



REVISIÓN DOCUMENTAL DE ACEITES ESENCIALES DE *Mentha piperita* Y *Origanum majorana* COMO ANTIMICROBIANOS, UNA SOLUCIÓN ALTERNATIVA AL USO DE AGROQUÍMICOS.

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C., 2019**



REVISIÓN DOCUMENTAL DE ACEITES ESENCIALES DE *Mentha piperita* Y *Origanum majorana* COMO ANTIMICROBIANOS, UNA SOLUCIÓN ALTERNATIVA AL USO DE AGROQUÍMICOS.

**LEYDI JOHANNA BARÓN MALAVER
ANGÉLICA NATHALIA GARCÍA RINCÓN**

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE BACTERIÓLOGO Y
LABORATORISTA CLÍNICO**

ASESOR (A)

**JOVANNA ACERO GODOY
MSc**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ D.C., 2019**

DEDICATORIA

A nuestros padres y familias quienes han estado de manera incondicional desde el inicio hasta ahora, a cada maestro que estuvo involucrado en nuestro paso por la universidad, a nuestros amigos y colegas con quienes estuvimos hombro a hombro durante toda la carrera y, por último, pero no menos importante a Elizabeth Martínez quien verá en un futuro los frutos de todo este proceso.

Leydi J. Barón Malaver – Nathalia García Rincón

AGRADECIMIENTOS

En principio a nuestras familias quienes nos dieron la oportunidad de continuar con nuestro proceso educativo y formarnos como profesionales, a nuestra asesora Jovanna Acero quien nos brindó sus conocimientos nos acompañó durante todo este proceso siempre con la mejor disposición; y finalmente a todas y cada una de las personas que aportaron de una u otra manera a la construcción de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS.....	14
1. ANTECEDENTES.....	15
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 Capítulo I: <i>Mentha piperita</i>	20
2.1.1 Taxonomía.....	20
2.1.2 Generalidades	20
2.1.3 Descripción de la planta.....	21
2.1.4 Zona de crecimiento.....	21
2.2 Capítulo II: <i>Origanum mejorana</i>	22
2.2.1 Taxonomía.....	22
2.2.2 Generalidades	22
2.2.3 Descripción de la planta.....	23
2.2.4 Zona de crecimiento.....	23
2.3 Capítulo III: Aceites esenciales.....	24
2.3.1 Métodos de obtención.....	24
2.3.1.1 Hidrodestilación.....	25
2.3.1.2 Prensado/raspado	25
2.3.1.3 Enfleurage, enflorado o enfloración	25
2.3.1.4 Extracción con grasa caliente	26
2.3.1.5 Extracción con disolventes	26
2.3.2 Composición química	26
2.3.2.1 Composición química del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i>	27
3. DISEÑO METODOLÓGICO.....	30
3.1. Universo, población, muestra.....	30
3.2. Hipótesis, variables, indicadores.....	30

3.2.1 Hipótesis	30
3.2.2 Variables e indicadores.....	30
3.3. Técnicas y procedimientos.	31
3.3.1 Técnica.....	31
3.3.2 Procedimiento.....	31
4. RESULTADOS	32
4.1 Efecto antimicrobiano de los aceites esenciales contra microorganismos fitopatógenos ...	37
4.1.1 Efecto antimicrobiano del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i>	37
4.1.2 Efecto antimicrobiano del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i>	39
4.2 Composición química de los aceites esenciales	40
4.2.1 Composición química del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i>	40
4.2.2 Composición química del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i>	44
4.3 Métodos de extracción de los aceites esenciales.....	47
4.3.1 Métodos de extracción de <i>Mentha piperita</i>	47
4.3.2 Métodos de extracción de <i>Origanum majorana</i>	49
DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mentha piperita</i>	20
Figura 2. <i>Origanum majorana</i>	22
Figura 3. Obtención de las publicaciones para el estudio	34
Figura 4. Distribución geográfica de las publicaciones incluidas en el estudio.	35
Figura 5. Porcentaje de los estudios reportados por continentes.	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Constituyentes de los aceites esenciales de <i>M. piperita</i>	27
Tabla 2. Composición comparativa del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> en diferentes países.	28
Tabla 3. Constituyentes de los aceites esenciales de <i>O. majorana</i>	29
Tabla 4. Variables e indicadores del proyecto de investigación	30
Tabla 5. Criterios de inclusión de las publicaciones	32
Tabla 6. Número de publicaciones obtenidas por año.	36
Tabla 7. Efecto antifúngico del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> en microorganismos fitopatógenos.....	37
Tabla 8. Efecto antibacteriano del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i> en microorganismos fitopatógenos.....	38
Tabla 9. Efecto antifúngico del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i> en microorganismos fitopatógenos.....	39
Tabla 10. Efecto antibacteriano del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i> en microorganismos fitopatógenos.....	40
Tabla 11. Componentes químicos del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i>	41
Tabla 12. Principales componentes del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i>	44
Tabla 13. Componentes químicos del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i>	45
Tabla 14. Componentes químicos del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i>	47
Tabla 15. Métodos de extracción y porcentaje de rendimiento del aceite esencial de <i>Mentha piperita</i>	48
Tabla 16. Métodos de extracción y porcentaje de rendimiento del aceite esencial de <i>Origanum majorana</i>	49



**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA.**

Revisión documental de aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* como antimicrobianos, una solución alternativa al uso de agroquímicos.

RESUMEN

El uso excesivo e indiscriminado de agroquímicos para combatir las enfermedades presentes en los cultivos, ha causado daños severos al medio ambiente, en muchos casos irreversibles o difícilmente reversibles, por lo anterior, este trabajo se centró en la revisión de la capacidad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Mentha piperita* (menta) y *Origanum majorana* (mejorana) sobre microorganismos fitopatógenos, con el fin de obtener alternativas menos contaminantes para el medio ambiente, que disminuyan los impactos ecológicos que traen consigo el uso de plaguicidas.

La evaluación de la capacidad antimicrobiana se determinó por medio de una revisión bibliográfica comprendida entre las publicaciones realizadas entre 2010 - 2019 disponibles en Scopus, Science Direct, Annual Reviews, Scielo, NCBI, ProQuest Central y Google Academic. Adicionalmente se estableció el método de obtención del aceite esencial más utilizado con su respectivo rendimiento y se determinó cual es el componente químico que se relaciona directamente con la actividad antimicrobiana de cada uno de los aceites esenciales.

La literatura revisada reveló que los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* poseen una actividad antimicrobiana potencial contra patógenos de las plantas. Por lo tanto, las propiedades antibacterianas y antifúngicas de los aceites esenciales de ambas especies de lamiáceas ofrecen la posibilidad de utilizarlos como plaguicidas naturales con un valor comercial, teniendo aceptación social debido a su sostenibilidad y respeto con el medio ambiente.

Palabras clave

Aceites esenciales, *Mentha piperita*, *Origanum majorana*, actividad antimicrobiana, fitoquímico, agroquímicos.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un ecosistema con una amplia variedad de organismos vivos de gran importancia para el mantenimiento de la calidad y poseen múltiples funciones, una de ellas es la degradación de la materia orgánica; además, juegan un papel importante en el ecosistema del suelo. Sus procesos biológicos son esenciales para la fertilidad y la productividad de los cultivos, pero también existen microorganismos del suelo que son patógenos y se convierten en un problema en las actividades de agricultura (1).

El mayor problema con los cultivos son las plagas y enfermedades, las cuales reducen de una manera significativa la producción, por esta razón en la modernidad se emplean agroquímicos (fungicidas, herbicidas, insecticidas y bactericidas) diseñados para controlar los patógenos o enfermedades en los cultivos comerciales, sin embargo, la utilidad real de éstos se discute actualmente en muchos ámbitos y bajo distintas concepciones, ya que no se ha demostrado que los agroquímicos posean selectividad en la inhibición de microorganismos, estos productos son de amplio espectro y provocan disminución en la biomasa microbiana; además originan problemas de salinización en el suelo, lo que provoca el aumento en la tasa de oxidación, afectando directamente las numerosas poblaciones de microorganismos nativos de interés biológico expuestas a este tipo de sustancia, como consecuencia pueden sufrir alteraciones bioquímicas, disminuyendo su actividad como biofertilizantes y su efecto promotor del crecimiento de las plantas (2).

El empleo de compuestos químicos para el control de las plagas causa impactos negativos al ambiente, a la salud, e incluso incide desfavorablemente en el proceso productivo del sector agropecuario, se ha comprobado, que con los plaguicidas se genera la extinción de depredadores naturales de insectos como las aves silvestres, quienes al consumirlos son intoxicados; además su fabricación, distribución y empleo, constituyen un peligro para la comunidad (3).

Un importante problema actualmente, es el incremento de la resistencia de las plagas a las fórmulas químicas, se genera estrés en los microorganismos por los cambios del suelo, falta de compuestos para los procesos metabólicos y estos buscan la forma de adaptación al medio. La resistencia a los agroquímicos se desarrolla vía selección natural, los microorganismos generan diversos

mecanismos de resistencia, los especímenes supervivientes y más resistentes a los tratamientos transmiten su huella genética a su descendencia, de modo que serán más resistentes a los tratamientos, el complicado control provoca la proliferación y propagación, lo que promueve la producción de agroquímicos más potentes, el uso de dosis elevadas y mayor frecuencia en las fumigaciones, con ello el costo de los agroquímicos puede llegar a representar hasta el 80% de los insumos utilizados en el campo.

Hasta el siglo XVIII se conocían las propiedades bactericidas de las plantas, su efecto sobre microorganismos y sus usos, pero se desconocían sus principios activos. Con el desarrollo de las teorías de la evolución y herencia genética, el uso del microscopio y el nacimiento de ciencias como la fitoquímica y de técnicas como el análisis instrumental, fue posible el reconocimiento y el aislamiento de los principios activos de muchas plantas medicinales (4). Actualmente, muchas instituciones están en la búsqueda de alternativas que disminuyan el impacto ambiental ocasionado por los agroquímicos, estas alternativas aprovechan las defensas naturales de los organismos y además reorganizan completamente las técnicas de cultivo tradicionales (5).

Los compuestos químicos presentes en los aceites esenciales frecuentemente son activos contra un limitado número de especies microbianas, son productos biodegradables, no tóxicos y pueden ser utilizados en sistemas de manejo integrado de cultivos, por tanto, constituyen una nueva clase de agentes seguros para el control de enfermedades en plantas (6). El empleo de sustancias naturales para prevenir enfermedades y plagas en los cultivos, constituye en la actualidad un desafío en la agricultura, sin duda el reino vegetal ofrece variedad de sustancias potencialmente útiles, por este motivo el objetivo general del proyecto es recopilar de investigaciones anteriores la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, su caracterización química y actividad biológica, además de las concentraciones en las cuales estas dos especies son capaces de inhibir crecimiento microbiano.

OBJETIVOS

Objetivo general

- Identificar el efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, por medio de una revisión bibliográfica de artículos científicos publicados entre 2010 - 2019.

Objetivos específicos

- Recopilar los resultados de estudios sobre la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* en patógenos de cultivos agrícolas.
- Analizar la relación existente entre la composición química y la actividad biológica de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, considerando la capacidad antimicrobiana e identificar los principales componentes responsables de esta.
- Establecer el método de extracción para la obtención de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, el cual ofrezca un mayor rendimiento y pureza del aceite, según la bibliografía disponible.

1. ANTECEDENTES

Debido al deterioro ambiental, se ha convertido en una necesidad la búsqueda de nuevas alternativas efectivas para el control de enfermedades microbianas que afectan la calidad de los cultivos de productos agrícolas y por ende la economía; opciones que no afecten a los microorganismos residentes del suelo y no hagan daño a la fauna y flora que rodea el medio. En investigaciones del efecto bactericida, bacteriostático y antifúngico de aceites esenciales extraídos de plantas, se han obtenido resultados favorables que nos dan una opción para poder reemplazar los productos químicos que se utilizan actualmente.

