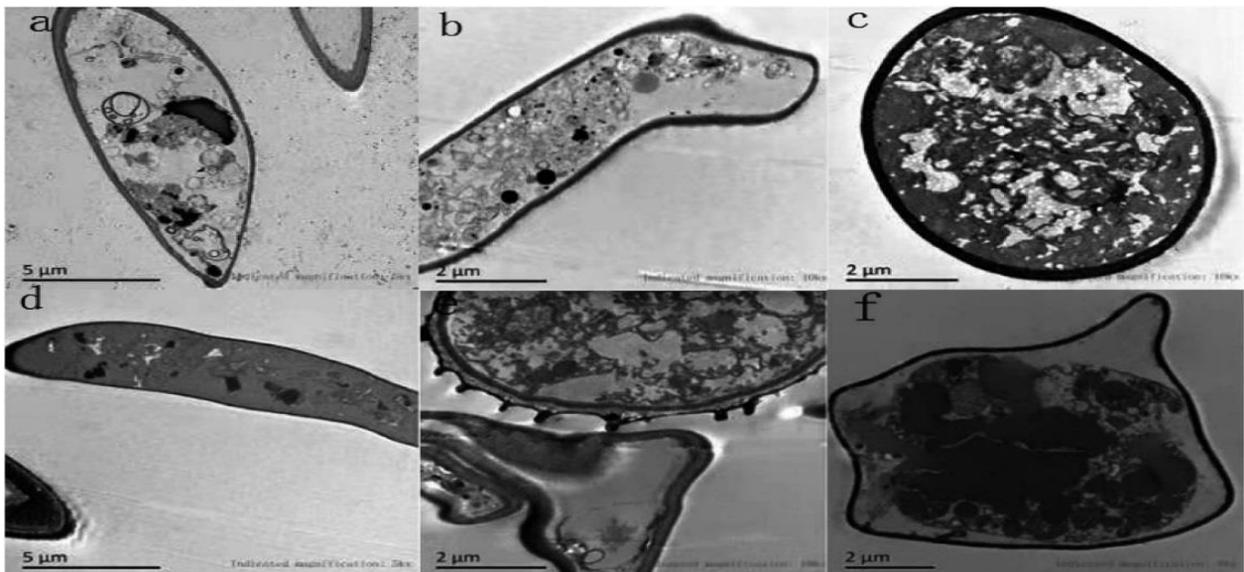


Figura 14: TEM de la morfología de la estructura celular de *Botrytis cinérea*; (A-B-C) control y (D-E-F) expuestas al aceite de *Litsea cubeba* (Wang, 2019).

Estos resultados son idénticos a los de (Nazzaro et al., 2017) que también aplicó *Litsea cubeba* pero en diferentes fitopatógenos como; *F. moniliforme*, *F. solani*, *A.alternata* y *A. niger*.

En *A. flavus* con el AE de *Trachyspermum ammi* (Kedia et al., 2015), *A. carbonarius*, *A. ochraceus* y *A. flavus* con *Eremanthus erythropappus* (Brandão et al., 2020) también surgieron desprendimientos de la PC con MC; con disminución del ergosterol. Coincidiendo con el AE de *Illicium verum* (Li et al.,2020) y *Pimenta dioica* (Sarathambal, Rajagopal y Viswanathan, 2020) en *A.flavus*.

En cambio, al aplicar el AE *R. officinalis* en *F. verticillioides* (Da Silva et al., 2015) y en *A. flavus* (Da Silva et al., 2019) no hubo desprendimiento de la PC con la MC, pero si daños en la integridad de la membrana y disminución del ergosterol concordando con el AE de *Origanum compactum* en *Fusarium graminearum* que debido a sus compuestos como carvacrol y timol bloquean la síntesis de ergosterol de la MC fúngica. (Redondo et al.,2020)

En otros estudios, con el AE de *Melaleuca alternifolia* surgieron diferentes efectos sobre *A. ochraceus* (Kong et al., 2019) como el desprendimiento de la PC y la rotura de la MC, con citoplasma y orgánelas celulares muy dañadas. Siendo muy similares a los efectos de *Melaleuca alternifolia* en *Aspergillus niger*, pero además de ello en este estudio se observó cúmulos de orgánelas junto con vacuolas de tamaños anormales y fusionadas (An et al.,2018).

Concordando con los efectos del AE de *Melaleuca alternifolia*, en *Botrytis cinérea* que produjo una disminución del ergosterol de la MC (figura 15) (Yu et al.,2015). Estos resultados complementan a lo que sostiene Nazzaro et al. (2017) que los AE y sus compuestos tienen una variedad de efectos, específicamente en la membrana, citoplasma y órganos celulares.

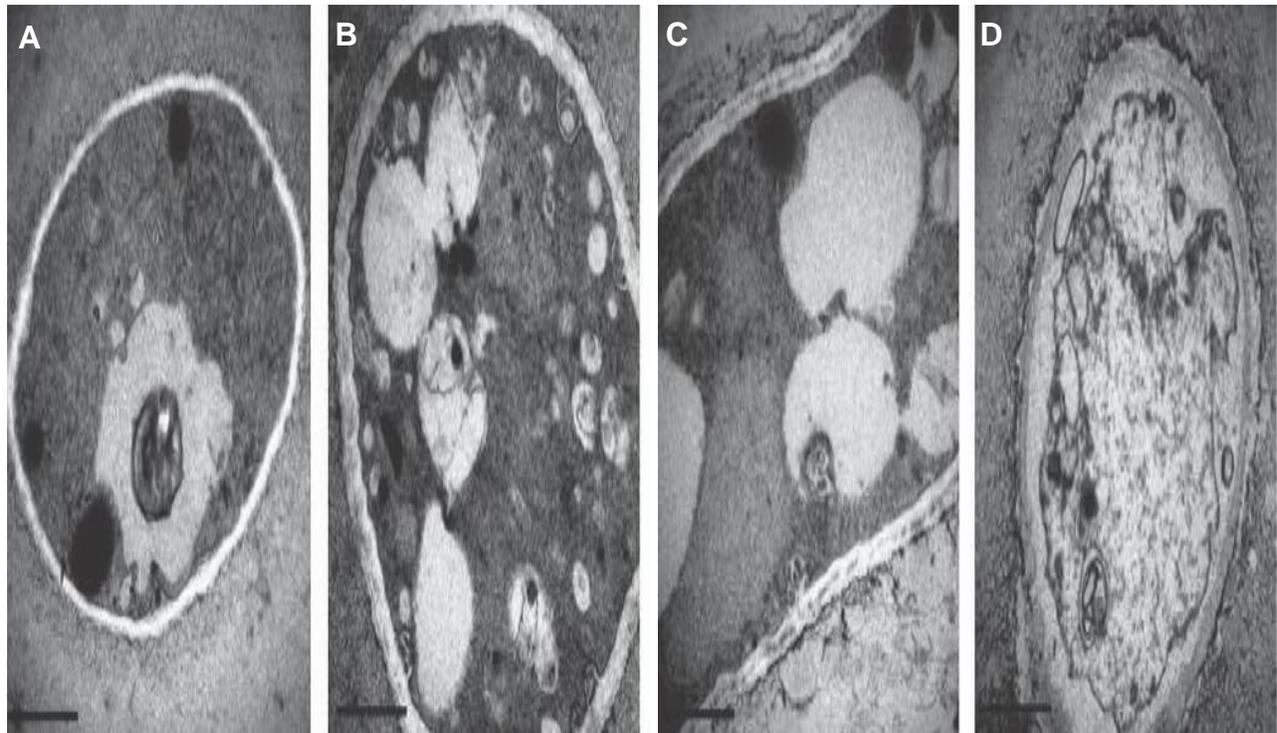


Figura 15: TEM de la morfología de la estructura celular de *Botrytis cinérea* (A) control y (B-C-D) expuestas al aceite de *Melaleuca alterfolia* (Yu et al., 2015).

En los estudios de Hou et al. (2020) el *Origanum vulgare* fue tratado en *B. cinérea* y se dio una destrucción de la MC haciéndola más permeable. También Da Silva et al. (2020) observó similares efectos con *Eucalyptus staigeriana* en *B. cinérea* y *Rhizopus stolonifer*; adicionalmente en *R. stolonifer* surgió una fragmentación de la PC. Estos efectos son justificados por Saroj et al. (2020) que determinó que la acción antifúngica está relacionada con la hidrofobicidad de los aceites esenciales, siendo precursores del aumento en la permeabilidad de la membrana y la pérdida de compuestos celulares.

Otros estudios usaron el AE de *Mentha piperita* en *Botrytis cinérea* y *F. sporotrichioides* provocando ruptura de la PC y MC, con vacuolas irregulares e irreconocibles. Además,

colapso o muerte celular (figura 16) (Xueuan, et al., 2017; Rachitha et al.,2017). Concordando con los resultados de Kumar et al. (2016) en *F.graminearum* con el AE de *Curcuma longa*.