En el año 2002 İşcan et al. (7) evaluaron el efecto antimicrobiano de los aceites esenciales derivados de *Mentha piperita L.*, con enfoque en la comparación de la bioactividad de sus principales componentes, mentol y mentona, haciendo uso de técnicas *in vitro* tales como microdilución difusión en agar y bioautografía, en relación a 21 microorganismos patógenos humanos y de plantas. En el estudio se demostró la eficacia del efecto inhibitorio causado por los aceites de menta tamizados sobre microorganismos fitopatógenos pertenecientes a los géneros *Pseudomonas*, *Xanthomonas* y *Bacillus*, así como un efecto reducido sobre patógenos humanos; de igual manera mediante el método de bioautografía se estableció el mentol como el componente de mayor importancia causante de la actividad microbicida procedente de los aceites estudiados.

En 2008 Sánchez García et al. (8) determinaron la actividad antifúngica del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* para el control de *Macrophomina phaseolina*, un hongo del suelo, causante de la enfermedad del tizón ceniciento del tallo, el cual es la causa principal de la descalificación de las semillas. Se utilizó la cepa de *Macrophomina phaseolina* (CCIBP-Mp2), Se evaluó la actividad antifúngica *in vitro* mediante la determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (MCI) y en semillas infectadas naturalmente mediante el análisis de cámara húmeda con congelación. El aceite esencial de *C. nardus* inhibió el crecimiento de la cepa de *M. phaseolina*, a una concentración de 1,5 %. En la evaluación de la actividad antifúngica en semillas infectadas, no se observó contaminación fúngica del patógeno ni de los otros contaminantes observados en el tratamiento control, en conclusión, los resultados fueron satisfactorios y muestran una alternativa natural para el tratamiento del hongo.

Leticia Barrera y Laura García (9), en el estado de Guerrero, México, en 2008 estudiaron la actividad antifúngica de nueve aceites esenciales comerciales sobre el crecimiento de *Fusarium sp.* aislado de papaya. Se midió el diámetro de la colonia durante 8 días de incubación y se determinó la tasa de crecimiento micelial. El mayor efecto antifúngico se observó en el aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) ya que presentó inhibición total a diferentes concentraciones.

En el año 2009 se publicó un trabajo liderado por Lucietta Betti (10), en el cual se recopilaron un total de 44 artículos que tienen como tema central la agrohomeopatía que consiste en la optimización de los recursos naturales, sin emplear productos químicos sintéticos o genéticamente modificados. Esta revisión deja ver que cada vez hay más grupos interesados por salvar el planeta de la contaminación por agroquímicos.

Bajpai et al. (11) en 2009, evaluaron la composición química del aceite esencial aislado de las partes florales de *Nandina domestica Thunb* por método de hidrodestilación y análisis de cromatografía de gases/espectrofotometría de masas (GC/MS) asociando 79 compuestos a un 87,06% del total del extracto, siendo 1-indolizino carbazol, 2-pentanona y monofenol los principales. Por otro lado, se demostró también el efecto antifúngico que representa éste aceite esencial respecto a patógenos de plantas agrícolas tales como *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani* *Phytophthora capsici*, *Colletotrichum capsici*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Botrytis cinerea* y *Rhizoctonia solani*, de acuerdo a los rangos obtenidos para parámetros tales como inhibición de crecimiento y concentración inhibitoria mínima consistentes en 53,3-64,3% y 125 a 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ respectivamente

Para 2010 Borboa et al. (12) evaluaron la actividad antimicrobiana in vitro de aceites esenciales contra *Clavibacter michiganensis subespecie michiganensis* en Hermosillo, México. Se analizaron 19 aceites esenciales incluido eucalipto (*Eucalyptus globulus Labill*), la actividad antimicrobiana se evaluó por difusión en placa con diluciones de los aceites en dimetilsulfóxido al 10% adicionado con Tween 80. Se obtuvo como resultado la inhibición del microorganismo en 6 aceites esenciales principalmente en concentraciones de 1:1, 1:5 y 1:10, las variaciones de la escala de inhibición disminuyeron de acuerdo a la dilución del aceite.

Quintana Obregón et al. (13) en el año 2010 evaluaron el efecto antifúngico de los aceites esenciales *Cinnamomum zeylanicum*, *Allium cepa* y *Cymbopogon citratus* sobre la germinación de esporas y el crecimiento radial del micelio de *Penicillium chrysogenum*. Se determinó que la concentración mínima inhibitoria que disminuye el crecimiento radial en un 50% (CR₅₀) fueron 294±16, 152±7 y 112±3 ppm para *C. zeylanicum*, *A. cepa* y *C. citratus*, respectivamente. Los tres aceites inhiben significativamente la germinación de esporas y el crecimiento radial del micelio con respecto a los testigos. Se recomienda su uso para posteriores estudios en protección de alimentos.

Ibrahim y Naser (14) investigadores de la universidad de Damasco, Siria llevaron a cabo la valoración del efecto inhibitorio en el crecimiento de hongos fitopatógenos de extractos de frutos de *Schinus molle L.* durante los años 2013 y 2014, encontrando 10 componentes asociados al aceite esencial caracterizados por medio de GC/MS, siendo el α -felandreno el componente hallado en mayor proporción, exhibiendo actividad antifúngica sobre *Botrytis cinerea* con una concentración mínima inhibitoria de 100ppm, determinando una relación directamente proporcional del grado de inhibición con respecto a la concentración empleada.

En el departamento de química y pesticidas de la universidad de Alexandria, Egipto los investigadores Badawy y Abdelgaleil (15) extrajeron y caracterizaron los aceites esenciales de dieciocho plantas egipcias durante el año 2014, entre especies de *Artemisia*, *Callistemon*, *Citrus*, *Cupressus*, *Myrtus*, *Origanum*, *Pelargonium*, *Rosmarinus*, *Syzygium*, *Schinus*, *Thuja* y *Vitex* por métodos de hidrodestilación y GC/MS. Asimismo, determinaron su actividad microbiana contra bacterias y hongos fitopatógenos tales como *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia carotovora* var. *Carotovora*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani*, evidenciando un grado variable de actividad antibacteriana en relación a los valores de concentración inhibitoria mínima, siendo más efectivos contra *E. carotovora* var. *Carotovora*. En el estudio se determinó como el aceite de mayor actividad antibacteriana el obtenido de *T. occidentalis* con valores bajos de CIM comprendidos entre 350 y 400 mg / L. En resultado del ensayo de inhibición del crecimiento micelial, se observó un efecto pronunciado de la mayoría de los aceites esenciales siendo el aceite de *A. monosperma* fue el inhibidor más potente.

El grupo de investigación Turco de Gormez et al. (16) en el año 2015 extrajo los aceites esenciales de *Satureja hortensis* and *Calamintha nepeta* mediante la técnica de hidrodestilación y determinó la composición química de los mismos a través de GC/MS. En adición en el estudio se evaluó la actividad antimicrobiana procedente de los mismos sobre 20 bacterias fitopatógenas pertenecientes a los géneros *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Clavibacter*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia* y *Xanthomonas*, mediante ensayos de difusión en agar y microdiluciones, concluyendo un grado de actividad antibacteriana significativa de los aceites esenciales en cuestión, evidenciada con halos de inhibición superiores a 7mm, siendo mayor el efecto presentado por *Calamintha nepeta*.

Para el año 2016 Hazem et al. (17) estudiaron la composición química y efectividad antimicrobiana de tres aceites esenciales derivados de plantas del genero *Schinus* (*S. terebinthifolius* y *S. molle*), procedentes de Túnez. En el estudio se describieron como principales componentes compuestos terpénicos, tales como α -pineno, α -felandreno y D-limoneno empleando ensayos de GC y GC/MS. La evaluación de la actividad antifúngica y antibacteriana se evaluó por medio de la determinación de la concentración mínima inhibitoria por método de microplaca de 96 pocillos, demostrando un efecto fungicida a bajas concentraciones de los aceites esenciales para *Colletotrichum acutatum* y *Botrytis cinérea*. Por otra parte, los aceites esenciales de *S. terebinthifolius* demostraron un grado de inhibición significativa para especies bacterianas de los géneros *Bacillus*, *Clavibacter* y *Xanthomonas* y patrones de resistencia evidenciables para *E. coli* y especies de *Pseudomonas*.

En el año 2017 Rodríguez-Rodríguez L. et al. (18), evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos etanólicos y fracciones en n-hexano, acetato de etilo, diclorometano y agua-etanol obtenidos a partir de semillas y cáscaras de *Citrus sinensis* y *Citrus limonia*, sobre los fitopatógenos *Aspergillus niger*, *Botrytis cinerea*, *Phytophthora cinnamoni* y *Rhizopus oryzae*; el efecto inhibitorio de los diferentes extractos se midió sobre el crecimiento micelial, la esporulación y sobre los daños en la micromorfología de los microorganismos por los métodos densidad óptica y difusión en agar. Se observó efecto inhibitorio sobre los microorganismos, el cual fue dependiente de la concentración, apreciándose daños micromorfológicos sobre hifas y estructuras

reproductivas, como esporangios y conidios a concentraciones cercanas a los 7 mg/ml. Los resultados sugieren que residuos de la agroindustria de cítricos como las cáscaras son fuente de metabolitos, con potencial antimicrobiano en el control de fitopatógenos de importancia agrícola.

En el año 2018, Sanaa K. Bardaweel et al. (19) analizaron la composición química y el efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Mentha spicata L.* en el Sahara. La extracción del aceite se realizó por hidrodestilación. La identificación de la composición química se obtuvo mediante cromatografía de gases revelando en total 44 compuestos siendo monoterpenos oxigenados y los hidrocarburos monoterpenos los más abundantes. El análisis antimicrobiano se determinó mediante el método de microdilución con *Staphylococcus epidermidis* y *Escherichia coli* dando como resultado actividades antimicrobianas moderadas a débiles con la mejor susceptibilidad observada para las bacterias Gram positivas hacia el aceite.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Capítulo I: *Mentha piperita*

2.1.1 Taxonomía

Figura 1. *Mentha piperita*



Reino: *Plantae*
Filo: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Orden: *Lamiales*
Familia: *Lamiaceae*
Género: *Mentha*
Especie: *piperita* (20)

Tomada de: www.gen.hr

2.1.2 Generalidades

Mentha piperita perteneciente a la familia de las lamiáceas conocida comúnmente como menta, es un híbrido estéril y de primera generación de *M. spicata* L. (menta verde) y *Mentha aquatica* originaria del sur de Europa y norte de África(21), se cultiva ampliamente en las zonas templadas del mundo. Junto con otras cuatro especies (*M. arvensis*, *M. spicata*, *M. cardiaca* Baker y *M. citrata* Ehrh), son la principal fuente natural de compuestos aromáticos de importancia industrial tales como: mentol, mentofurano, carvona , linalool y acetato de linalilo(22).

El aceite esencial de menta se utiliza además en la industria de perfumes, cosméticos, aromaterapia y especias, entre otros. Varios estudios han demostrado la actividad antiviral, antifúngica, antimicrobiana y antioxidante del extracto obtenido mediante diferentes procedimientos preparativos(23).

Sus hojas se han utilizado tradicionalmente como té en el tratamiento del dolor de cabeza, fiebre, trastornos digestivos y diversas dolencias menores. Además, los aceites esenciales de menta se han utilizado ampliamente para tratar infecciones micóticas y bacterianas de intensidad leve en la piel humana y síndromes de cefalea(21).

2.1.3 Descripción de la planta

La *Mentha piperita* es una planta perenne de 50 a 90 centímetros de altura, cuadrangular; los tallos son ramificados, suelen ser violetas, purpúreos o teñidos, a veces grises; las hojas oscuras o de color verde claro son de pétalos cortos, ovaladas y serradas con sus márgenes finamente dentados; las flores son púrpuras o rosadas, tienen picos falsos con numerosas brácteas (órgano foliáceo en la proximidad de las flores) discretas y rara vez producen semillas (24).

2.1.4 Zona de crecimiento

La planta es generalmente estéril y se propaga por medio de corredores; crece en un lado soleado y prefiere suelos ácidos, neutros y básicos, livianos, medios, pero también puede crecer en suelos arcillosos y pesados (24).

Como se mencionó anteriormente, se cultiva ampliamente en las zonas templadas del planeta, especialmente en Europa, América del Norte y África del Norte, pero hoy en día se cultiva en todas las regiones del mundo (24).

2.2 Capítulo II: *Origanum mejorana*

2.2.1 Taxonomía

Figura 2. *Origanum majorana*



Reino: *Plantae*

Filo: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Lamiales*

Familia: *Lamiaceae*

Género: *Origanum*

Especie: *majorana* (25)

Tomada de: nurserylive.com

2.2.2 Generalidades

Anteriormente conocida por *Majorana hortensis* (L). Moench de la familia de las Labiadas fue mencionada como planta medicinal desde la época de *Dioscórides* y llamada amáraco, mayorana, almoraduz, marjolaine y mejorana entre otros nombres populares, ha sido comercializada desde el sur de Europa , norte de África , Asia, Estados Unidos y Las Antillas (26).

Es una planta muy utilizada en la industria farmacéutica por su cantidad de beneficios terapéuticos. Su uso es muy conocido en la industria de la alimentación como conservante en ensaladas, pescados carnes, repostería y en otros ámbitos como licorería y perfumería (27).

Se le otorga propiedades calmantes y otros efectos positivos en el sistema nervioso, ayuda a lograr un sistema inmune saludable, puede promover un sistema cardiovascular saludable y un efecto antimicrobiano por lo que se usa también para tratamientos de fitoterapia (27).

2.2.3 Descripción de la planta

La *Origanum majorana* es comúnmente conocida como mejorana, es una planta herbácea de 15 a 50 cm de alto, aromática, hojas pequeñas alrededor de 1,5 cm de largo, redondas y blanquecinas; las flores son pequeñas de color blanco, rosado pálido o rojizas, reunidas en racimos terminales y axiales, semiocultas entre las brácteas verdes; fruto con semilla, son pequeñas oblongas y de color pardo oscuro; tiene dos cálices, labiado, vellosos, la corola es bilabiada, labio superior erguido, plano, escotado, labio inferior algo más largo, horizontal, los tres lóbulos aproximadamente iguales, cuatro estambres cortos(28).

2.2.4 Zona de crecimiento

Planta aromática nativa de Europa y cultivada en patios y jardines como medicinal; también se puede encontrar en el norte de África, y suroeste de Asia.

Crece en zonas secas, no cultivadas, preferiblemente en suelos calizos, necesita un lugar soleado; por lo que en climas cálidos, de donde procede, la mejorana es perenne, en condiciones frías es semirresistente de exteriores, no soporta los inviernos crudos.

La siembra debe ser directa, en primavera formando hileras de 25 cm, cubriéndose la semilla con poca tierra, de esta manera germina a las 2 ó 3 semanas; para favorecer la germinación en suelos fríos donde puede tardar un mes, resulta conveniente calentar primero el suelo manteniéndolo tapado (29).

2.3 Capítulo III: Aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas altamente concentradas, volátiles e hidrófobas de productos químicos extraídos de las plantas. El nombre esencial se deriva de la naturaleza muy aromática de los aceites, por lo que el aceite captura la "esencia" de la planta de la que se extrajo (30). Están constituidos principalmente por terpenos (75% al 90%) con actividad y composición variada. Su textura final es generalmente líquida y rara vez son sólidos o pastosos (31).

Los aceites esenciales no son compuestos puros sino la mezcla de diversas sustancias que se encuentran en distintas proporciones y en conjunto proporcionan al aceite esencial sus características propias (32). Su valor comercialmente se estipula por su composición química, que depende de los factores de tipo botánico, agrícola y extractivo.

Tienen un gran y variado interés en la industria (fármacos, alimentos, aromas, cosméticos, etc.), presentan una amplia gama de propiedades biológicas antisépticos, sedantes, antiespasmódicos, diuréticos y digestivos, también como estimulantes de la respiración y la circulación. En los últimos años han sido de interés agrícola por la actividad antimicrobiana que se ha identificado de algunos aceites esenciales de plantas aromáticas.

Algunos aceites esenciales también se utilizan como repelentes de insectos y como detergentes. Alrededor del 90% de la producción mundial de aceites esenciales es consumida por las industrias de sabores y fragancias, esto es principalmente en forma de cosméticos, perfumes, refrescos y alimentos(30).

2.3.1 Métodos de obtención

Existen varios métodos de extracción de aceites esenciales, entre los que se encuentran: métodos directos (compresión, raspado, lesiones mecánicas de la corteza), destilación (con agua o hidrodestilación, destilación con agua y vapor, destilación con vapor seco), extracción (con solventes volátiles, con solventes no volátiles, con fluidos supercríticos), enfleurage (adsorción

sólido-líquido y/o sólido-gas), headspace (purga y trampa simultáneas, purga y extracción con solvente simultáneas) (33).

2.3.1.1 Hidrodestilación

Se le denomina hidrodestilación a la destilación de las flores u otras partes de la planta por medio de vapor de agua. Como lo señala Ortuño(32) en el Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes:

“Los aceites esenciales tienen un punto de ebullición superior al del agua, pero la mezcla de aceite esencial más agua presenta un punto de ebullición inferior y por eso puede ser destilada. Al pasar por el condensador los vapores se enfrían, condensan y transforman en un líquido formado por dos fases inmiscibles: fase orgánica (aceite esencial) y fase acuosa, que para algunos aceites esenciales contiene cierta cantidad de esencia”

2.3.1.2 Prensado/raspado

El prensado/raspado se usa principalmente para extraer el aceite esencial de los cítricos, éste es extraído de la piel del cítrico, raspando o rompiendo los sacos de aceite cercanos a la superficie de la fruta; mientras se extrae el aceite, se va agregando agua para lavarlo de la piel formando un líquido viscoso, luego la piel es lavada con agua y el líquido es llevado a un prensado final que separa el aceite de los restos de piel (34).

2.3.1.3 Enfleurage, enflorado o enfloración

La extracción con grasa en frío es un método muy antiguo que se basa en el hecho de que las grasas absorben sustancias aromáticas con facilidad., en este procedimiento se utilizan flores con bajo contenido de aceite esencial el cual se queda en el agua de destilación, o bien que tienen un aceite esencial sensible al calor (32).

2.3.1.4 Extracción con grasa caliente

También llamado maceración en grasa, es un método basado en la extracción con grasa caliente que consiste en sumergir pétalos de flores en grasa, y luego extraer las esencias con alcohol (35).

2.3.1.5 Extracción con disolventes

Este es el método más moderno para la obtención de aceites esenciales. en este caso, la muestra seca y molida se pone en contacto con disolventes orgánicos (alcohol y cloroformo, entre otros) que solubilizan la esencia y extraen otras sustancias como grasas y ceras, obteniéndose al final un extracto impuro (36).

2.3.2 Composición química

Las plantas producen compuestos orgánicos conocidos como metabolitos secundarios, no intervienen en ninguna de las funciones o procesos vitales y son producto del metabolismo primario, según su estructura química pueden diferenciarse tres grupos de estos metabolitos terpenos o terpenoides, fenoles y sus derivados, y alcaloides.

Se calcula que un aceite esencial puede contener entre 50 a 300 compuestos químicos, los cuales pertenecen a los grupos de hidrocarburos terpénicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides, entre otros.

La composición química del aceite depende del tipo de planta del que sea extraído, de su variedad, híbrido o quimiotipo, de condiciones agroecológicas y del lugar de su cultivo, tratamiento post-cosecha y del tipo y proceso de extracción, entre otros. Su composición química condiciona su aplicación como aromatizante, saborizante, fijador o como una mezcla funcional (propiedades antimicrobianas o antioxidantes) para la incorporación a diferentes productos terminados (37). Además, la presencia y las concentraciones de ciertos componentes químicos de los aceites esenciales cambian según la estación, el suelo, el clima y el lugar de crecimiento de las plantas(22).

El grupo de los terpenos, incluye hormonas (giberelinas y ácido abscísico), pigmentos carotenoides (carotenos y xantofilas), esteroides (ergosterol, sitosterol, colesterol), derivados de los esteroides (glucósidos cardiacos), látex y aceites esenciales (proporcionan el olor y el sabor característico de las plantas) (38), por su variedad de componentes tienen gran valor fisiológico y comercial. Son muy utilizados por sus aromas y fragancias en alimentación y cosmética; además, en medicina poseen gran importancia por sus propiedades anticarcinogénicas, antiulcerosas, antimalarías, antimicrobianas, etc.

Los aceites esenciales son generalmente monoterpenos, que proporcionan el olor y sabor característico a cada planta, de la misma forma actúan como repelentes de insectos o insecticidas.

La biosíntesis y la acumulación de aceite esencial ocurre por norma general, en células epidérmicas modificadas, aunque dependiendo de la familia o género, también pueden acumularse en otras estructuras como tallos, raíces, flores y frutos (39).

2.3.2.1 Composición química del aceite esencial de *Mentha piperita*

Tabla 1. Constituyentes de los aceites esenciales de *M. piperita*.

Componentes	Área (%)
Thuja-2,4 (10) -dieno	0.3
Verbeneno	2.6
β -Pineno	3.8
Mentha-2,8-dieno	0.4
β -Ocimeno	0.4
Linalool	51.8
Epizonareno	0.6
Epoxiocimeno	19.3
Sesquihellandreno	9.4
Cadineno	4.0
Germacreno b	2.3
Hidrocarburos monoterpenos	7.5
Monoterpenos oxigenados	71.1
Hidrocarburos sesquiterpénicos	16.3
<i>Total</i>	<i>94.9</i>

Tomada y modificada de Chemical Composition and in Vitro Antioxidant, Cytotoxic, Antimicrobial, and Larvicidal Activities of the Essential Oil of *Mentha piperita* L. (40)

El principal componente del aceite esencial de *M. piperita* en este caso es el linalool (51,8) al cual se le atribuyen propiedades antimicrobianas, antitumorales, antimutagénicas, antiespasmódicas, antiinflamatorias, antiparasitarias y actividad antioxidante. Sin embargo, varios estudios realizados en diferentes países sobre la composición química (tabla 2) encontraron al mentol como el componente principal del aceite esencial (40).

Tabla 2. Composición comparativa del aceite esencial de *Mentha piperita* en diferentes países.

Lugar	Componentes mayores
Brasil	Mentol (42,32%), acetato de mentilo (35,01%), mentofurano (4,56%), mentona (4,05%) y 1,8 cineol (5,56%)
Inglaterra (aceite comercial)	Mentol (49.79%), mentona (19.08%) y acetato de mentilo (5.08%)
Irán	Mentol (25,16%), mentofurano (6,49%), acetato de mentilo (4,61%) y 1,8-cineol (2,15%)
Irán	Mentol (53.28%), acetato de mentilo (15.1%) y mentofurano (11.18%)
Irán	Mentol (36,9%), mentona (28,8%), acetato de mentilo (4,54%) y 1,8-cineol (3,75%)
Irán	α -terpieno (19.7%), óxido de pipertitona (19.3%), trans-carveol (14.5%) e isomentona (10.3%)
Taiwán	Mentol (30.35%), mentona (21.12%), transcarveol (10.99%) y 1, 8-cineol
Burkina Faso (África)	Mentol (39.3%), mentona (25.2%), mentofurano (6.8%) y acetato de mentilo (6.7%)
Serbia	Mentol (37,40%), acetato de mentilo (17,37%), mentona (12,70%) y mentofurano (6,82%)
Corea	Mentol (4,30%), cariofileno (5,50%) y eucaliptol (62,16%),
Colombia	Isomentol (7.23%), Isomenthone (26.15%), Pulegona (44.54%) y Crisantenona (8.07%)
Brasil	3-octanol (10.1%), linalool (51.0%), Terpin-4-ol (8.00%) y carvona (23.42%),
Arabia Saudita	Mentol (36.02), mentona (24.56), acetato de mentilo (8.95) y mentofurano (6.88%).

Tomada y modificada de Chemical Composition and in Vitro Antioxidant, Cytotoxic, Antimicrobial, and Larvicidal Activities of the Essential Oil of *Mentha piperita* L. (40)

Diversos factores interfieren con la composición del aceite esencial, entre ellos el medio ambiente (ubicación del crecimiento, características del suelo, presencia de humedad, temperatura, etc.), fenológico (fase de recolección de la planta), parte de la planta utilizada para Extracción de aceites esenciales (flores, tallos, hojas, partes aéreas completas o inflorescencias), tipo de material (fresco o seco) e incluso métodos utilizados para el análisis de aceites esenciales (21).