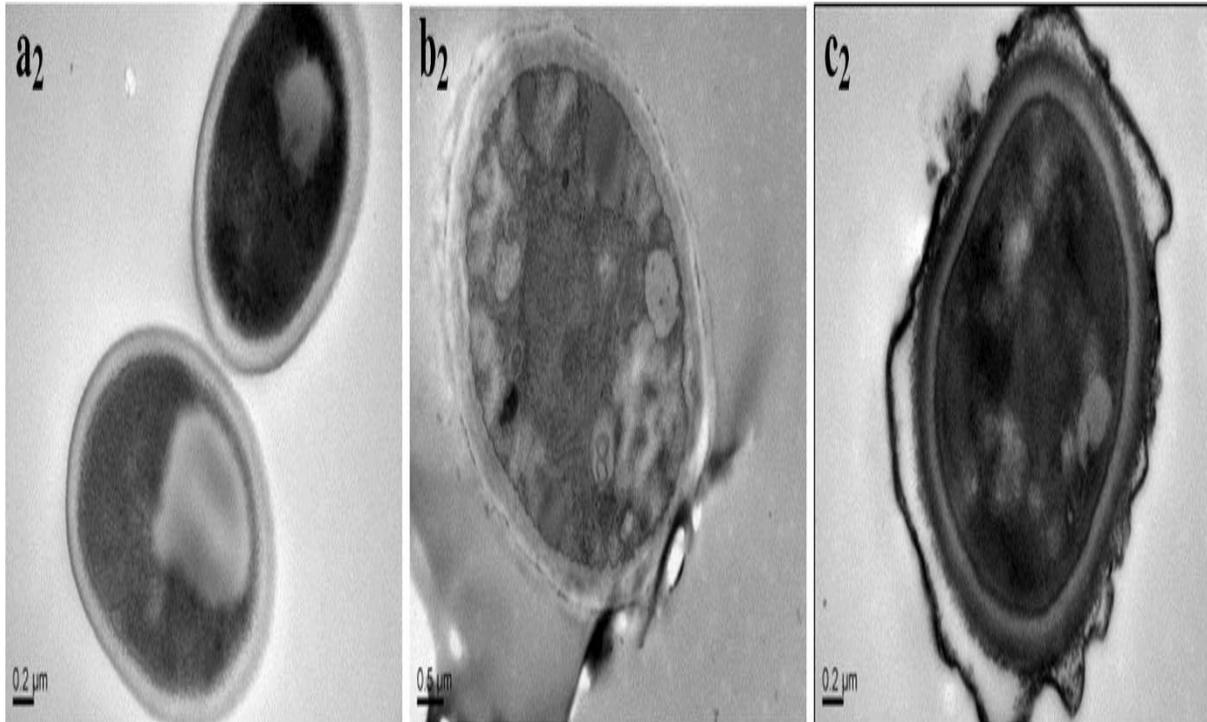


Figura 16: TEM de la morfología de la estructura celular de *Botrytis cinérea* (a₂) control y (b₂-c₂) expuestas al aceite de *Mentha piperita* (Xueuan, et al., 2017)

En cambio, con *Mentha Haplocalyx* en *Fusarium oxysporum* las células fúngicas fueron destruidas, la PC, la MC y las orgánelas estuvieron gravemente dañadas; al darse la ruptura de PC se generó fuga de contenido citoplasmático. Los mayores impactos se dieron en las vacuolas aumentando su volumen con mitocondrias encogidas no identificables (figura 17) (Chen et al., 2020). De igual modo para *F.graminearum* con *Ocimum sanctum* y para *Phytophthora capsici* con *cúrcuma zedoary* (Figura 18) hubo similares efectos (Kalagatur et al.,2015; Wang et al., 2019).

Estos modos de acción hacia la célula guardan relación con los efectos del AE de *Anethum graveolens*, *Origanum compactum* y *Cinnamomum camphora* que también fue capaz de inhibir la mitocondria (Nazzaro et al.,2017).

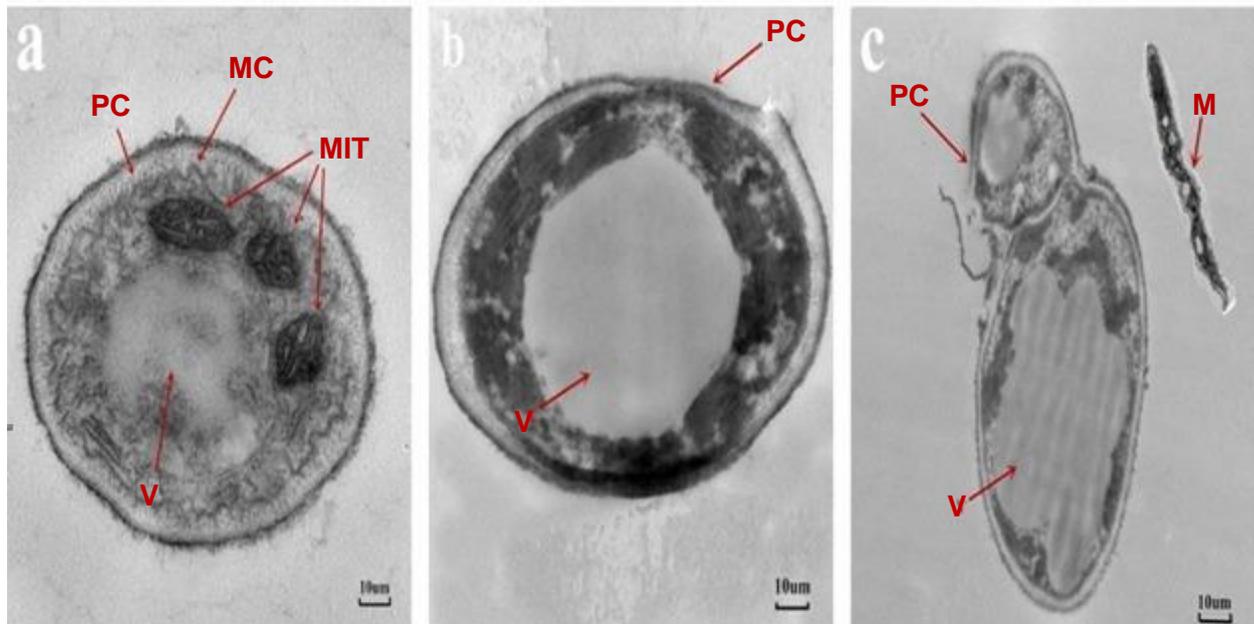


Figura 17: TEM de la morfología de *F. oxysporum* (a) control y (b-c) expuesta al AE de *Mentha haplocalyx* (Chen, et al., 2020)

PC: Pared Celular ; MC: Membrana Celular ; MIT: Mitocondria; V: Vacuola ;M: Micelio

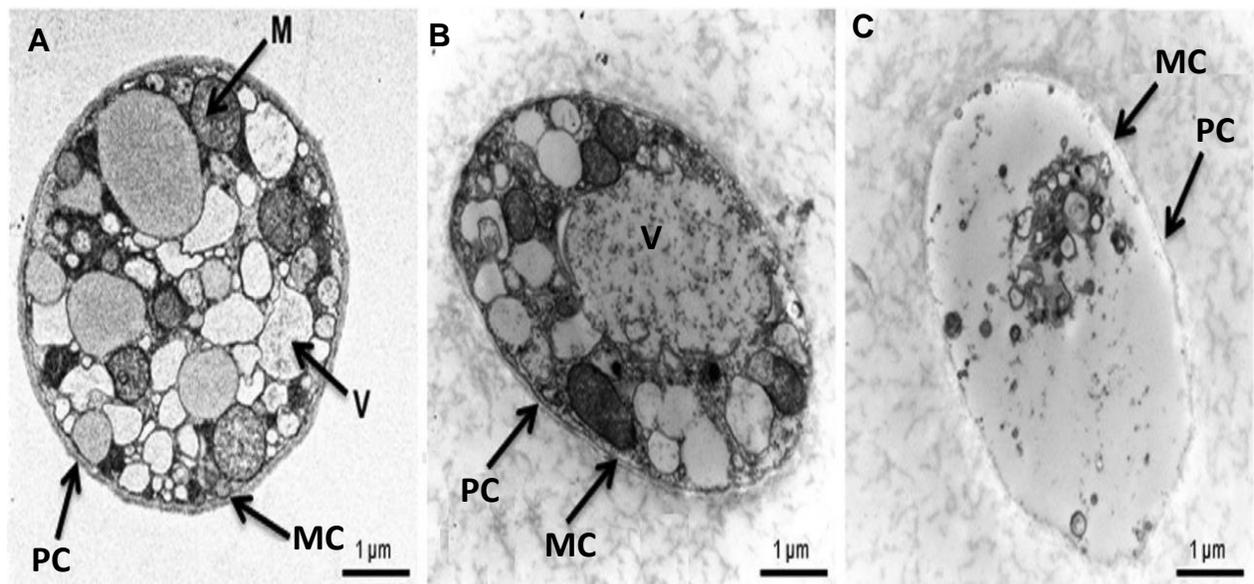


Figura 18: TEM de la morfología de la estructura celular de *Phytophthora capsici* (A) control y (B-C) expuestas al aceite de *Curcuma zedoary* (Wang et al., 2019).

PC: Pared Celular ; MC: Membrana Celular ; M: Mitocondria; V: Vacuola

Otros resultados en *A.alternata* con *Foeniculum vulgare*, lisis de la MC con pérdida de contenido citoplasmático (Mahmoudi, 2017). También con el AE de *Thymus vulgaris* sobre *A.flavus* surgieron similares efectos y además, colapso o muerte celular (Oliveira et al., 2020). De la misma forma se ocurrieron los mismos efectos en *Rhizoctonia solani* y *Raffaelea quercus mongolicae* (Kim et al., 2019). Estos resultados son apoyados por los hallazgos de (D'agostino et al., 2019) aseverando que los AE conllevan a un daño de la MC y a un efecto apoptótico; es decir la muerte celular.

En estudios con la especie *Rhizopus stolonifer* frente al AE de *Lippia sidoides* hubo daños a nivel de PC y orgánulas celulares (Oliveira et al., 2019). Para los estudios con el AE de *Citrus limon* variedad pompia en *Penicillium digitatum* se dio daños en la PC (Danzi et al., 2020). En cambio, Li et al. (2017) con *Melaleuca alternifolia* en *Penicillium expansum* y *Botrytis cinérea* observó daños en la MC y PC (figura 19).