2.3.2.2 Composición química del aceite esencial de *Origanum majorana*

Tabla 3. Constituyentes de los aceites esenciales de *O. majorana*.

Componente	Área (%)
α -pinene (MH)	0,74
α -thujene (MH)	2,41
Camphene (MH)	0,1
α -terpinolene (MH)	0,16
β -Pinene (MH)	0,27
Sabinene (MH)	0,11
α -phellandrene (MH)	5,43
Myrcene (MH)	2,91
α -terpinene (MH)	17,71
Limonene (MH)	5,4
Cis-Ocimene (MH)	0,35
γ -terpinene (MH)	23,2
P-Cymene (MH)	5,81
α -terpinolene(MH)	6,76
monoterpene-hydrocarbons	75,79
Sabinene Hydrate (OM)	6,56
Terpinen-4-ol (OM)	12,64
α -Terpineol (OM)	1,94
oxygenated-monoterpenes	21,5
β -Caryophyllene (Ses)	1,58
T-Caryophyllene (Ses)	0,04
γ -Caryophyllene (Sesq)	0,11
γ -selinene (Sesquiterp.)	0,03
Sesquiterpene-Hydrocarbons	2,34

Tomada y modificada de Antioxidant and Antimicrobial Activities of Marjoram (*Origanum majorana L.*) Essential Oil. 2013(41).

Los principales componentes que posee la planta son los monoterpenos hidrocarbonados en los que se destacan (α -terpinene, γ -terpinene), a los que se les atribuyen propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias; sin embargo, estos compuestos y su porcentaje en el área de la planta son variables por diferentes factores (país de origen de la planta, clima, cultivo, prácticas de recolección, etc.).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Universo, población, muestra

Revisión bibliográfica de artículos científicos de revistas indexadas, publicados entre los años 2010 - 2019, donde se investigó sobre la actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* en microorganismos fitopatógenos.

3.2. Hipótesis, variables, indicadores.

3.2.1 Hipótesis

Los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* tienen efecto antimicrobiano en patógenos de interés agrícola.

3.2.2 Variables e indicadores

Tabla 4. Variables e indicadores del proyecto de investigación

VARIABLES	INDICADORES
Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales	<ul style="list-style-type: none">· Comportamiento de los aceites esenciales· Concentraciones en la que se produce la inhibición de microorganismos· Tiempo que tarda en producir inhibición de los microorganismos.
Calidad de los aceites esenciales	<ul style="list-style-type: none">· Calidad de las plantas antes de la obtención de los aceites.· Obtención de un producto puro.· Método de obtención de los aceites.
Componentes químicos de los aceites esenciales	<ul style="list-style-type: none">· Componentes más comunes hallados en investigaciones anteriores.· Condiciones de las plantas para la obtención de los aceites esenciales.· Componentes que le adquieren la actividad antimicrobiana.

3.3. Técnicas y procedimientos.

3.3.1 Técnica

Recolección documental de datos.

Se llevó a cabo una revisión de la literatura a través de las bases de datos Scopus, Science Direct, Annual Reviews, Scielo, NCBI, ProQuest Central y Google Académico, sobre la actividad antimicrobiana de aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, composición química, además de los métodos de obtención de los aceites esenciales, artículos científicos publicados entre 2010 - 2019. Se incluyeron artículos de revisión, estudios experimentales, publicados en idioma inglés y español.

3.3.2 Procedimiento

1. Revisión bibliográfica sobre aceites esenciales: definición, componentes y antecedentes de estudios relacionados.
2. Análisis del uso de agroquímicos en los cultivos y daños a nivel del suelo por uso indiscriminado.
3. Documentación y conocimiento sobre los métodos de obtención de los aceites esenciales.
4. Revisión en internet, artículos y libros sobre las características organolépticas y físico químicas de las plantas *Mentha piperita* y *Origanum majorana*.
5. Revisión bibliográfica del uso de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* como controlador de fitopatógenos.
6. Análisis de los componentes químicos que adquieren a los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* la actividad antimicrobiana.
7. Análisis estadístico de componentes químicos que poseen los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*

4. RESULTADOS

Se recuperaron un total de 85 publicaciones de Scopus, Science Direct, Annual Reviews, Scielo, NCBI, ProQuest Central y Google Académico, de las cuales 35 se excluyeron según el título o resumen. Los 50 artículos restantes tuvieron un análisis de texto completo y fueron seleccionados para la revisión. Los criterios de selección se pueden encontrar en la tabla 5.

Tabla 5. Criterios de inclusión de las publicaciones

Referencia	Año	País	Planta	Compuestos químicos	Efecto antimicrobiano o en fitopatógenos	Método de obtención	Rendimiento (%)	Idioma
(42)	2019	India	<i>M. piperita</i>	16	No	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(43)	2019	Irán	<i>M. piperita</i>	39	No	N/D	N/D	Inglés
(24)	2015	Libia	<i>M. piperita</i>	N/D	No	Hidrodestilación	0,64	Inglés
(44)	2019	India	<i>M. piperita</i>	N/D	No	Hidrodestilación	0,64	Inglés
(45)	2017	Arabia	<i>M. piperita</i>	19	Si	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(40)	2017	Brasil	<i>M. piperita</i>	11	No	Hidrodestilación	0,08	Inglés
(19)	2018	Sahara	<i>M. piperita</i>	44	No	Hidrodestilación	1,04	Inglés
(46)	2018	India	<i>M. piperita</i>	6	No	N/D	N/D	Inglés
(47)	2017	Rumania	<i>M. piperita</i>	30	No	N/D	N/D	Inglés
(48)	2017	India	<i>M. piperita</i>	22	SI	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(49)	2019	Túnez	<i>M. piperita</i>	26	Si	Arrastre por vapor	0,36	Inglés
(50)	2018	Túnez	<i>M. piperita</i>	26	No	Arrastre por vapor	0,47	Inglés
(51)	2017	Marruecos	<i>M. piperita</i>	27	No	N/D	N/D	Inglés
(52)	2014	China	<i>M. piperita</i>	51	No	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(53)	2012	Irán	<i>M. piperita</i>	17	No	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(54)	2010	Colombia	<i>M. piperita</i>	19	No	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(55)	2015	Irán	<i>M. piperita</i>	34	No	Hidrodestilación	2,9	Inglés
(56)	2010	Burkina Faso	<i>M. piperita</i>	17	No	N/D	N/D	Inglés
(57)	2010	Colombia	<i>M. piperita</i>	N/D	Si	N/D	N/D	Español
(58)	2010	Perú	<i>M. piperita</i>	N/D	No	Arrastre por vapor	N/D	Español
(59)	2013	Paraguay	<i>M. piperita</i>	N/D	Si	N/D	N/D	Español
(60)	2012	Estados Unidos	<i>M. piperita</i>	N/D	No	Arrastre por vapor	0,41	Inglés
(61)	2011	India	<i>M. piperita</i>	N/D	No	Hidrodestilación	0,41	Inglés
(62)	2011	Brasil	<i>M. piperita</i>	N/D	No	Hidrodestilación	0,6	Inglés
(63)	2013	Irán	<i>M. piperita</i>	N/D	Si	N/D	N/D	Inglés
(64)	2013	Irán	<i>M. piperita</i>	N/D	Si	Hidrodestilación	3,26	Inglés

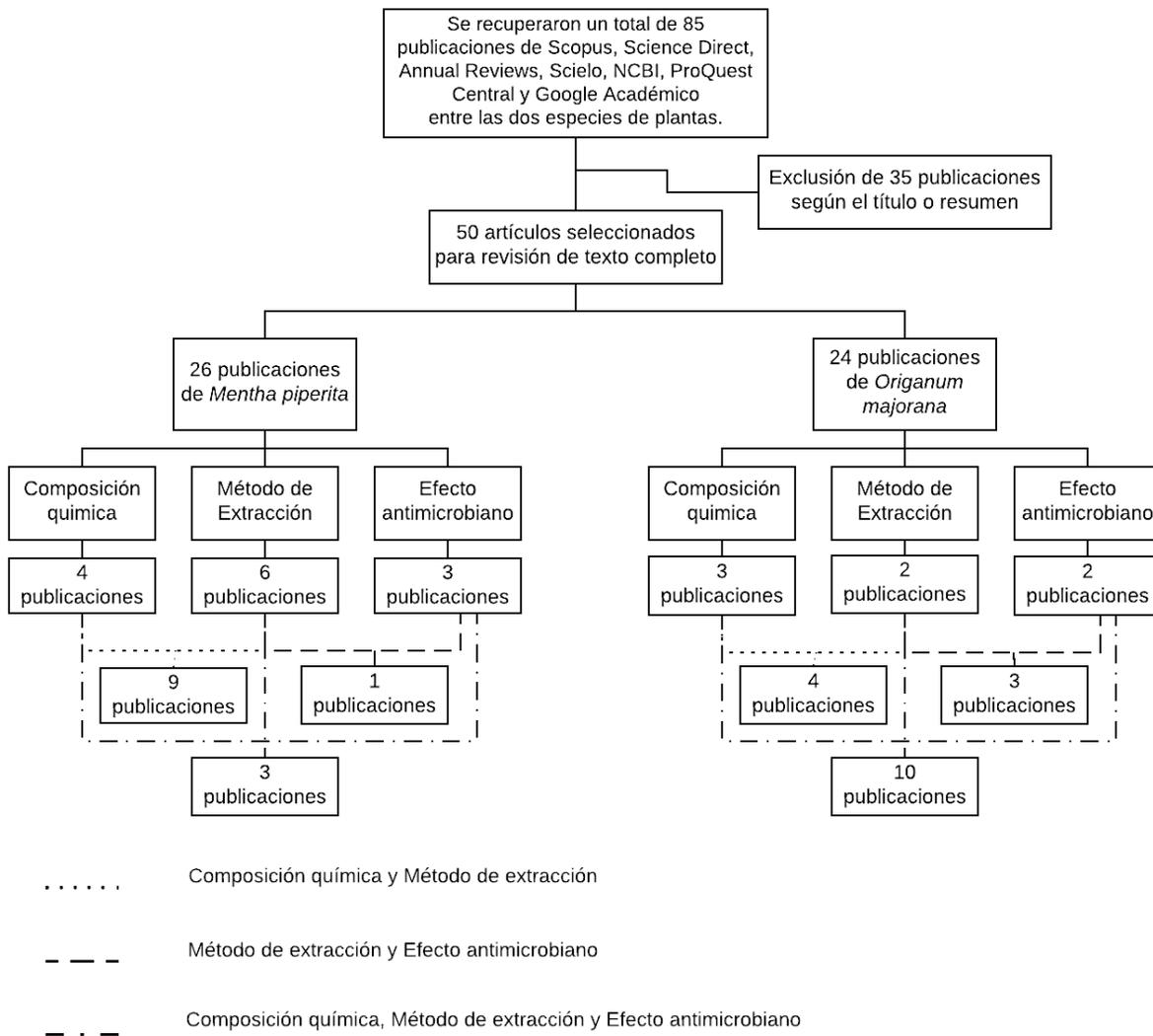
(65)	2013	Egipto	<i>O. majorana</i>	16	No	Hidrodestilación	0,46	Inglés
(66)	2014	Egipto	<i>O. majorana</i>	17	Si	Hidrodestilación	1,2	Inglés
(67)	2015	Rumania	<i>O. majorana</i>	44	Si	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(68)	2014	Marruecos	<i>O. majorana</i>	26	No	Arrastre por vapor	N/D	Inglés
(69)	2011	Venezuela	<i>O. majorana</i>	20	No	Hidrodestilación	0,62	Inglés
(70)	2015	Marruecos	<i>O. majorana</i>	N/D	No	Hidrodestilación	2,5	Inglés
(71)	2017	Libia	<i>O. majorana</i>	47	Si	Hidrodestilación	1,31	Inglés
(72)	2018	Serbia	<i>O. majorana</i>	N/D	No	Hidrodestilación	8,51	Inglés
		Egipto	<i>O. majorana</i>	N/D	No	Hidrodestilación	11,91	
		Libia	<i>O. majorana</i>	N/D	No	Hidrodestilación	13,49	
		Grecia	<i>O. majorana</i>	N/D	No	Hidrodestilación	10,36	
(41)	2013	Egipto	<i>O. majorana</i>	47	Si	Hidrodestilación	1,9	Inglés
(73)	2017	Brasil	<i>O. majorana</i>	N/D	Si	Headspace (PURGA)	N/D	Inglés
(74)	2018	Marruecos	<i>O. majorana</i>	N/D	No	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(75)	2012	Colombia	<i>O. majorana</i>	26	No	Hidrodestilación	1,2	Inglés
(76)	2016	Irán	<i>O. majorana</i>	40	Si	Hidrodestilación	1,32	Inglés
(57)	2010	Colombia	<i>O. majorana</i>	N/D	Si	Hidrodestilación	N/D	Español
(77)	2010	Italia	<i>O. majorana</i>	10	Si	Headspace (PURGA)	N/D	Inglés
(78)	2014	Colombia	<i>O. majorana</i>	8	Si	Hidrodestilación	3,1	Español
(79)	2016	África del Norte	<i>O. majorana</i>	24	Si	Hidrodestilación	1,85	Inglés
(80)	2013	Egipto	<i>O. majorana</i>	10	Si	Hidrodestilación	1,2	Inglés
(81)	2017	Irán	<i>O. majorana</i>	14	Si	Hidrodestilación	1,5	Inglés
(82)	2016	Brasil	<i>O. majorana</i>	15	No	Hidrodestilación	1,6	Inglés
(83)	2017	Turquía	<i>O. majorana</i>	40	No	Hidrodestilación	2,5	Inglés
(84)	2015	India	<i>O. majorana</i>	10	Si	Hidrodestilación	1,2	Inglés
(85)	2016	Marruecos	<i>O. majorana</i>	20	Si	Hidrodestilación	N/D	Inglés
(86)	2012	India	<i>O. majorana</i>	15	No	Hidrodestilación	N/D	Inglés

Sintetizada por los autores

N/D: No disponible

De las 50 publicaciones incluidas, 26 de ellas correspondían a *Mentha piperita* y 24 a *Origanum majorana*, las cuales su contenido podía ser dirigido a: i) método de extracción del aceite esencial y rendimiento; ii) composición química del aceite esencial y iii) efecto antimicrobiano del aceite esencial sobre microorganismos fitopatógenos (figura 3).

Figura 3. Obtención de las publicaciones para el estudio



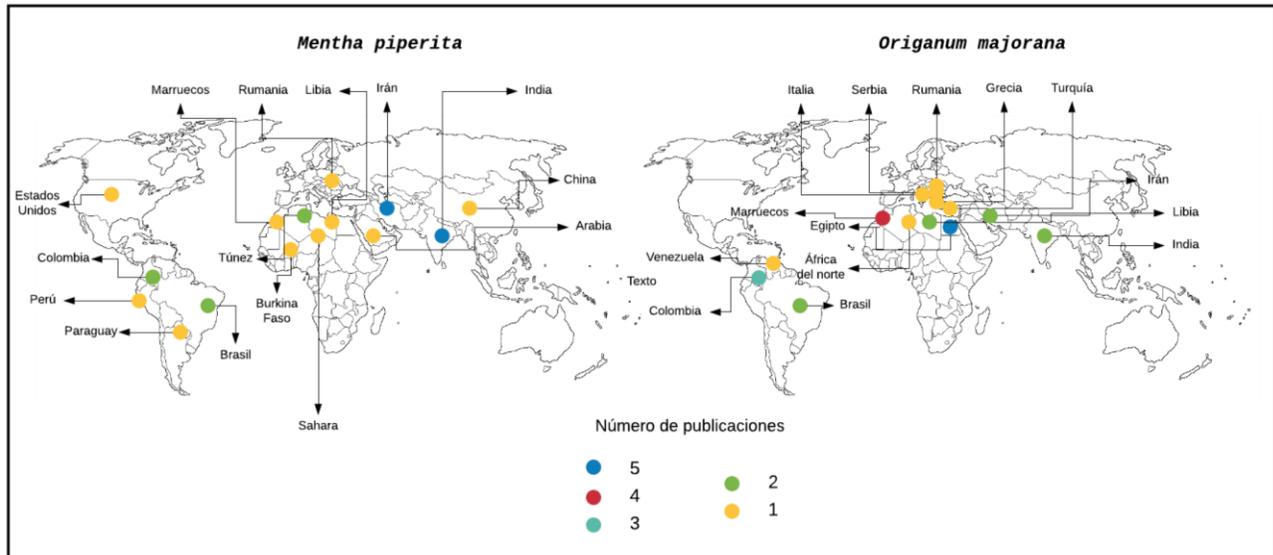
Fuente: Los autores

De las 26 publicaciones correspondientes a *Mentha piperita*: 3 publicaciones contenían los tres criterios, 9 mencionaban el primer y segundo criterio, 1 el segundo y tercero, 4 contenían únicamente el primer criterio, 6 el segundo y 3 el tercer criterio.

De las 24 publicaciones correspondientes a *Origanum majorana*: 10 publicaciones contenían los tres criterios de estudio, 4 contenían el primer y segundo criterio, 3 el segundo y tercer criterio de

estudio, 3 contenían el primer criterio, 2 contenían el segundo criterio, 2 contenían únicamente el tercer criterio.

Figura 4. Distribución geográfica de las publicaciones incluidas en el estudio.

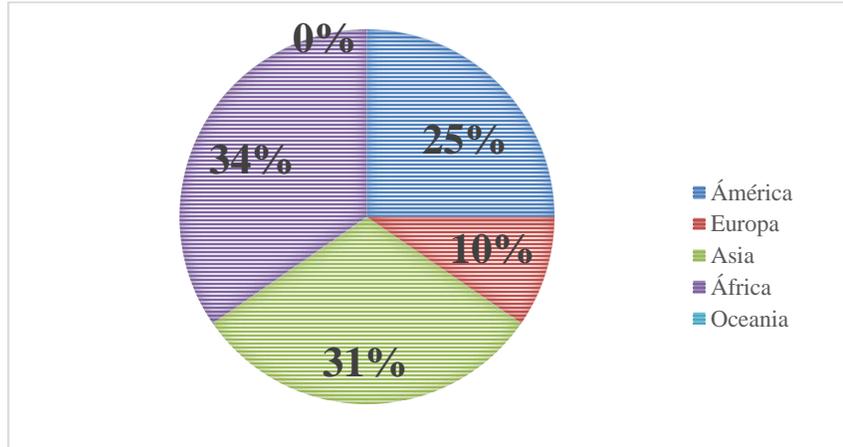


Fuente: Los autores

La distribución geográfica de las publicaciones incluidas en el estudio se puede observar en la figura 4 donde se evidencia que el aceite esencial de cada una de las plantas es más estudiado en países de África y Asia a pesar de ser especies de plantas que se cultivan ampliamente en todo el mundo.

Como se mencionó anteriormente el continente de África presentó un mayor número de informes entre *Mentha piperita* y *Origanum majorana* con un 34,6%, seguido de Asia con 30,8%, América 25%, Europa 6% y Oceanía no presentó ninguna publicación (figura 5).

Figura 5. Porcentaje de los estudios reportados por continentes.



La revisión documental se hizo únicamente en textos publicados en idioma inglés y español, de los cuales el 90% de las publicaciones (45) pertenecieron al idioma en inglés y el 10% restante (5) fueron publicaciones en español.

La mayor cantidad de publicaciones ocurrieron en el año 2017 con 9/50 publicaciones, seguido de los años 2010 y 2013 con 6/50, los años 2015 y 2018 con 5/50, los años 2019, 2016 y 2012 con 4/50 publicaciones y finalmente el año 2011 con 3/50 publicaciones como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6. Número de publicaciones obtenidas por año.

Año	Cantidad de publicaciones
2019	4
2018	5
2017	9
2016	4
2015	5
2014	4
2013	6
2012	4
2011	3
2010	6
<i>Total</i>	<i>50</i>

4.1 Efecto antimicrobiano de los aceites esenciales contra microorganismos fitopatógenos

El efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* en microorganismos fitopatógenos, se determinó mediante el método de difusión en disco, reportado por el halo de inhibición y la dilución en agar medida por la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) reportada en la literatura para cada agente patógeno encontrado. Se encontraron en total 17 publicaciones que demuestran el efecto antibacteriano y antifúngico para cada una de las especies, 6 publicaciones para *Mentha piperita* y 11 para *Origanum majorana*.

4.1.1 Efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Mentha piperita*

Tabla 7. Efecto antifúngico del aceite esencial de *Mentha piperita* en microorganismos fitopatógenos

Microorganismo	Efecto antifúngico		Referencia
	Método		
	Difusión en agar (mm)	MIC (µg/mL)	
<i>Alternaria alternaria</i>	38,16	1,5	(45)
<i>Cladosporium herbarum</i>	23,23	1,5	(45)
<i>Fusarium oxysporum</i>	33,44	1,5	(45)
	72,4		(63)
<i>Fusarium acuminatum</i>	22,5	2,5	(45)
<i>Fusarium Solani</i>	10,22	10	(45)
<i>Fusarium tabacinum</i>	35,24	1,5	(45)
<i>Moliniana fructicola</i>	16,32	5,5	(45)
<i>Rhizoctomia saloni</i>	28,16	1,5	(45)
<i>Sclerotinia menor</i>	10,22	10	(45)
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	15,58	10	(45)
<i>Phytophthora infestans</i>	2,22	N/D	(57)
<i>Aspergillus niger</i>	8	N/D	(59)
	26		(59)
<i>Penicillium digitatum</i>	8	N/D	(59)
<i>Penicillium italicum</i>	8	N/D	(59)
<i>Fusarium sporotrichioides</i>	N/D	500	(48)
<i>Drechslera spicifera</i>	67,8	N/D	(63)
<i>Macrophomina phaseolina</i>	95,3	N/D	(63)

N/D: No disponible

La actividad antifúngica del aceite esencial de *Mentha piperita* es efectiva para los hongos fitopatógenos incluidos en la tabla 7, presentó su mayor efectividad contra *Macrophomina phaseolina* (95,3mm), *Dreschlera spicifera* (67,8 mm) *Alternaria alternaria* (38,16 mm), *Fusarium tabacinum* (35,24mm), *Fusarium oxysporum* (33,44 - 72, 4mm), *Rhizoctomia saloni* (28,16 mm), *Cladosporium herbarum* (23,23 mm) y *Fusarium acuminatum* (22,5 mm); efecto medio en *Moliniana fructicola* (16,32 mm), *Sclerotinia sclerotiorum* (15,58 mm), *Sclerotinia menor* y *Fusarium solani* (10,22 mm) y efecto bajo en *Aspergillus niger*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* (8 mm) y *Phytophthora infestans* (2,22 mm).

El reporte de la concentración mínima inhibitoria mostró un mejor efecto sobre *Alternaria alternaria*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium oxysporum*, *Fuusarium tabacinum* y *Rhizoctomia saloni* con 1,5 µg/mL, seguido de *Fusarium acumiatum* con 2,5 µg/mL, *Moliniana fructicola* con 5,5 µg/mL, *Fusarium solani*, *Sclerotinia menor* y *Sclerotinia sclerotiorum* con 10 µg/mL, y una alta concentración para *Fusarium sporotrichioides* con 500 µg/mL.

Tabla 8. Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Mentha piperita* en microorganismos fitopatógenos

Efecto antibacteriano			
Microorganismo	Método		Referencia
	Difusión en agar (mm)	CMI (µg/mL)	
<i>Clavibacter michiganense</i>	15,05	3,1	(45)
<i>Pseudomonas syringae</i>	3,12	2,5	(45)
<i>Xanthomonas campestris</i>	3,18	80	(45)
<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	38	10	(49)
<i>Agrobacterium vitis</i>	23	1560	(49)

N/D: No disponible

El aceite esencial de *Mentha piperita* de igual manera, mostró actividad antibacteriana en cada uno de los microorganismos analizados (tabla 8), sin embargo, el mayor efecto se ve reflejado en *Agrobacterium tumefaciens* con 38 mm de halo de inhibición, seguido de *Clavibacter michiganense* con 15,05 mm y *Agrobacterium vitis* con 23 mm. Por su parte, *Xanthomonas campestris* y *Pseudomonas syringae* presentaron un halo de inhibición de 3,18 mm y 3,12 mm respectivamente, mostrando un menor efecto inhibitorio.