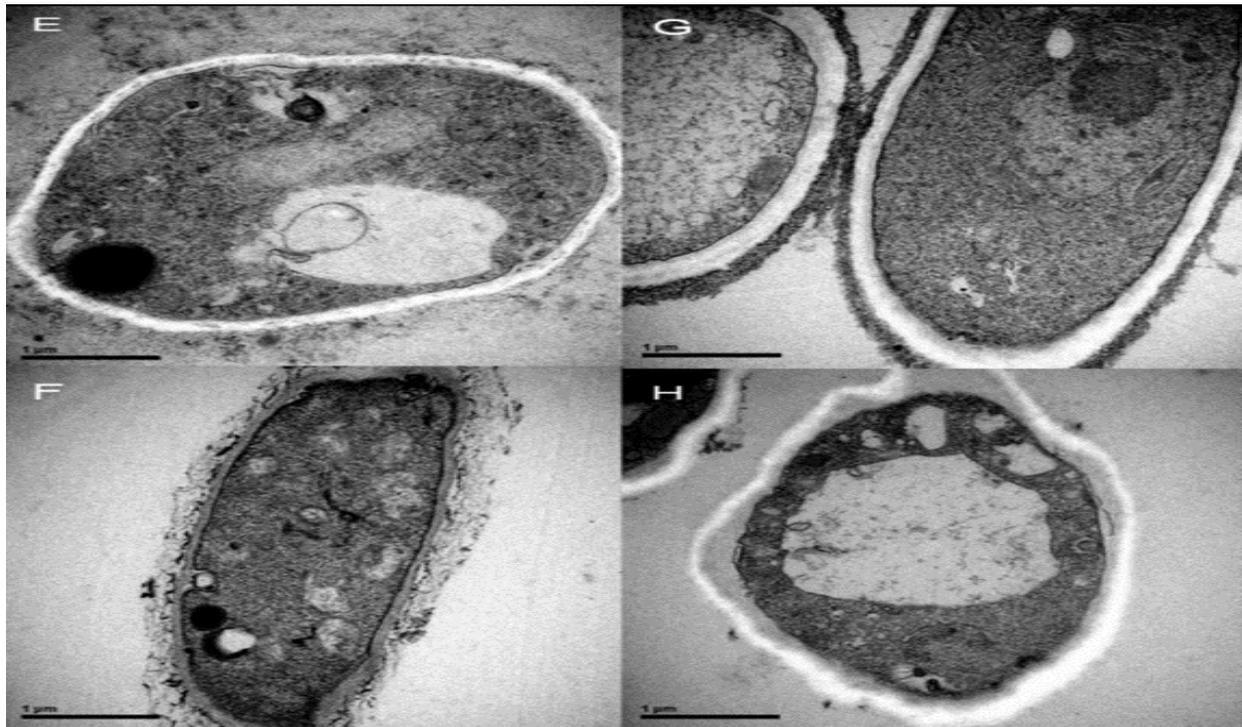


Figura 19: TEM de la morfología de la estructura celular de *B. cinerea* (E) control; (F) expuesta al aceite de *Melaleuca alternifolia*; TEM de la morfología de la estructura celular de *P. expansum* (G) control; (H) expuesta al aceite de *Melaleuca alternifolia* (Li et al., 2017)

Con la especie *Colletotrichum nymphaeae* frente a *Allium sativum* y *Rosmarinus officinalis* hubo un colapso celular y pérdida de citoplasma (Hosseini et al.,2020). También, con el AE *Achillea millefolium*, *Ferula kuma* y *Mentha longifolia* se observó similares alteraciones celulares con el mismo fitopatógeno (Hossenini et al.,2020). Concordando con los estudios de Li et al. (2017) donde el AE de *Allium sativum* generó daños irreversibles a la pared celular, membrana celular y las orgánelas celulares.

V.CONCLUSIONES

- Se concluye que, los aceites esenciales están constituidos por la mezcla de sustancias volátiles orgánicas como terpenos y fenoles, siendo sus principales componentes el eugenol, timol, carvacrol, eucaliptol y el terpeno-4-ol los cuales pueden variar dependiendo de la planta utilizada o familia a la cual esta pertenezca.
- Se concluye, que los aceites esenciales generan daños en la estructura morfológica de los hongos fitopatógenos. A nivel de hifas los efectos más comunes son: alteración de la linealidad de la estructura mediante la formación de arrugas, verrugas, depresiones, aplanamientos, inflamaciones, descamaciones y cráteres. Además, disminución del volumen, fragmentación y colapso. Por otro lado, a nivel micelial; arrugas, hinchamiento, disminución de volumen hasta encogerse y colapsar.
- Se concluye, que los aceites esenciales generan daños irreversibles en la estructura celular de los hongos fitopatógenos. A nivel de la pared celular los efectos más comunes son: fragmentación o rotura del cuerpo de la pared y su desprendimiento de la membrana celular. A nivel de la membrana celular, disminución de la síntesis del ergosterol, fragmentación de la estructura y derrame citoplasmático. A nivel de orgánelas celulares, como vacuolas y mitocondrias; deformación, aumento del tamaño o fusión. Finalmente, se genera la muerte de la célula fúngica.

VI.RECOMENDACIONES

- Realizar investigaciones con plantas que pertenecen a las familias tales como: Asteraceae, Amaryllidaceae, Illiciaceae, Gramíneas, Rutaceae y Verbenaceae. Debido a que se encontraron pocos estudios en esta revisión, excluyendo a especies en peligro de extinción, a fin de aumentar el conocimiento científico relacionado a esta temática.
- Realizar evaluaciones que determinen la actividad antifúngica de los aceites esenciales obtenidos de una misma especie de planta, cultivada en diferentes medios, a fin de conocer la posible variación de su composición química y daños que pueda causar a los fitopatógenos.
- Realizar estudios in vivo de la acción antifúngica de los aceites esenciales combinando su aplicación con nuevas tecnologías para poder potenciar su efecto inhibitor.

REFERENCIAS

1. AKOMEA, Issac [et al]. Health risks due to consumption of pesticides in ready-to-eat vegetables (salads) in Kumasi, Ghana. *The International Journal of Food Contamination* [en línea]. 25 de julio 2017, Vol. 4, n.º 13. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s40550-017-0058-6> ISSN: 2196-2804
2. AMBINDEI, Wilson [et al]. Effect of the essential oils of *Thymus vulgaris*, *Cinnamomum zeylanicum* and *Mentha piperita* on fungal growth and morphology. *African journal of biotechnology*. [en línea]. Marzo del 2017. Vol. 16. n.º9. [Fecha de consulta: 16 de agosto 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.5897/AJB2017.15881> ISSN: 1684-5315
3. AN, Peipei [et al]. α -terpineol and terpen-4-ol, the critical components of tea tree oil, exert antifungal activities in vitro and in vivo against *Aspergillus niger* in grapes by inducing morphous damage and metabolic changes of fungus. *Food Control*. [en línea]. Abril del 2019. Vol. 98. [Fecha de consulta: 29 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.013> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713518305504>) ISSN 0956-7135
4. ANDRÉS, María Fe [et al]. Nematicidal activity of essential oils: a review. *Phytochemistry Reviews* [en línea]. 8 de noviembre 2012, Vol.11. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9263-3> ISSN: 1568-7767

5. BABAR, Alí [et al]. Essential oils used in aromatherapy, A systemic review. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* [en línea]. Julio del 2015. Vol 5. n.º8. [Fecha de consulta: 8 de Julio del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007> ISSN: 22211691

6. BASAID Khadija [et al]. Biological activities of essential oils and lipopeptides applied to control plant pests and diseases: a review. *International Journal of Pest Management*. [en línea]. 8 de enero del 2020. Vol. 23. n.º4. [Fecha de consulta: 2 de Julio del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1707327> ISSN: 0967-0874

7. BILAL Muhammad, HAFIZ M. y BARCELÓ Damiá, Persistence of pesticides-based contaminants in the environment and their effective degradation using laccase-assisted biocatalytic systems. *Science of The Total Environment* [en línea]. 13 de agosto de 2019, Vol. 695. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133896> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971933846X?via%3Dihub>) ISSN; 0048-9697

8. BRANDÃO, Rafaela [et al]. Antifungal and antimycotoxigenic effect of the essential oil of *Eremanthus erythropappus* on three different *Aspergillus* species. *Flavour and fragrance journal* [en línea]. 1 de junio de 2020, Vol. 35. n.º 5. [Fecha de consulta: 17 de agosto del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ffj.3588> ISSN: 1099-1026

9. BUCKLE Jane. Clinical Aromatherapy [en línea]. *Churchill Livingstone*. 2015. [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2020]. Capítulo 3. Basic Plant Taxonomy, Basic Essential

Oil Chemistry, Extraction, Biosynthesis, and Analysis. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-5440-2.00003-6> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780702054402000036>) ISBN: 9780702054402

10. BUSH Antonio y AMECHI Mauriell. Conducting and presenting qualitative research in pharmacy education. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning* [en línea]. Junio 2019, Vol. 11, n°6. [Fecha de consulta: 26 de abril 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2019.02.030> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877129718302016>) ISSN: 1877-1297
11. BYOMKESH Talukder [et al]. Towards Complexity of Agricultural Sustainability Assessment: Main Issues and Concerns. *Environmental and Sustainability Indicators* [en línea] .29 de abril 2020, Vol. 6. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100038> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972720300209>) ISSN: 2665-9727
12. CASTRO, Juliana [et al]. Bioactivity of essential oils in the control of *Alternaria alternata* in dragon fruit (*Hylocereus undatus* Haw.). *Industrial Crops and Products*. [en línea]. Marzo del 2017. Vol. 97. [Fecha de consulta: 31 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.007> ISSN 0926-6690
13. CHEN, Chuan-Jiao [et al]. Efficacy and mechanism of *Mentha haplocalyx* and *Schizonepeta tenuifolia* essential oils on the inhibition of *Panax notoginseng* pathogens. *Industrial Crops and Products*. Marzo del 2020. Vol. 145. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112073>.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669019310830>) ISSN: 0926-6690

14. CHOUHAN, Sonam, SHARMA, Kanika y SANJAY Guleria. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils - Present Status and Future Perspectives. *Medicines*. [en línea]. 8 de agosto del 2017. Vol. 4. n.º4. [Fecha de consulta: 10 de setiembre del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.3390/medicines4030058> ISSN: 2305-6320
15. CLASEN Barbara, MURUSSI Camila y STORCK Tamiris. Pollution of Water Bodies in Latin America Impact of Contaminants on Species of Ecological Interest [en línea]. Cham: Springer, 21 de noviembre 2019. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020]. Capítulo 3. Pesticide Contamination in Southern Brazil. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-030-27296-8_3 ISBN: 978-3-030-27296-8
16. COLOSIO Claudio, RUBINO Federico y MORETTO Angelo. International Encyclopedia of Public Health 2º ed [en línea]. Oxford: Academic Press, Vol. 5, nº2, 2017. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803678-5.003295>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128036785003295>) ISBN: 9780128037089
17. Concytec. Resolución de Presidencia N° 215-2018-CONCYTEC-P “Formalizan la aprobación del “Reglamento de Calificación, Clasificación y Registro de los Investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - SINACYT”. Publicado el 25 de noviembre de 2018. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/formalizan-la-aprobacion-del-reglamento-de-calificacion-cl-resolucion-n-215-2018-concytec-p-1716352-1>

18. CORTÉS, Juan [et al]. The fungal cell wall as a target for the development of new antifungal therapies. *Biotechnology Advances* [en línea]. 1 noviembre 2019, Vol. 37, n°6. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.02.008>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975019300278>) ISSN: 0734-9750
19. D'AGOSTINO, Maurine [et al]. Essential Oils and Their Natural Active Compounds Presenting Antifungal Properties. *Molecules* [en línea]. 15 de octubre 2019. Vol. 24, n° 20. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.3390/molecules24203713> ISSN: 1420-3049
20. DA SILVA, Paula [et al]. Essential oils from *Eucalyptus staigeriana* F. Muell. ex Bailey and *Eucalyptus urograndis* W. Hill ex Maiden associated to carboxymethylcellulose coating for the control of *Botrytis cinerea* Pers. Fr. and *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb:Fr.) Vuill. in strawberries. *Industrial Crops and Products*. [en línea]. 25 de agosto de 2020. Vol. 156. [Fecha de consulta: 1 de septiembre del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112884>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669020308013>) ISSN: 0926-6690
21. DA SILVA, Natália [et al]. Antifungal and antiaflatoxic activity of rosemary essential oil (*Rosmarinus officinalis* L.) against *Aspergillus flavus*. *Journal Food Additives & Contaminants: Part A*. [en línea]. 23 de octubre del 2019. Vol 37. n.º 1. [Fecha de consulta: 14 de agosto 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1678771> ISSN: 0265-203X
22. DA SILVA, Natália [et al]. Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by *Rosmarinus officinalis* L. essential oil in *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg. *Food Chemistry* [en línea]. 1 de enero del 2015. Vol 166. [Fecha de consulta: 22 de

agosto 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.019> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614009054>) ISSN: 0308-8146

23. DANZI, Donatella [et al]. Effectiveness of essential oil extracted from pompia leaves against *Penicillium digitatum*. *Journal of the science of food and agriculture* [en línea]. 23 de marzo del 2020. Vol. 100. n.º 9. [Fecha de consulta: 29 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1002/jsfa.10394> ISSN:1097-0010
24. DEEPA, Nagaraju y SREEN Marikunte, New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. *Elsevier* [en línea]. University of Mysore, India: Jay Shankar Singh, D.P. Singh, 2019. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020]. Capítulo 13. Biocontrol Strategies for Effective Management of Phytopathogenic Fungi Associated With Cereals. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64191-5.000134>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641915000134>) ISBN: 9780444641915
25. DIÁNEZ, Fernando., [et al], Screening of antifungal activity of 12 essential oils against eight pathogenic fungi of vegetables and mushroom. *Letters in Applied Microbiology* [en línea]. 19 de Julio de 2018. Vol 67. [Fecha de consulta: 5 de junio del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1111/lam.13053> ISSN: 0266-8254
26. DOEHLEMANN, Gunther [et al]. Plant Pathogenic Fungi. *Microbiology spectrum* [en línea]. 27 de enero de 2017, Vol 5, nº1. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0023-2016> ISSN: 2165-0497
27. EBADOLLAHI Asgar y SENDI Jalal. A review on recent research results on bio-effects of plant essential oils against major Coleopteran insect pests. *Toxin Reviews* [en

línea]. 25 de mayo del 2015. Vol. 34. n.º2. [Fecha de consulta: 13 de agosto del 2020]
Disponible en <http://dx.doi.org/10.3109/15569543.2015.1023956> ISSN: 1556-9551

28. EDGAR, Thomas, MANZ David. Research Methods for Cyber Security 1ra Edition. [en línea]. Syngress 21 abril 2017. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2020]. Capítulo 3. Starting Your Research Disponible en <https://www.elsevier.com/books/research-methods-for-cyber-security/edgar/978-0-12-805349-2> ISBN: 9780128129302

29. ENDELANI, Gershom [et al]. Recuperating dynamism in agriculture through adoption of sustainable agricultural technology - Implications for cleaner production. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 20 de septiembre 2019, Vol. 232. [Fecha de consulta: 2 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.366> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619319080>) ISSN: 0959-6526

30. ERMAKOVA, Elena, ZUEV, Yuriy. Effect of ergosterol on the fungal membrane properties. All-atom and coarse-grained molecular dynamics study. *Chemistry and Physics of Lipids* [en línea]. diciembre 2017, Vol. 209. [Fecha de consulta: 2 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2017.11.006> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009308417301482>) ISSN: 0009-3084

31. FARZANEH, Mohsen [et al]. Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology* [en línea]. Vol.109,13 de julio de 2015. [Fecha de consulta: 1 de junio 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.014> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521415300442>) ISSN: 0925-5214

32. FERREIRA Darlan. Formulation of botanicals for the control of plant-pathogens: A review. *Crop Protection* [en línea]. Agosto 2018, Vol.110. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.04.003> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219418300942>) ISSN: 0261-2194
33. FESEL, Philipp, ZUCCARO, Alga. β -glucan: Crucial component of the fungal cell wall and elusive MAMP in plants. *Fungal Genetics and Biology* [en línea]. Mayo 2016, Vol. 90. [Fecha de consulta: 12 de junio del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fgb.2015.12.004> <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1087184515300529> ISSN: 1087-1845
34. FLOCH, Carine [et al]. Indicators of pesticide contamination: Soil enzyme compared to functional diversity of bacterial communities via Biolog® Ecoplates. *European Journal of Soil Biology* [en línea]. 1 de Julio 2011, Vol. 47, n.º 4. [Fecha de consulta: 30 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.05.007> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556311000458>) ISSN: 1164-5563
35. FOLQUITTO, Daniela [et al] Biological activity, phytochemistry and traditional uses of genus *Lobelia* (*Campanulaceae*): A systematic review. *Fitoterapia* [en línea]. Vol. 134, 18 de enero del 2019. [Fecha de consulta: 5 de junio 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.12.021>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367326X1831596X>) ISSN: 0367-326X

36. FOMETU, Sandra [et al]. Essential Oils and their applications-A mini review. *Advances in Nutrition and Food Science*. [en línea]. 6 de octubre del 2019. Vol. 4. n.º4. [Fecha de consulta: 5 de setiembre del 2020] Disponible en https://www.researchgate.net/publication/336305801_Essential_Oils_and_their_applications-A_mini_review ISSN: 2572-5971
37. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO y International Water Management Institute on behalf of the Water Land and Ecosystems. IWMI Water pollution from agriculture: a global review [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020]. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i7754e.pdf>
38. GAMBOA, Liliana. Análisis documental de la importancia de la gestión del conocimiento para la cultura de la investigación en las instituciones educativas. Tesis (Maestría en educación). Bogota, Colombia: universidad pedagógica nacional. 2016, 116 pp. disponible en: <http://repositorio.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1016/TO-19593.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
39. GUERRERO, María. La investigación cualitativa. *INNOVA Research Journal* [en línea]. Febrero 2016, Vol 1, n.º 2. [Fecha de consulta: 8 de junio del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.33890/innova.v1.n2.2016.7> ISSN: 2477-9024

40. GHORBANPOUR Mansour VARMA Ajit. Medicinal Plants and Environmental Challenges. *Springer International Publishing* [en línea]. Agosto 2017 [Fecha de consulta: 28 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68717-9> (<https://www.springer.com/gp/book/9783319687162>) ISBN: 978-3-319-68717-9
41. GRANEHEIM, Ulla, LINDGREN, Britt-Marie y LUNDMAN, Berit. Methodological challenges in qualitative content analysis: A discussion paper. *Nurse Education Today* [en línea]. setiembre 2017, n° 56. [Fecha de consulta: 26 de abril 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2017.06.002>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260691717301429>) ISSN: 02606917
42. HE, Jingliu [et al]. Efficacy and Mechanism of Cinnamon Essential Oil on Inhibition of *Colletotrichum acutatum* Isolated From 'Hongyang' Kiwifruit. *Frontiers of microbiology*. [en línea]. 18 de junio del 2018. Vol. 9. n.º1288. [Fecha de consulta: 28 de agosto 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01288> ISSN: 1664302X
43. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. *McGraw Hill*, abril 2014. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2020]. Capítulo 15. Diseños del proceso de investigación cualitativa. Disponible en <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf> ISBN: 978-1-4562-2396-0
44. HESHAM, Rassem, ABDURAHMAN, Nour, ROSLI, Yunus. Techniques for Extraction of Essential Oils From Plants: A Review. *Australian journal of basic and applied sciences* [en línea]. Noviembre 2016, Vol. 10. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020]. Disponible en <http://www.8qdots.com/search/hemp->