Por su parte la concentración mínima inhibitoria más óptima se presentó en *Pseudomonas syringae* con 2,5 µg/mL, seguido de *Clavibacter michiganense* con 3,1 µg/mL, *Agrobacterium tumefaciens* con 10 µg/mL, *Xanthomonas campestris* 80 µg/mL y una concentración menos adecuada para *Agrobacterium vitis* con 1560 µg/mL.

4.1.2 Efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Origanum majorana*

El aceite esencial de *Origanum majorana* mostró efectividad de la actividad antifúngica en hongos fitopatógenos, que se incluyen en la tabla 9. Presentó mayor actividad contra *Aspergillus parasiticus* (62.8mm), *Alternaria alternata* (65.71mm), los géneros de *Penicillium* donde hubo inhibición total del crecimiento, *Aspergillus flavus* (31.9mm) y *Phytophthora infestans* con un 80% de inhibición del crecimiento, *Cladosporium cladosporioides* (29.09) y efecto bajo en *Aspergillus niger* (2mm).

Tabla 9. Efecto antifúngico del aceite esencial de *Origanum majorana* en microorganismos fitopatógenos

Microorganismo	Efecto antifúngico		Referencia
	Método		
	Difusión en agar (mm)	MIC (mg/m L)	
<i>Alternaria alternata</i>	65,71 ± 0,08	50	(66)
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	29,09 ± 0,17	50	(66)
	25,93 ± 0,00	50	(66)
<i>Aspergillus niger</i>	40	N/D	(76)
	2		(79)
<i>Verticillium dahliae</i>	N/D	50	(67)
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	Inhibición total de crecimiento	10	(67)
<i>Aspergillus flavus</i>	13	32 – 98	(75)
	31,9	N/D	(83)
<i>Sporothrix brasiliensis</i>	N/D	62	(76)
<i>Fusarium solan</i>	28	N/D	(78)
<i>Phytophthora infestans</i>	Inhibición de un 80% del crecimiento	N/D	(57)
<i>Penicillium expansum</i>	40	N/D	(80)
	5	N/D	(57)
369 cepas fúngicas	11 ± 0 a 28 ± 0	58	(81)
<i>Aspergillus parasiticus</i>	62,8	N/D	(83)

N/D: No disponible

El aceite esencial de *Origanum majorana* mostró actividad antibacteriana en cada uno de los microorganismos analizados (tabla 10), el género *Pseudomonas s.p* es sensible, con un halo de inhibición de 19 mm, igual que *Erwinia carotovera* que tuvo una inhibición total del crecimiento con el tratamiento con este aceite.

Tabla 10. Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Origanum majorana* en microorganismos fitopatógenos

Efecto antibacteriano			
Microorganismo	Método		Referencia
	Difusión en agar (mm)	MIC (mg/mL)	
<i>Pseudomona sp.</i>	19,0 ±1,4	1	(71)
	15		(79)
<i>Erwinia carotovera</i>	Inhibición total de crecimiento	N/D	(76)
<i>368 cepas bacterianas</i>	8 ± 0 a 18,33 ± 0.57	91	(81)

4.2 Composición química de los aceites esenciales

Para la identificación de los principales componentes químicos responsables de la relación existente entre la composición química y la actividad biológica de los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, se realizó la selección de 15 y 20 artículos respectivamente para cada uno, en los cuales se describen los componentes químicos hallados en cada estudio y su porcentaje en la planta. Posteriormente con los componentes hallados se hizo un listado del cual se extrajeron y seleccionaron los componentes encontrados con mayor frecuencia en los estudios y se determinó el promedio en que se encuentra cada uno en la planta.

4.2.1 Composición química del aceite esencial de *Mentha piperita*.

Se obtuvo un total de 102 componentes químicos del aceite esencial de *Mentha piperita* (tabla 11) en los artículos revisados. 13 componentes se hallaron con mayor frecuencia y representan el 99.5% de la planta (tabla 12). Se reportaron características químicas del aceite esencial en diferentes partes del mundo tales como: India, Irán, Arabia Saudita, Brasil, el Sahara, Rumania, Túnez, Marruecos, China, Burkina Faso y Colombia.

Los compuestos identificados en orden de frecuencia fueron: Eucaliptol, Mentol y Acetato de Mentilo en 12/15 publicaciones; β -Pineno y Limoneno (dl-limoneno) 11/15; Mentona (L-Mentona), α -Pineno y β -cariofileno 10/15; Sabineno y Pulegona 9/15; Piperitona 8/15; Linalool 7/15 y Neomentol 6/15. Los componentes restantes no se presentaron en una cantidad significativa de estudios, además sus porcentajes en la planta fueron significativamente inferiores.

Tabla 11. Componentes químicos del aceite esencial de *Mentha piperita*

Componente	India (42)	Irán (43)	Arabia Saudita (45)	Brasil (40)	Sahara (19)	India (46)	Rumania (47)	India (48)	Túnez (50)	Marruecos (51)	China (52)	Irán (53)	Irán (55)	Burkina Faso (56)	Colombia (54)
	Área en la planta (%)														
Limoneno (dl-limoneno)	2,5	2,2		0,4	16	1,1	0,35		8,3	3,01	1,76			6,9	2,24
Eucaliptol (1,8-cineole)	7	4,3	5,1		8,7		1,59		8,5	6,06	2,91	6,7	7,5	5,6	0,28
α -felandreno	3,2	0,1								0,01					
β -felandreno			1,5												
Sesquifelandreno				9,4											
3-Octanol	1,1	0,1			0,3		0,62		10					0,1	2,81
Mentona (L-Mentona)	31,7		25			24	15,7	22		7,42	14,5	2,5		13	0,27
L-Mentol	1,4	45													
Acetato de Mentilo	1,9	0,5	9			2	3,02		16	12,1	12,9	15	2,9	17	0,39
Trans-cariofileno		0,8						5,7							
Neomentol	2,9	4,3							18	4,79	9,26	2,8			
Isomentol	4,2						0,49		17	0,82			30,3		7,23
Isomentona							7,74						26,4		26,2
Hidrato trans-sabineno	6	0,6			0,8					0,24		0,5	0,2		
5-Mentil-2- (1-metiletilideno)-ciclohexanona	18										0,07				
Mentol	1,6	18	36			41	39,7	25	18	46,3	13,7	53		37	0,74
Borneol	9,9														
Óxido de piperitona	1,5							0,2							
Timol	3,2														
5-hidroxi-7-metoxi-2-metilcarbonilo	2,1														

Linoleato de menta

2-Hexenal	0,2															
α -Pineno	0,8			0,7	1,1	0,13	4,4	0,32	0,2	0,3	0,7	0,26				
Camfeno	0															
Sabineno	0,4			0,6	0,07			6,4	1,38	0,2	0,3	0,5	2,5			
β -Pineno	1	2,1	3,8	1,1	0,23			6,1	0,53	0,46	0,6	1,3	0,19			
Mirceno	0,2	1,2	0,8		0,12			7,8	0,52			0,2	0,5	0,2		
Terpineno	0,3			0,3									0,1	0,1		
1-Felandrine	0,1			0,2		0,29			0,03							
3-Careno	0,2															
γ terpineno	0,5			0,4		0,41								0,9	0,3	
Terpinoleno	0,1	2		0,2									0,1	0,1		
Isovalerato de isoamilo	0,2			0,9												
Tuyona	0						0,3									
Mentofurano	8,6	6,9								13,2	11		15,5	6,8		
Pulegona	0,7	1,4	0,5			19		18	4,36			5,4	1,2	44,5		
Piperitona	0,6				2,1	8,5	19		2,31			0,2	0,8	2,81		
3-menteno	0,4															
cis-carane	8,2								0,07							
trans-carane	0,2															
β -boroneno	0,2															
β -elemene	0,1	1,3		0,3									0,29			
trans- β -Farnesene	0,2									0,1		0,7				
Germacreno A							0,7						0,5			
Germacreno B	2,3															
Germacreno D	0,8			2,1			21			1,13	2	0,8	0,5	0,24		
Biciclogermacreno	0,2			0,7									0,06	0,2	0,1	1,3
δ -Cadineno	0															
Óxido de cariofileno	0,1			0,3			2	20		1,37			0,1			
Viridiflorol	0,2															
Eicosane	0,3															
Ftalato de di-isobutilo	0															
Linalool	0,4	52	0,2									16	0,05	0,42	0,2	
trans-Carveol	1,7			0,2			0,09			20						
cis-Carveol	3,5															
Dihidrocarveol													0,12			
Cubenol	0,6			0,2												
Espatulenol	0,1			0,2												
Eugenol	0,3			0,21			0,3		0,11							
Carvona	2,3			50			2,14			1,02			1,4			
cis-dihidrocarbena													3,9			
Thuja-2,4 (10) -dieno							0,3			0,31						

Verbeneno	2,6				0,02						
β -Ocimeno	0,4	0,4				0,07		3,1	0,3		
Epizonareno	0,6										
Epoxiocimeno	19										
Cadineno	4				22	0,18			0,8		
Nonanal	0,1										
δ -terpineol	0,5					0,41					
4-terpineol	1,5	2,18			0,04					0,75	
α -terpineol	0,3	0,45		19	0,03	0,71					
Dihydroedulan IA	0,1										
Acetato de iso hidrocarbilo	0,6										
Acetato de cis-carvilo	0,3										
(Z)-jasmone	0,3					0,09					
β -cariofileno	2,7	5,1	0,11		17	0,55	2,52	2,1	1,2	0,3	0,63
β -copaene	0,2										
Aromadendrene	0,1										
α -humuleno	0,2				0,01						0,22
cis-muurolo-4(14),5-dieno	0,3										
T-cadinol	0,3					0,16					
T-muurolol	0,2					0,06					
Estragol			0,93			0,3					
Trans-anetol			5,37								
β -bourbonene			0,22			0,37	0,23	0,4	0,2	0,4	
3-hexadeceno, (Z)				0,5							
d-allo isoleucine				1,5							
Menthomenthene				1,2							
Capoenol				0,4							
Ciclododecano				0,7							
Pivalato de metilo				0,8							
Candinene				0,7							
Fomepizol				0,2							
3-Octanone					10						
Óxido de limoneno					13						
Iso-pulegol					17	0,15					0,76
Acetato de nerilo					18						
Mirtenol					20						
Crisantenona						0,42					8,07
Neomentil acetato									0,4		
Iso mentil acetato									0,2		
p- cimeno											0,1

El principal componente del aceite esencial de *Mentha piperita* fue el mentol (27,6%), seguido de mentona (15,6%), Pulegona (10,6), Linalool (9,8%), Acetato de mentilo (7,8%), Neomentol (7,0%), Eucaliptol (1,8-cineole) (5,4%), Piperitona (4,6%), Limoneno (dl-limoneno) (4,1%), β -cariofileno (3,3%), β -Pineno (1,6%), Sabineno (1,4%) y α -Pineno (0,9%).

Tabla 12. Principales componentes del aceite esencial de *Mentha piperita*

Componente	Área (%)
Limoneno (dl-limoneno)	4,1
Eucaliptol (1,8-cineole)	5,4
Mentona (L-Mentona)	15,6
Acetato de Mentilo	7,8
Neomentol	7,0
Mentol	27,6
α -Pineno	0,9
Sabineno	1,4
β -Pineno	1,6
Pulegona	10,6
Piperitona	4,6
Linalool	9,8
β -cariofileno	3,3
<i>Total</i>	99,5

4.2.2 Composición química del aceite esencial de *Origanum majorana*.

En el aceite esencial de *Origanum majorana* de acuerdo a la recopilación bibliográfica (tabla 13), se pudieron obtener 42 compuestos químicos, pero solo 13 de estos son característicos y hallados en un 100% de estudios, además de la asociación que se obtuvo a la actividad antimicrobiana de la planta (tabla 14). Los compuestos identificados fueron: Terpin-4-ol, linalool, gamma-terpineno, alfa-terpineno, Hidrato de trans sabineno, alfa-terpineol, alfa-terpinoleno, para-cimeno, Hidrato de cis-sabineno, linalool acetato, beta-cariofileno.