[processing/pages/techniques-for-extraction-essential-oils-from-plants-001.htm](https://doi.org/10.1080/23098414.2014.941111)

ISSN: 2309-8414

45. HOLM FREIESLEBEN Sara, JÄGER Anna. Correlation between Plant Secondary Metabolites and Their Antifungal Mechanisms—A Review. *Medicinal & Aromatic Plants* [en línea]. 2014, Vol 3, n.º 2. [Fecha de consulta: 16 de Junio del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.4172/2167-0412.1000154> ISSN: 2167-0412
46. HOSSEINI, Somaieh [et al]. Preharvest and Postharvest Application of Garlic and Rosemary Essential Oils for Controlling Anthracnose and Quality Assessment of Strawberry Fruit During Cold Storage. *Frontiers of microbiology*. [en línea]. 14 de agosto del 2020. Vol.11. n.º1855. [Fecha de consulta: 30 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01855> ISSN: 1664302X
47. HOSSENI, Somaieh [et al]. Management of Strawberry Anthracnose Using Plant Essential Oils as Bio-fungicides, and Evaluation of Their Effects on Quality of Strawberry Fruit. *Journal of Oleo Science*. [en línea]. 21 de enero del 2020. Vol. 69. n.º4. [Fecha de consulta: 30 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.5650/jos.ess19119> ISSN: 1347-3352
48. HOU, Huiyu [et al]. Effects of *Origanum vulgare* essential oil and its two main components, carvacrol and thymol, on the plant pathogen *Botrytis cinerea*. *Journal of Biochemistry, Biophysics & Molecular Biology*. [en línea]. 14 de agosto del 2020. Vol 8. [Fecha de consulta: 28 de agosto del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.7717/peerj.9626> ISSN: 2575-5862

49. HU, Fei [et al]. Comparison of antifungal activity of essential oils from different plants against three fungi. *Food and Chemical Toxicology* [en línea]. 15 de setiembre de 2019, Vol.134. [Fecha de consulta: 2 de mayo 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.110821>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691519306118>) ISSN: 0278-6915
50. JIMÉNEZ, María [et al]. Natural compounds: a sustainable alternative to the phytopathogens control. *Journal of the Chilean Chemical Society* [en línea]. Junio 2019, vol.64, n.º2. [Fecha de consulta: 15 mayo de 2020]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-97072019000204459>
(https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071797072019000204459&lng=es&nrm=iso) ISSN: 0717-9707
51. KALAGATUR, Naveen [et al]. Antagonistic activity of *Ocimum sanctum L.* essential oil on growth and zearalenone production by *Fusarium graminearum* in maize grains. *Frontiers of microbiology*. [en línea]. 3 de setiembre del 2015. Vol. 6. [Fecha de consulta: 3 de septiembre del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00892> ISSN: 1664302X
52. KEDIA, Bhanu [et al]. *Trachyspermum ammi L.* essential oil as plant-based preservative in food system. *Industrial Crops and Products* [en línea]. Julio de 2015, Vol. 69. [Fecha de consulta: 17 de agosto del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.013>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015001089>) ISSN: 0926-6690

53. KHAYYAT, Suzan, y ROSELIN Selva. Recent progress in photochemical reaction on main components of some essential oils. *Journal of Saudi Chemical Society* [en línea]. Noviembre 2018, Vol. 22, n.º7. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2018.01.008> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319610318300164>) ISSN: 1319-6103
54. KIM, Jeong-Eun [et al]. Fumigant Antifungal Activity via Reactive Oxygen Species of *Thymus vulgaris* and *Satureja hortensis* Essential Oils and Constituents against *Raffaelea quercus-mongolicae* and *Rhizoctonia solani*. *Biomolecules*. [en línea]. 3 de octubre de 2019. Vol. 9. n.º561 [Fecha de consulta: 28 de agosto 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/biom9100561> ISSN: 2218-273X
55. KONG, Qian [et al]. Antifungal mechanisms of α -terpineol and terpene-4-alcohol as the critical components of *Melaleuca alternifolia* oil in the inhibition of rot disease caused by *Aspergillus ochraceus* in postharvest grapes. *Journal of applied microbiology*. [en línea]. 5 de enero del 2019. Vol. 126. n.º4. [Fecha de consulta: 27 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1111/jam.14193> ISSN: 1365-2672
56. KUMAR, Kalagatur [et al]. Role of *Curcuma longa* L. essential oil in controlling the growth and zearalenone production of *Fusarium graminearum*. WT - Food Science and Technology. [en línea]. Junio del 2016. Vol. 69 [Fecha de consulta: 28 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.005> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643816300846>) ISSN: 0023-6438

57. LANGENBACH, Tomás [et al]. Pesticide dispersion by spraying under tropical conditions. *Journal of Environmental Science and Health* [en línea]. 26 de septiembre 2017, Vol 52, n° 12. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi:10.1080/03601234.2017.1359040> ISSN: 10934529
58. LEHMANN, Anika, [et al]. Tradeoffs in hyphal traits determine mycelium architecture in saprobic fungi. *Scientific Reports* [en línea]. 02 de octubre 2019, Vol 9, n° 14152. [Fecha de consulta: 6 de junio del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50565-7> ISSN: 2045-2322
59. LI, Yanjun [et al]. *Illicium verum* essential oil, a potential natural fumigant in preservation of lotus seeds from fungal contamination. *Food and Chemical Toxicology* [en línea]. Julio 2020, Vol. 141. [Fecha de consulta: 16 de agosto del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111347>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278691520302350>) ISSN: 0278-6915
60. LI, Wen-Ru [et al]. Antifungal activity, kinetics and molecular mechanism of action of garlic oil against *Candida albicans*. *Scientific Reports*. [en línea]. 7 de marzo del 2016. Vol. 6. [Fecha de consulta: 6 de Agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1038/srep22805> ISSN: 2045-2322
61. LI, Yonghua [et al]. Tea tree oil exhibits antifungal activity against *Botrytis cinerea* by affecting mitochondria. *Food Chemistry*. [en línea]. 1 de noviembre del 2017. Vol. 234. [Fecha de consulta: 8 de setiembre del 2020] Disponible en doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.172>

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814617307513>) ISSN:
0308-8146

62. LIU, Lina [et al]. Mitigation of environmental pollution by genetically engineered bacteria—Current challenges and future perspectives. *Science of The Total Environment* [en línea]. 1 de junio de 2019, Vol.667. [Fecha de consulta: 3 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.390>. (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719308988>) ISSN:
0048-9697
63. MAHADAGDE, Prasanna y BHARGAVA, Rahu. Techniques Available for the Extraction of Essential Oils from Plants: A Review. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology* [en línea]. Marzo 2018 Vol. 6, n.º3. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.3643> ISSN: 2321-9653
64. MAHMOUDI, Esmail. Antifungal Effects of *Foeniculum vulgare* Mill. Herb Essential Oil on the Phenotypical Characterizations of *Alternaria alternata* Kessel. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants* [en línea]. 25 de abril 2017, Vol. 20, n.º2. [Fecha de consulta: 15 de agosto del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1284024> ISSN: 0972060X
65. MAHAJAN Mitali, KUIRY Raju, KUMAR Probir, Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* [en línea]. 28 de abril 2020. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100255>.

(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214786120300164>) ISSN:
2214-7861

66. MANDAL, Asit [et al]. Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation focuses on the latest research surrounding the detection and remediation of a new generation of agrochemical contaminants [en línea]. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2020. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020]. Capítulo 7. Impact of agrochemicals on soil health. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.000076>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081030172000076>) ISBN:
9780081030172
67. MARWA Abdel, TAMER Emam y ELSHERBINY An, Effects of mandarin (*Citrus reticulata*) peel essential oil as a natural antibiofilm agent against *Aspergillus niger* in onion bulbs. *Postharvest Biology and Technology* [en línea]. 17 de julio de 2019, Vol. 156. [Fecha de consulta: 3 mayo de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110959>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925521419302650>) ISSN:
0925-5214
68. MATERIĆ, Dušan [et al]. Methods in plant foliar volatile organic compounds research. *Applications in Plant Sciences* [en línea]. 15 de diciembre 2015, Vol. 3, n.º12. [Fecha de consulta: 11 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3732/apps.1500044> ISSN: 2168-0450
69. MISHRA Jitendra y KUMARARORA Naveen. Secondary metabolites of fluorescent pseudomonads in biocontrol of phytopathogens for sustainable agriculture. *Applied Soil Ecology* [en línea]. Abril 2018, Vol. 125. [Fecha de consulta: 24 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.12.004>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139317306017#>

ISSN: 0929-1393

70. MZIOUID.A [et al]. Antifungal activities of essential oil from Moroccan endemic *Anthemis tenuisecta* and seed emergence. *Materials Today: Proceedings*. [en línea]. 15 abril 2020, Vol. 27, nº4. [Fecha de consulta: 1 de mayo de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.03.686>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320324688>) ISSN: 2214-7853
71. NAZZARO, Filomena [et al]. Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals*. [en línea]. 2 de noviembre del 2017. Vol. 10. n.º84. [Fecha de consulta: 10 de Julio del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.3390/ph10040086> ISSN: 1424-8247
72. OLIVEIRA, Rodrigo [et al]. Cellular, physiological, and molecular approaches to investigate the antifungal and anti-aflatoxic effects of thyme essential oil on *Aspergillus flavus*. *Food Chemistry*. [en línea]. 15 de junio del 2020. Vol. 315. [Fecha de consulta: 28 de agosto 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126096>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814619322472>) ISSN: 0308-8146
73. OLIVEIRA, Jhones [et al]. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose. *International Journal of Food Microbiology*. [en línea]. 2 de marzo de 2019. Vol. 292 [Fecha de consulta: 30 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.014>
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423818305843>) ISSN: 0168-1605