En 8/20 artículos, se hizo la clasificación de los compuestos químicos por grupos, de esta manera representaban el 100% del área de la planta. Los grupos fueron: Hidrocarburos monoterpenos oxigenados (74.7%), Monoterpenos- hidrocarburos (16.8%), Sesquiterpenos (4.4%) y Otros 0.2%.

Tabla 13. Componentes químicos del aceite esencial de *Origanum majorana*

COMPONENTE	Egipto (65)	Egipto(66)	Rumania (67)	Marruecos (68)	Venezuela (69)	Libia (71)	Egipto (41)	Colombia (75)	Irán (76)	Italia (77)	Colombia (78)	África del norte (79)	Egipto (80)	Irán (81)	Brasil (82)	Turquía(83)	India (84)	Marruecos (85)	India (86)
	Área en la planta (%)																		
Triacontan-1-ol	41,1																		
(Z) -9-Tricoseno	15,3																		
Octatriacontane	9,77		4,8																
pentacontan-1-ol	9,0																		
hidroxilamina	7,0																		
piperidina	6,4				1	0,5						0,7							
2-metil-tricosano (alcano)	3,07																		
9-ciclohexil-eicosano (alcano)	2,2																		
Tetrapentacontano	11,5																		
ciclohexadien-1-ol	1,44		0,21																
1-Hexil-2-nitrociclohexano	0,72						0,1												
Trimetilbutano	0,7								4										
6-etil-2-metil-decano (hidrocarburo)	0,6															0,07			
Taurolidina	0,13																		
N- (1-fenil-2-propanil) -1-decanamina	0,6																		
2-Aminononadecane	0,12																		
Terpin-4-ol		26,5		22,3	28,8	26,9	12,6	6	28	29,6	26,3	23,2	39,6		17,2		31,2	29,0	26
linalool		16,2		32,7		1,1	0,12	1	16				16,4	86,4		0,56			19
gamma-terpinen		12,5	14,2	1,21	7,2	4,3	23,2	14	14	13,1	12,5	10,5	6,9		25,7	6,84		18,6	7
trans-sabinen		8,2			4,4	27,1		14,5	4		5	4			0,13	0,26	3,86	6	5
alfa-terpinen		6,8	1,38		3,6	2	19,7	5,2	6,2	6,89	5,6	5,6			17,4	1,79		13	5,6
Sabineno		3,8	2,58	4,57	1,4	1,5	0,11	4,3	2,4		3,5	7,5	11		10,8	0,07	6,91	8,0	10
alfa-terpineol		3,2		3,26	6,9	6	1,94	1,8	6		5	4,7				1,89	3,71	1,7	1,8
alfa-terpinolen		2,8		0,49	2,0	1,1	6,76	1,5	2		2	2,6			3,76	0,15		2,9	
para-cymen		2,3		8,07	2,4	1,6	5,81	3,2	4		2	9	15,1		2,24	8,09	6,83		2,5
Hidrato de cis-sabieno		2			30,2	6,3	6,56	2,6	6,5	8,83	8	17,5	15			0,86	15,8	2,0	2,3
linalool acetat		2	17,4		3,9										1,38				2,2
beta-cariofileno		1,9	7,44	1,73		2,2	1,58	1	2		2	2,1			2,72	0,21			2,2
beta-phellandren		1,6	0,79	0,53	1,5	0,9		1,2	1,5						70,5	0,65			1,6
eremophilen		1,4																	
menth-2-en-1-ol		1,3					0,09		0,9										

limoneno	1,1	1,74		5,4	3,6	3		14,4	0,29	0,33		0,4				
myrcen	1,1	1,41	1,87	0,5	0,6	2,91	2,4	2	0,5		2,08	2,04				
α -Thujene		0,75	0,32	0,2	0,2	2,41		0,3	0,7		3,0	1,73	0,3			
α -Pinene		0,36	0,39		0,4	0,74	0,8	6	0,7		3,06	1,24				
1-Octene		0,75			0,1		0,2									
Benzeno		13,3			0,1	0,73		0,2				0,1	0,1			
cis-Ocymene		6,61				0,35	2,6	1,5	4			0,15				
óxido trans-linalool		0,21											0,5			
Borneol		0,27		0,4	0,1		0,2		0,7			0,65				
Timol		1,89	0,56				1	1	0,5	1,55		0,57	4	0,8	0,8	
fenol		3,5				0,05								2,5		
β -Bourbonene		0,67														
β -Elemene		0,24														
Germacrene-D		9,21					2,8									
α -Farnesene		4,58														
Óxido de cariofileno		1,25		0,6		0,09		0,5	0,6		0,6					
p-pinene			0,33		0,27			0,3	0,3	1,6	11,6	2,46	0,23	0,3		
fenchone			4,89									0,29				
Geraniol			2,52		0,2			2	0,2		1,17					
Carvacrol			0,4		3,6		3,7	3	3,5		3,6		69,5	65	2,1	3,2
cis-para-Menth-2-en-1-ol				2	2,2	0,06			2,1							
trans-para-Menth-2-en-1-ol				1,1	1,1											
eugenol				0,3				0,5								
Bicyclogermacrene				1	1,9	0,02	3					0,02				
camfeno					0,2	0,1		2								
α -phellandrene					0,1	5,43	1	1,5			1,7	0,3		1,5		
1,8-cineole					1											
Thujanol-3-acetate					0,1											
trans-ocymene					0,72	0,06		0,6								

Los principales compuestos del aceite de *Origanum majorana* son los Hidrocarburos Monoterpenos oxigenados, están en mayor cantidad en el aceite esencial y en 18/20 estudios se asocian los compuestos Terpinen-4-ol, cis-Sabinene hydrate, Linalool a la actividad antimicrobiana de la planta.

Tabla 14. Componentes químicos del aceite esencial de *Origanum majorana*.

Componente	Área (%)
α -terpinolene	1,1
γ -terpinene	10,2
α -terpinene	3,5
α -terpineol	4,3
P-Cymene	2,5
Sabinene	2,8
Limoneno	0,8
carvacrol	0,6
Terpinen-4-ol	30,8
Linalool	16,5
Hidrato de cis-sabieno	22,0
Acetato de linalool	2,5
beta-cariofileno	2,5
Timol	0,8
<i>Total</i>	<i>100,9</i>

4.3 Métodos de extracción de los aceites esenciales

Para establecer el método de extracción más usado y de mayor rendimiento de los aceites esenciales, se escogieron 19 artículos que evaluaban a *Mentha piperita* y 24 artículos para *Origanum majorana*. Se recopilaron los métodos utilizados en cada estudio con su respectivo rendimiento para el análisis en cada uno de los casos. Adicionalmente se incluyó el método y porcentaje de rendimiento de extracción obtenido por las autoras.

4.3.1 Métodos de extracción de *Mentha piperita*

Se hallaron únicamente 2 métodos de extracción del aceite esencial de *Mentha piperita* en las publicaciones revisadas, la hidrodestilación se utilizó con más frecuencia en 14/19 estudios y el arrastre por vapor en 5/19. La extracción del aceite esencial de esta especie de planta realizada por las autoras, se obtuvo por destilación de arrastre por vapor, por triplicado, teniendo un rendimiento final de 0,116%.

Los porcentajes de rendimiento para hidrodestilación se reportaron en 9/14 publicaciones, 4/5 para arrastre por vapor y no obstante 6/19 publicaciones no reportaron el porcentaje de rendimiento del aceite esencial.

Tabla 15. Métodos de extracción y porcentaje de rendimiento del aceite esencial de *Mentha piperita*

Método de extracción del AE	Porcentaje de Rendimiento (%)	Referencia
Hidrodestilación	1,79	(42)
Hidrodestilación	N/D	(43)
Hidrodestilación	0,64	(24)
Hidrodestilación	0,64	(44)
Hidrodestilación	N/D	(45)
Hidrodestilación	0,08	(40)
Hidrodestilación	1,04	(19)
Hidrodestilación	N/D	(48)
Arrastre por vapor	0,36	(49)
Arrastre por vapor	0,47	(50)
Hidrodestilación	N/D	(52)
Hidrodestilación	N/D	(53)
Arrastre por vapor	0,1	(54)
Hidrodestilación	2,9	(55)
Arrastre por vapor	N/D	(58)
Arrastre por vapor	0,41	(60)
Hidrodestilación	0,41	(61)
Hidrodestilación	0,6	(62)
Hidrodestilación	3,26	(64)
Arrastre por vapor	0,116	Los autores

N/D: No disponible

Los métodos de extracción obtenidos en las publicaciones se evidencian en la tabla 15, la hidrodestilación se reportó en el 70% de los casos con un rendimiento que oscila entre 0,08% y 3,26%. La destilación de arrastre por vapor, por el contrario, se reportó en un menor número de casos teniendo rendimientos del aceite esencial de 0,1% a 0,47%.

4.3.2 Métodos de extracción de *Origanum majorana*

En la revisión se determinó que los métodos usados con frecuencia son la hidrodestilación y la destilación por arrastre de vapor para la obtención del aceite de *Origanum majorana*. En 17/21 estudios la hidrodestilación fue el método de elección y 2/21 utilizaron la destilación de arrastre de vapor y 1/2 reportaron el porcentaje de rendimiento. Para la hidrodestilación en 14/17 publicaciones se reportó el porcentaje de rendimiento del aceite esencial.

Tabla 16. Métodos de extracción y porcentaje de rendimiento del aceite esencial de *Origanum majorana*.

Método de extracción del AE	Porcentaje de Rendimiento (%)	Referencia
Hidrodestilación	0,46	(65)
Hidrodestilación	1,2	(66)
Hidrodestilación	N/D	(67)
Arrastre por vapor	N/D	(68)
Hidrodestilación	0,62	(69)
Hidrodestilación	2,5	(70)
Hidrodestilación	1,31	(71)
Hidrodestilación	8.51	(72)
Hidrodestilación	11.91	(72)
Hidrodestilación	13.49	(72)
Hidrodestilación	10.36	(72)
Hidrodestilación	1,9	(41)
Headspace (PURGA)	N/D	(73)
Hidrodestilación	N/D	(74)
Hidrodestilación	1,2	(75)
Hidrodestilación	1,32	(76)
Hidrodestilación	N/D	(57)
Headspace (PURGA)	N/D	(77)
Hidrodestilación	3,1	(78)
Hidrodestilación	1,85	(79)
Arrastre por vapor	0,116	Los autores

N/D: No disponible

DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica realizada para el presente estudio permitió determinar que el campo de los aceites esenciales extraídos de plantas, es cada vez más investigado en diferentes lugares del mundo, debido a su utilidad en la conservación de alimentos, productos farmacéuticos, medicina alternativa y terapias naturales. Son fuentes potenciales de nuevos compuestos antimicrobianos, especialmente contra patógenos bacterianos y, en los últimos años, se han realizado numerosas investigaciones sobre sus actividades antimicrobianas tal y como lo afirma Mijat Božović et al. (87).

A pesar del potencial de los aceites esenciales como agentes antimicrobianos, su efecto se ha evaluado ampliamente en microorganismos que afectan la salud humana debido a la resistencia a medicamentos generada por los mismos, que ha aumentado en los últimos años. Las investigaciones sobre microorganismos fitopatógenos son limitadas, sin embargo, los resultados obtenidos presentan fuerte actividad biológica contra bacterias y hongos patógenos de interés agrícola.

Si bien la mayoría de fuentes describen el origen de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* en Europa, es posible encontrarlas en casi cualquier parte del mundo (figura 4), debido a que presentan distribución subcosmopolita y es muy diversa en zonas templadas. Los estudios analizados corresponden en su mayoría a las regiones del norte de África y Asia (figura 5) y es comparable con la revisión de Martínez Gordillo et al. (88) en donde indica que las plantas pertenecientes a la familia *Lamiaceae* a pesar de tener distribución mundial se encuentran particularmente en el Mediterráneo y Asia.