74. OMAR, Mohamed y KORDALI, Saban. Review of Essential Oils as Antifungal Agents for Plant Fungal Diseases. *SDU Journal of the Faculty of Agriculture / SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* [en línea]. 9 de diciembre de 2019, Vol.14, n°2. [Fecha de consulta: 2 mayo de 2020]. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=141446214&lang=es&site=ehost-live> ISSN: 1304-9984
75. PALFI, Marina [et al]. Influence of essential oils on phytopathogenic fungi. *Agriculture*. [en línea]. 1 de enero del 2019. Vol. 25. n.º1 [Fecha de consulta: 7 de Julio del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.18047/poljo.25.1.5> ISSN 1848-8080
76. PERCZAK, Adam [et al]. Antifungal activity of selected essential oils against *Fusarium culmorum* and *F. graminearum* and their secondary metabolites in wheat seeds. *Archives Microbiol* [en línea]. 23 de mayo 2019, Vol 8. [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00203-019-01673-5> ISSN: 0302-8933
77. PERNEZNY, Ken [et al]. Guidelines for Identification and Management of Plant Disease Problems: Part II. Diagnosing Plant Diseases Caused by Fungi, Bacteria and Viruses. *Electronic Data Information Source - University of Florida* [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2020]. Disponible en <https://edis.ifas.ufl.edu/mg442>
78. RACHITHA, Paul [et al]. Growth inhibition and morphological alteration of *Fusarium sporotrichioides* by *Mentha piperita* essential oil. *Journal of Pharmacognosy and Natural Products* [en línea]. Setiembre 2017, Vol. 9, n.º 1. [Fecha de consulta: 1 de septiembre del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.4103/0974-8490.199771> ISSN: 2472-0992

79. RAVEAU, Robin, FONTAINE, Joël y LOUNÈS-HADJ, Anissa. Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds: A Review. *Foods* [en línea]. 21 marzo 2020, Vol. 9, n°3. [Fecha de consulta: 17 abril de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/foods9030365> ISSN: 2304-8158
80. REDONDO, Saúl [et al]. Plant Phytochemicals in Food Preservation: Antifungal Bioactivity: A Review. *Journal of Food Protection* [en línea]. 1 enero de 2020, Vol. 83, n° 1. [Fecha de consulta: 21 abril de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-19-163> ISSN 163–171 ISSN: 0362-028X
81. RIBERA, Alejandra y ZUNIGA, Gonzalo. Induced plant secondary metabolites for phytopatogenic fungi control: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* [en línea]. Enero 2012, vol.12, n°.4 [Fecha de consulta: 21 abril de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162012005000040>. (https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162012000400020&lng=es&nrm=iso) ISSN: 0718-9516
82. RÍOS, José Luis. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety. [en línea]. *Oxford: Academic Press*, 2016 [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2020]. Capítulo 1 Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124166417000018>) ISBN: 9780124166417
83. RÍOS, Ismael y SALAZAR, Augusto. Sustainable Agriculture: Technology, Planning and Management [en línea] *New York: Nova Science Publishers*, 2010. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2020]. Disponible en

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=339877&lang=es&site=eds-live> ISBN:9781608762699

84. RODRÍGUEZ Asael, Antifungal activity of Mexican endemic plants on agricultural phytopathogens: a review. *International Engineering Congress* [en línea]. Octubre de 2018 [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/CONIIN.2018.8489793>
(<https://ieeexplore.ieee.org/document/8489793/authors#authors>)
ISBN: 9781538670187
85. ROUABHI, Rachid. Introduction and Toxicology of Fungicides. Fungicides, Edition [en línea]. Boston: *Odile Carisse*, 14 de diciembre 2010. [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2020]. Capítulo 18 Fungicides. Disponible en <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2099.9125> ISBN: 978-953-51-4540-0
86. SAADATI, Naghmeh [et al]. Distribution and fate of HCH isomers and DDT metabolites in a tropical environment—case study Cameron Highlands—Malaysia. *Chemistry Central journal* [en línea]. noviembre 2012, Vol. 6. [Fecha de consulta: 26 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1186/1752-153X-6-130> ISSN: 1752-153X
87. SARATHAMBAL, Chinnathambi, RAJAGOPAL, Sivaranjani Y VISWANATHAN, Rona. Mechanism of antioxidant and antifungal properties of *Pimenta dioica* (L.) leaf essential oil on *Aspergillus flavus*. *Journal of Food Science and Technology*. [en línea]. 7 de agosto del 2020. [Fecha de consulta: 28 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04756-0> ISSN: 2472-6419
88. SAROJ, Arvin [et al] *Natural Remedies for Pest, Disease and Weed Control* [en línea]. Chukwuebuka Egbuna, Barbara Sawicka, *Academic Press*, 2020. [Fecha de

consulta: 19 abril de 2020]. Capítulo 6. Phytochemicals of Plant-Derived Essential Oils: A Novel Green Approach Against Pests. Disponible en <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-8193044.000063> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128193044000063>) ISBN 9780128193044

89. SIVAKUMAR, Dharini y BAUTISTA, Silvia. A review on the use of essential oils for postharvest decay control and maintenance of fruit quality during storage. *Crop Protection* [en línea]. octubre 2014, Vol. 64. [Fecha de consulta: 6 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.05.012> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261219414001756>) ISSN: 0261-2194
90. SHARMA, Abhishek [et al]. Antifungal activities of selected essential oils against *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici 1322, with emphasis on *Syzygium aromaticum* essential oil. *Journal of Bioscience and Bioengineering* [en línea]. Marzo del 2017. Vol. 123. n.º 3. [Fecha de consulta: 29 de agosto del 2020] Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.09.011> ISSN: 1389-1723
91. SUN, Shixian [et al]. Pesticide Pollution in Agricultural Soils and Sustainable Remediation Methods: a Review. *Current Pollution Reports* [en línea]. 24 de mayo 2018, Vol. 3. [Fecha de consulta: 28 de abril del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0092-x> ISSN: 2198-6592
92. SURICO, Giuseppe. The concepts of plant pathogenicity, virulence/avirulence and effector proteins by a teacher of plant pathology. *Phytopathologia Mediterranea* [en línea]. 17 de noviembre 2013, Vol 52, nº 3. [Fecha de consulta: 4 mayo de 2020]. Disponible en https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-12077 ISSN: 1593-2095

93. TAMIL Nadu, Agricultural University TNAU. Plant Pathogens & Principles of Plant Pathology [en línea]. 27 Julio 2016. [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2020]. Capítulo 3 General Characters of fungi. Disponible en <https://www.agrimoon.com/plant-pathogens-principles-of-plant-pathology-pdf-book/>
94. TARIQ Aika [et al]. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug-resistant microbial pathogens. *Microbial Pathogenesis* [en línea]. 2019, Vol.134. [Fecha de consulta: 4 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103580> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0882401019304310>) ISSN: 0882-4010
95. TISSERAND Robert y YOUNG Rodney, Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals. [en línea] London: *Churchill Livingstone*, 2014 [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2020.] Capítulo 2. Essential oil composition. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/267029936_Essential_Oil_Safety_A_Guide_for_Health_Care_Professionals_Second_Edition ISBN-10: 0443062412
96. WANG, Bi [et al]. Antifungal activity of zedoary turmeric oil against *Phytophthora capsici* through damaging cell membrane. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. [en línea]. Setiembre del 2019. Vol. 159 [Fecha de consulta: 30 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.05.014> (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004835751930121X>) ISSN: 0048-3575

97. WANG, Dan [et al]. Antifungal Effects and Potential Mechanism of Essential Oils on *Collelotrichum gloeosporioides* In Vitro and In Vivo. *Molecules* [en línea]. 18 de setiembre 2019. Vol. 24. n.º 18. Fecha de consulta: 26 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.3390/molecules24183386> ISSN: 1420-3049
98. WANG, Liquan [et al]. Antibacterial activity of *Litsea cubeba* essential oil and its mechanism against *Botrytis cinerea*. *RSC Advances*. [en línea]. 16 de setiembre del 2019. Vol 9. [Fecha de consulta: 29 de agosto 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C9RA05338G> ISSN: 2046-2069
99. WIMALAWANSA, Shehani y WIMALAWANSA, Sunil. Agrochemical-Related Environmental Pollution: Effects on Human Health. *Global Journal of Biology Agriculture & Health Sciences* [en línea]. Septiembre 2014, Vol. 3 [Fecha de consulta: 27 de abril del 2020]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/284805057_Agrochemical-Related_Environmental_Pollution_Effects_on_Human_Health ISSN: 2319- 5584
100. XING, Fuguo [et al]. Growth inhibition and morphological alterations of *Fusarium verticillioides* by cinnamon oil and cinnamaldehyde. *Food Control* [en línea]. 3 junio de 2014, Vol. 46. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.04.037>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713514002345>) ISSN: 0956-7135
101. XUEUAN, Ren [et al]. Effect of mint oil against *Botrytis Cinerea* on table grapes and its possible mechanism of action. *European Journal of Plant Pathology* [en línea]. 10 de noviembre 2017, Vol. 151. [Fecha de consulta: 20 de agosto del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10658-017-1375-6> ISSN: 1994-2020

102. YU, Dong [et al]. Antifungal modes of action of tea tree oil and its two characteristic components against *Botrytis cinerea*. *Journal of Applied Microbiology*. [en línea]. Noviembre del 2015. Vol. 119. n.º5. [Fecha de consulta: 22 de agosto del 2020] Disponible en <https://doi.org/10.1111/jam.12939> ISSN:1365-2672
103. YUAN-YING, Su & Ya-Lin, Qi & LEI, Cai. (2012). *Induction of sporulation in plant pathogenic fungi*. *Mycology* [en línea]. Agosto 2012, Vol. 3. [Fecha de consulta: 13 abril de 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21501203.2012.719042> ISSN: 2150-1203
104. ZAKER, Masoud. Natural Plant Products as Eco-friendly Fungicides for Plant Diseases Control: A Review. *The Agriculturists* [en línea]. 2016, Vol. 14, n.º134. [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2020]. Disponible en <https://doi.org/10.3329/agric.v14i1.29111> ISSN: 2304-7321
105. ZHANG, Wenjun, JIANG, Fubin y OU, Jianfeng. Global pesticide consumption and pollution: With China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* [en línea]. Agosto 2011 [Fecha de consulta: 1 de mayo del 2020]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/228841853_Global_pesticide_consumption_and_pollution_With_China_as_a_focus ISSN: 2220-8860

ANEXOS

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 1 |
| TÍTULO: Antifungal Effects of <i>Foeniculum vulgare</i> Mill. Herb Essential Oil on the Phenotypical Characterizations of <i>Alternaria alternata</i> Kessel. | | |
| AUTOR (ES): Mahmoudi | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2017) | |

| | |
|--|---|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: <i>Web of Science</i> |
|--|---|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1284024 |
| FAMILIA: | Apiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Foeniculum vulgare</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Anetol</i> (29.80%) <i>Estragol</i> (23.05%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Alternaria alternata</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Hifa gravemente dañada |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 2 |
| TÍTULO: <i>Trachyspermum ammi</i> L. essential oil as plant based preservative in food system | | |
| AUTOR (ES): Kedia et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2015) | |

| | |
|---|-------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES : SCOPUS |
|---|-------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.013 |
| FAMILIA: | Apiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Trachyspermum ammi</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>cimeno</i> (76.27%) <i>timol</i> (13.30%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Aspergillus flavus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 3 |
| TÍTULO: Antifungal and antimycotoxigenic effect of the essential oil of <i>Eremanthus erythropappus</i> on three different <i>Aspergillus</i> species | | |
| AUTOR (ES): Brandão et.al | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|--|-------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES : SCOPUS |
|--|-------------------------------|

| | | | |
|---|---|---------------------------|------------------------------|
| Doi: | https://doi.org/10.1002/ffj.3588 | | |
| FAMILIA: | Asteraceae | | |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Eremanthus erythropappus</i> | | |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | α -bisabolol (98.853%) | | |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Aspergillus carbonarius</i> | <i>Aspergillus flavus</i> | <i>Aspergillus ochraceus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada | | |

| | | |
|---|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 4 |
| TÍTULO: <i>Illicium verum</i> essential oil, a potential natural fumigant in preservation of lotus seeds from fungal contamination | | |
| AUTOR (ES): Li, Yanjun et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|--|-------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES : SCOPUS |
|--|-------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111347 |
| FAMILIA: | Illiciaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Illicium verum</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>anetol (91.32%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Aspergillus flavus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 5 |
| TÍTULO: Effect of mint oil against <i>Botrytis cinerea</i> on table grapes and its possible mechanism of action | | |
| AUTOR (ES): Xueuan et.al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2017) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1007/s10658-017-1375-6 |
| FAMILIA: | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Mentha</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>ciclohexanol 39,79%</i> <i>ciclohexanona 22,24%</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Botrytis cinerea</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Muerte celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 6 |
| TÍTULO: Efficacy and mechanism of <i>Mentha haplocalyx</i> and <i>Schizonepeta tenuifolia</i> essential oils on the inhibition of <i>Panax notoginseng</i> pathogens | | |
| AUTOR (ES): Chen, et al. | PARTICIPANTES: (2020) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112073 |
| FAMILIA: | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Mentha haplocalyx</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>D- carvona</i> (29,71%) <i>D-limoneno</i> (7,86%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Fusarium oxysporum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación micelial |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|---|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 7 |
| TÍTULO: Growth Inhibition and Morphological Alteration of <i>Fusarium sporotrichioides</i> by <i>Mentha piperita</i> Essential Oil | | |
| AUTOR (ES): Rachitha et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2017) | |

| | |
|--|--------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: ProQuest |
|--|--------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | 10.4103/0974-8490.199771 |
| FAMILIA : | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL : | <i>Mentha piperita</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE : | <i>Mentol</i> (24.96 %) <i>l-mentona</i> (22.18 %) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Fusarium sporotrichioides</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Muerte celular |

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 8 |
| TÍTULO: Antagonistic activity of <i>Ocimum sanctum</i> L. essential oil on growth and zearalenone production by <i>Fusarium graminearum</i> in maize grains | | |
| AUTOR (ES): Kalagatur et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2015) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00892 |
| FAMILIA : | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Ocimum sanctum</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE : | eugenol (34.7%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Fusarium graminearum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|--|---------------------------------------|----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 9 |
| TÍTULO: Effects of <i>Origanum vulgare</i> essential oil and its two main components, carvacrol and thymol, on the plant pathogen <i>Botrytis cinerea</i> | | |
| AUTOR (ES): Hou et al. | PARTICIPANTES: (2020) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.7717/peerj.9626 |
| FAMILIA : | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL : | <i>Origanum vulgare</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>carvacrol (89.98%), timol (2.39%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Botrytis cinerea</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 10 |
| TÍTULO: Antifungal and antiaflatoxic activity of rosemary essential oil (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) against <i>Aspergillus flavus</i> | | |
| AUTOR (ES): Da Silva et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1080/19440049.2019.1678771 |
| FAMILIA: | <i>Lamiaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Rosmarinus officinalis</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>eucaliptol (52.2%)</i> <i>alcanfor (15.2%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Aspergillus flavus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 11 |
| TÍTULO: Antifungal activity and inhibition of fumonisin production by <i>Rosmarinus officinalis</i> L. essential oil in <i>Fusarium verticillioides</i> (Sacc.) Nirenberg | | |
| AUTOR (ES): Da Silva et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2015) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.019 |
| FAMILIA: | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Rosmarinus officinalis</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>eucaliptol</i> (52.2%) <i>alcanfor</i> (15.2%) <i>α-pineno</i> (12.4%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Fusarium verticillioides</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación micelial |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 12 |
| TÍTULO: Fumigant Antifungal Activity via Reactive Oxygen species of <i>Thymus vulgaris</i> and <i>Satureja hortensis</i> essential Oils and Constituents against <i>Raffaelea quercus-mongolicae</i> and <i>Rhizoctonia solani</i> | | |
| AUTOR (ES): Kim et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|--|------------------------------|

| | | |
|---|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.3390/biom9100561 | |
| FAMILIA: | Lamiaceae | |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Satureja hortensis</i> | <i>Thymus vulgaris</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>carvacrol (39,84%)</i> <i>γ-terpineno (34,63%)</i> <i>p-cimeno (10,72%)</i> | <i>(2)p-cimeno (30,16%)</i> <i>timol (25,32%)</i> <i>γ-terpineno (11,44%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Raffaelea quercus-mongolicae</i> | |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular | |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 13 |
| TÍTULO: Cellular, physiological, and molecular approaches to investigate the antifungal and anti-aflatoxigenic effects of thyme essential oil on <i>Aspergillus flavus</i> | | |
| AUTOR (ES): Oliveira et.al | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126096 |
| FAMILIA: | Lamiaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Thymus vulgaris</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>timol (50,5%)</i> <i>p-cimeno (19,4%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Aspergillus flavus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 14 |
| TÍTULO: Efficacy and Mechanism of Cinnamon Essential Oil on Inhibition of <i>Colletotrichum acutatum</i> Isolated From 'Hongyang' Kiwifruit | | |
| AUTOR (ES): He et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01288 |
| FAMILIA: | Lauraceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Cinnamomum zeylanicum</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>cinamaldehído (86.16%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Colletotrichum acutatum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación micelial |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 15 |
| TÍTULO: Effect of the essential oils of <i>Thymus vulgaris</i>, <i>Cinnamomum zeylanicum</i> and <i>Mentha piperita</i> on fungal growth and morphology | | |
| AUTOR (ES): Ambindei et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2017) | |

| | |
|---|--------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: ProQuest |
|---|--------------------------------|

| | | |
|---|---|------------------------|
| Doi: | https://doi.org/10.5897/AJB2017.15881 | |
| FAMILIA : | Lauraceae | |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Cinnamomum zeylanicum B.</i> | |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Cariofileno (21.82%), Cinamaldehído (13.03%) Eugenol (12.5%)</i> | |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Rhizopus stolonifer</i> | <i>Rhizopus oryzae</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular | |

| | | |
|---|-----------------------------------|----|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 16 |
| TÍTULO: Antibacterial activity of <i>Litsea cubeba</i> essential oil and its mechanism against <i>Botrytis cinerea</i> | | |
| AUTOR (ES): Wang et.al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|---|--------------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: Web of Science |
|---|--------------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1039/C9RA05338G |
| FAMILIA: | Lauraceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Litsea cubeba</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>geranial</i> (35,24%), <i>neral</i> (33,63%) <i>limoneno</i> (9,05%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Botrytis cinerea</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 17 |
| TÍTULO: Essential oils from <i>Eucalyptus staigeriana</i> F. Muell. ex Bailey and <i>Eucalyptus urograndis</i> W. Hill ex Maiden associated to carboxymethylcellulose coating for the control of <i>Botrytis cinerea</i> Pers. Fr. and <i>Rhizopus stolonifer</i> (Ehrenb.: Fr.) Vuill. in strawberries | | |
| AUTOR (ES): Da Silva et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | | |
|---|---|----------------------------|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112884 | |
| FAMILIA: | Myrtaceae | |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Eucalipto staigeriana</i> | |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Limoneno</i> (14,93%) <i>Thujene</i> (11,22%) <i>Geranial</i> (8,34%) | |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Botrytis cinerea</i> | <i>Rhizopus stolonifer</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular | |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 18 |
| TÍTULO: Antifungal mechanisms of <i>α</i> -terpineol and <i>terpene-4-alcohol</i> as the critical components of <i>Melaleuca alternifolia</i> oil in the inhibition of rot disease caused by <i>Aspergillus ochraceus</i> in postharvest grapes | | |
| AUTOR (ES): Kong et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | |
|---|--|
| Doi: | https://doi.org/10.1111/jam.14193 |
| FAMILIA : | Myrtaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL : | <i>Melaleuca alternifolia</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>terpeno-4-ol</i> (34,95%) <i>3-Carene</i> (14,48%) <i>α</i> -terpineol (12,04%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Aspergillus ochraceus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Fragmentación |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 19 |
| TÍTULO: α -terpineol and terpene-4-ol, the critical components of tea tree oil, exert antifungal activities in vitro and in vivo against <i>Aspergillus niger</i> in grapes by inducing morphous damage and metabolic changes of fungus | | |
| AUTOR (ES): An et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2018) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.11.013 |
| FAMILIA: | Myrtaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Melaleuca alternifolia</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>terpeno-4-ol</i> (34,95%) <i>3-Careno</i> (14,48%) <i>α-terpineol</i> (12,04%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Aspergillus niger</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Fragmentación |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 20 |
| TÍTULO: Antifungal modes of action of tea tree oil and its two characteristic components against <i>Botrytis cinerea</i> | | |
| AUTOR (ES): Yu et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2015) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1111/jam.12939 |
| FAMILIA: | Myrtaceae |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Melaleuca alternifolia</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>terpeno-4-ol</i> (43.4%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Botrytis cinerea</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 21 |
| TÍTULO: Effects and possible mechanism of tea tree oil against <i>Botrytis cinerea</i> and <i>Penicillium expansum</i> in vitro and in vivo test | | |
| AUTOR (ES): Li et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2017) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | | |
|---|---|-----------------------------|
| Doi: | https://doi.org/10.1139/cjm-2016-0553 | |
| FAMILIA: | Myrtaceae | |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Melaleuca alternifolia</i> | |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE : | <i>erpinen-4-ol (50.3%)</i> <i>γ-terpinene (18.6%)</i> | |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Botrytis cinerea</i> | <i>Penicillium expansum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | Deformación micelial |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la pared y membrana celular | |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 22 |
| TÍTULO: Mechanism of antioxidant and antifungal properties of <i>Pimenta dioica</i> (L.) leaf essential oil on <i>Aspergillus flavus</i> | | |
| AUTOR (ES): Sarathambal, Rajagopal y Viswanathan | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1007/s13197-020-04756-0 |
| FAMILIA: | <i>Myrtaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Pimenta dioica</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>eugenol</i> (54 %) <i>mirreno</i> (16 %) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Aspergillus flavus</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la membrana celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 23 |
| TÍTULO: Antifungal Effects and Potential Mechanism of Essential Oils on <i>Collelotrichum gloeosporioides</i> In Vitro and In Vivo | | |
| AUTOR (ES): Wang et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.3390/molecules24183386 |
| FAMILIA : | <i>Myrtaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Syzygium aromaticum</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Eugenol</i> (78.95 %) <i>Eugenol acetato</i> (17.89 %) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Collelotrichum gloeosporioides</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Hifas gravemente dañadas |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 24 |
| TÍTULO: Antifungal activities of selected essential oils against <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. lycopersici 1322, with emphasis on <i>Syzygium aromaticum</i> essential oil | | |
| AUTOR (ES): Sharma et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2016) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2016.09.011 |
| FAMILIA: | <i>Myrtaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Syzygium aromaticum</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | Eugenol (75.41%) Cariofileno (15.11%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Fusarium oxysporum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Hifas gravemente dañadas |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daños de la membrana celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 25 |
| TÍTULO: Effectiveness of essential oil extracted from pompia leaves against <i>Penicillium digitatum</i> | | |
| AUTOR (ES): Danzi et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1002/jsfa.10394 |
| FAMILIA: | <i>Rutaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Citrus limon</i> variación pompia |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>limoneno</i> (24.38%) <i>acetato de linalilo</i> (17.81%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Penicillium digitatum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Hifas gravemente dañadas |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daño de la pared celular |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 26 |
| TÍTULO: Antifungal Control of <i>Rhizopus stolonifer</i> in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose | | |
| AUTOR (ES): Oliveira et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|--|---------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | NOMBRE DE FUENTE: SCOPUS |
|--|---------------------------------|

| | |
|---|--|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.014. |
| FAMILIA: | <i>Verbenaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Lippia sidoides</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>timol (49,46%)</i> <i>Cimeno (11.40%)</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Rhizopus stolonifer</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daños de la pared celular |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 27 |
| TÍTULO: Role of <i>Curcuma longa</i> L. essential oil in controlling the growth and zearalenone production of <i>Fusarium graminearum</i> | | |
| AUTOR (ES): Kumar et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2016) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.005 |
| FAMILIA: | <i>Zingiberaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Curcuma longa</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Ar-turmerona</i> (53.1%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Fusarium graminearum</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Muerte celular |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 28 |
| TÍTULO: Antifungal activity of <i>zedoary turmeric</i> oil against <i>Phytophthora capsici</i> through damaging cell membrane | | |
| AUTOR (ES): Wang et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2019) | |

| | |
|--|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|--|------------------------------|

| | |
|---|---|
| Doi: | https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.05.014 |
| FAMILIA : | <i>Zingiberaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>cúrcuma zedoary</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Eucaliptol</i> <i>curcumol</i> <i>curcumenol</i> |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Phytophthora capsici</i> |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Micelio gravemente dañado |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada |

| | | |
|--|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 29 |
| TÍTULO: Preharvest and Postharvest Application of <i>Garlic</i> and <i>Rosemary</i> Essential Oils for Controlling Anthracnose and Quality Assessment of Strawberry Fruit During Cold Storage | | |
| AUTOR (ES): Hosseni et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | | |
|---|---|--|
| Doi: | https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01855 | |
| FAMILIA: | <i>Lauraceae</i> | <i>Myrtaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Allium sativum</i> | <i>Rosmarinus officinalis</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>trisulfuro de dialilo</i> (29.08%) | a-pineno (15.77%) acetato de bornilo (12.66%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Colletotrichum nymphaeae</i> | |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Daño micelial | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada | |

| | | |
|--|-----------------------------------|----|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 30 |
| TÍTULO: Management of Strawberry Anthracnose Using Plant Essential Oils as Bio-fungicides, and Evaluation of Their Effects on Quality of Strawberry Fruit | | |
| AUTOR (ES): Hosseini et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2020) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: PubMed |
|---|------------------------------|

| | | | |
|---|---|---|--|
| Doi: | https://doi.org/10.5650/jos.ess19119 | | |
| FAMILIA: | <i>Asterácea</i> | <i>Apiaceae</i> | <i>Lamiaceae</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Achillea millefolium</i> | <i>Ferula kuma</i> | <i>Mentha longifolia</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | Acetaldehído(20.15%) eucaliptol (13.38%) | acetato de bornilo (23.15%) acetato de fenquilo (18.99%) | Timol (43.41%) acetato de fenquilo (18.99 %) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S) : | <i>Colletotrichum nymphaeae</i> | | |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Célula gravemente dañada | | |

| | | |
|---|---------------------------------------|-----------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO | 31 |
| TÍTULO: Bioactivity of essential oils in the control of <i>Alternaria alternata</i> in dragon fruit (<i>Hylocereus undatus</i> Haw.) | | |
| AUTOR (ES): Castro et al. | AÑO DE PUBLICACIÓN: (2017) | |

| | |
|---|------------------------------|
| TIPO DE INVESTIGACIÓN: Experimental | PARTICIPANTES: SCOPUS |
|---|------------------------------|

| | | | |
|---|---|-----------------------------|---|
| Doi: | http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.007 | | |
| FAMILIA: | <i>Lauraceae</i> | <i>Myrtaceae</i> | <i>Gramíneas</i> |
| NOMBRE DEL ACEITE ESENCIAL: | <i>Cinnamom zeylanicum</i> | <i>Eugenia caryophyllus</i> | <i>Cymbopogon flexuosus</i> |
| COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE: | <i>Eugenol</i> (80%) | <i>Eugenol</i> (90.5%) | <i>Geranial</i> (42.6%) <i>neral</i> (35.1%) |
| NOMBRE DEL FITOPATÓGENO (S): | <i>Alternaria alternata</i> | | |
| EFFECTOS EN LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA: | Deformación hifal | | |
| IMPACTOS EN LAS CÉLULAS: | Daños en la membrana plasmática | | |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, RAMOS VELASQUEZ DANIEL ALONSO, ROJAS BUSTAMANTE LETICIA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE LOS ACEITES ESENCIALES SOBRE FITOPATÓGENOS", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|---|--|
| ROJAS BUSTAMANTE LETICIA DNI: 70026013 ORCID 0000-0001-9723-0133 | Firmado digitalmente por: LROJASB22 el 23-12-2020 22:04:49 |
| RAMOS VELASQUEZ DANIEL ALONSO DNI: 48397918 ORCID 0000-0001-5727-0819 | Firmado digitalmente por: DARAMOSV el 23-12-2020 22:05:14 |

Código documento Trilce: INV - 0090597