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas, volátiles generalmente destilables, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y son de importancia en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica. Para la extracción del aceite esencial se utilizan distintos tipos de destilación, entre las más comunes se encuentran la destilación de arrastre por vapor, la hidrodestilación o destilación con agua y variaciones de estos métodos. El método más frecuentemente descrito en la literatura para la extracción del aceite esencial de *Mentha piperita* y

Origanum majorana fue la hidrodestilación (tablas 15 y 16), cuyo principio es llevar a estado de ebullición una suspensión acuosa de un material vegetal aromático, de tal manera que los vapores generados se condensan y colecten (33). Como lo explica SthalBiskup (89) la hidrodestilación es un método aprobado que se utiliza de referencia para la cuantificación de aceites esenciales; aunque en un estudio realizado por Gavahian et al. (55) donde se compararon los dos métodos de extracción, los aceites esenciales obtenidos fueron casi similares en sus propiedades físicas y composiciones químicas, lo que sugiere a la destilación de arrastre por vapor como un método de referencia alternativo para la extracción cualitativa de aceites esenciales.

La técnica de hidrodestilación es más efectiva en la extracción de metabolitos secundarios volátiles, en comparación con la destilación de arrastre por vapor en cada una de las especies de plantas. Esta técnica presenta ciertas ventajas destacables en cuanto a la obtención de aceites con un mayor número de compuestos y una gran proporción de compuestos oxigenados, además de ser un procedimiento sencillo, reproducible, económico y rápido. De acuerdo con M. Meza et al. (90) se obtienen un mayor número de compuestos por la hidrodestilación que en la destilación de arrastre por vapor en donde se detectan pocos terpenos de bajo peso molecular, frente a una abundancia de sesquiterpenos.

El rendimiento de los aceites esenciales varió de acuerdo al lugar de origen de las especies de plantas, para *Mentha piperita* el mayor rendimiento se obtuvo en la región de Irán (3,26%) y el menor en Brasil (0,08%); en el caso de *Origanum majorana* el mayor rendimiento se presentó en Libia (13,49%) y el menor en Venezuela (0,62%), de acuerdo a lo descrito por Stachenko et al. (37,78) esta variación es debida a los factores que influyen sobre el rendimiento de los aceites esenciales tales como: el origen de la planta, las condiciones geobotánicas (clima, altitud, tipo de suelo, luminosidad, pluviosidad, temperatura, métodos de cultivo), el disolvente usado, método de extracción del aceite, época de recolección y edad de las plantas. Sonja Duletić-Laušević et al. (72), explica que un alto rendimiento como el del aceite esencial en Libia, se debe al uso de disolventes etanólicos.

Los aceites esenciales de plantas superiores son de naturaleza volátil y una mezcla compleja de monoterpenos (C10) y sesquiterpenos (C15); aunque también pueden estar presentes diterpenos (C20), y una variedad de hidrocarburos alifáticos, alcoholes, ácidos, aldehídos, ésteres acíclicos o

lactonas de bajo peso molecular y compuestos que contienen excepcionalmente N y S, cumarinas y homólogos de fenilpropanoides (46). Los porcentajes de compuestos varían de acuerdo al clima al que estuvo expuesto el cultivo de la planta, días más soleados podrían causar una mayor producción de compuestos de autodefensa contra la radiación y los microbios.

Se hallaron más de 100 compuestos químicos reportados en la literatura en el aceite esencial de *Mentha piperita*, los compuestos más frecuentes fueron el mentol, eucaliptol, acetato de mentilo, β -pineno, limoneno, mentona, α -pineno, β -cariofileno, sabineno, pulegona, piperitona, linalool y neomentol. El mentol fue el componente con mayor porcentaje general de área en la planta, sin embargo no fue constante en todos los estudios, en las regiones de Suramérica este componente no se identificó en un porcentaje significativo; en Colombia el mentol representó el 0,74% del área de la planta y en Brasil no tuvo porcentaje alguno, en compensación los componentes mayoritarios en cada caso fueron isomentona (26,2%) y linalool (51,8%) respectivamente, por lo tanto, el mentol no siempre es en el componente principal del aceite de menta. El análisis de la composición química general de la menta de este estudio es similar al de Mohaddese Mahboubi y Nastaran Kazempou (45) que mostró la presencia de mentol y mentona como los componentes principales del aceite de menta.

Los componentes químicos mayoritarios encontrados en los aceites esenciales de ambas especies presentan quimiotipos diferentes en varias partes del mundo, algunos con componentes característicos en gran cantidad y otros en concentraciones de estos más bajas. Como lo explica Arango et al. (6) estas diferencias químicas están relacionadas con las características de los suelos, las condiciones climáticas y con variaciones genéticas intraespecíficas, además del método de extracción del aceite esencial.

Mentha piperita y *Origanum majorana*, por ser pertenecientes a la familia de las lamiáceas presentan bajo contenido de alcaloides, en comparación con otras familias de plantas, esta propiedad les brinda ventaja en el campo de los antimicrobianos, puesto que una cantidad alta de alcaloides le confiere la toxicidad al aceite esencial. A los alcaloides se les atribuye el efecto bacteriostático, pero como lo explica Yupanqui (91), los aceites esenciales de esta familia poseen otros compuestos (propios de cada especie) con fuerte actividad antimicrobiana.

Las bacterias y los hongos son patógenos importantes de los cultivos, así como de los productos alimenticios almacenados, la FAO (92) informa que causan pérdidas del 40-50%. El uso de plaguicidas para contrarrestar el efecto de estos patógenos se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico y abiótico, adicionalmente su uso intensivo da lugar a nuevos brotes de plagas (reapariciones), selecciona poblaciones de plagas resistentes aumentando el riesgo para la salud humana y el medio ambiente, así lo indica Puerto Rodríguez (93).

El método de difusión en disco y la concentración mínima inhibitoria determinaron que los aceites esenciales de ambas especies presentan propiedades biológicas favorables contra hongos y bacterias fitopatógenas.

Las bacterias asociadas a plantas causan enfermedades graves en los cultivos agrícolas en todo el mundo. La pérdida de rendimiento reportada debido a enfermedades pre y postcosecha es de aproximadamente el 40% de los cultivos anuales, *Xanthomonas*, *Erwinia* y *Pseudomonas* (46) son los principales géneros de bacterias en la causa de enfermedades de plantas. La presente revisión permitió identificar el efecto *in vitro* del aceite esencial de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* (tabla 8 y 10) contra algunas bacterias fitopatógenas.

El aceite esencial de *Mentha piperita* mostró actividad antibacteriana contra las cinco bacterias evaluadas (*Agrobacterium tumefaciens* > *Clavibacter michiganense* > *Agrobacterium vitis* > *Xanthomonas campestris* > *Pseudomonas syringae*). El componente principal del aceite esencial que se asocia con el efecto antimicrobiano, como lo indica Rajinder Singh et al. (24), es el mentol, pero no se puede descartar un efecto sinérgico de los otros componentes del aceite de menta, aunque Nagarjuna et al. (45) sugiere que los principales constituyentes del aceite esencial (según sea el caso) son los que determinan la actividad antibacteriana.

El mecanismo de acción del aceite sobre las bacterias, da Silva Ramos et al. (40), en un estudio, determinó que el aceite esencial actúa directamente sobre la pared celular bacteriana, las proteínas desnaturizantes y coagulantes. Específicamente, actúan alterando la permeabilidad de la membrana citoplásmica por los iones de hidrógeno (H⁺) y el potasio (K⁺), por lo tanto, la modificación de los gradientes de concentración de iones, conduce al deterioro de los procesos celulares esenciales, como el transporte de electrones, las proteínas de translocación, las etapas de

la fosforilación oxidativa y otras reacciones dependientes de las enzimas, lo que resulta en la pérdida del control quimiosmótico de la célula afectada, lo que lleva a muerte celular.

El efecto antifúngico del aceite esencial de *Mentha piperita* sobre hongos fitopatógenos se describe en mayor cantidad en la literatura comparado con el efecto antibacteriano. Según la literatura, el aceite de menta es efectivo contra *Macrophomina phaseolina* > *Dreschlera spicifera* > *Alternaria alternaria* > *Fusarium tabacinum* > *Fusarium oxysporum* > *Rhizoctonia saloni* > *Cladosporium herbarum* > *Fusarium acuminatum* > *Moliniana fructicola* > *Sclerotinia sclerotiorum* > *Sclerotinia menor* y *Fusarium solani* > *Aspergillus niger* > *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum* > *Phytophthora infestans*. El resultado de este estudio es comparable con el estudio de Marina D. Sokovic et al. (94) donde comparan la actividad antifúngica del aceite esencial de *Thymus* y *Mentha* en hongos clínicos y fitopatógenos, y como resultado se inhibe el crecimiento de los hongos en presencia del aceite esencial de *Mentha piperita*.

Mohammad Jamal et al. (53), sugieren que el mentol, al ser un monoterpeno fenólico tiene un grupo hidroxilo alrededor del anillo fenólico y muestra su actividad antifúngica, a través de la ruptura de la membrana citoplasmática. Rachitha et al. (48) lo explican más detalladamente, puesto que los resultados de su estudio demuestran que después del tratamiento con el aceite esencial de *Mentha piperita* la liberación de constituyentes celulares (protones intracelulares) aumentó acorde al tiempo de exposición, lo que sugiere daño irreversible en las membranas citoplasmáticas.

Las propiedades antimicrobianas del aceite esencial de *Origanum majorana* se asocian a la alta proporción de monoterpenos oxigenados y especialmente a sus principales constituyentes, como terpinen-4-ol, α -terpinol, α -pinene y p- cimeno, también, otros compuestos como el γ -terpineno y el sabineno tienen propiedades antimicrobianas eficaces (71). Los terpenos inducen alteraciones en la permeabilidad celular entrando entre las cadenas acilo grasas que forman las bicapas lipídicas de la membrana, lo que conduce a la acumulación de lípidos y provoca cambios en las propiedades y funciones de la membrana, esta acción es efectiva en la inhibición del crecimiento antimicrobiano.

Las propiedades antifúngicas de estos compuestos están conectadas a su capacidad para bloquear la síntesis de ATP y ergosterol. El contenido de eugenol parece ser responsable del efecto antifúngico más alto, la eficacia antifúngica ligeramente más baja del eugenol, en el caso de timol

y carvacrol podría explicarse por una menor hidrofobicidad y una estructura molecular diferente de eugenol, especialmente debido a la presencia del grupo metoxi, lo que resulta en una menor capacidad para liberar un protón del grupo hidroxilo, así lo indica Martin Zabka et al. (66).

En un estudio realizado por Sulymar Ramos et al. (69) entre los componentes del aceite esencial de *Origanum majorana* se encontró que habían dos fracciones comunes: Fracción A, que corresponde al hidrato de cis-sabineno, sustancia que mostró mayor actividad antibacteriana, posiblemente porque el grupo OH está al lado de un metilo; y la fracción C, el terpinen-4-ol, a quien se asoció menor actividad porque tiene un grupo isopropilo junto al OH.

En varios estudios se pudo hacer una comparación de la actividad antibacteriana del aceite de *Origanum majorana*. Es altamente variable contra las bacterias gramnegativas, ya que muchas de estas poseen una resistencia a los componentes del aceite, en comparación con las bacterias grampositivas (23). Los aceites esenciales están expuestos a factores tanto químicos como físicos que participan en la pérdida de la actividad biológica, la eficacia de los aceites esenciales se puede ver afectada por el tiempo de almacenamiento de estos, como lo indica Lopez-Reyes et al.(77) al tratar un cultivo de manzanas infectado con *B. cinerea* y *P. expansum* con aceite esencial de *Origanum majorana* y donde la eficacia del tratamiento, fue mayor después de 15 días, que después de 30 días de almacenamiento a 4,01 °C. Esta situación podría sugerir que los tratamientos con aceites esenciales se deben usar para tiempos de almacenamiento cortos o se deben repetir después de un período de tiempo definido, dependiendo del cultivar de la fruta; además otro factor es la oxidación de los compuestos mono y sesquiterpénicos esta acción podría llevar a la pérdida de su actividad biológica, un mayor contenido de compuestos hidrogenados conduce a susceptibilidad a la oxidación, además de la temperatura y la luz (66).

Estos hallazgos sugieren que el aceite esencial de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* representa una fuente potencial de compuestos efectivos contra hongos y bacterias fitopatógenas, y podrían usarse como compuestos naturales para el control de enfermedades en cultivos, evitando pérdidas en cultivos importantes, vegetales y plantas frutales. Los aceites esenciales son materia prima valiosa para el aislamiento de sustancias de elevado valor agregado, estas son base para la síntesis de vitaminas, fitofármacos, fijadores y biocontroladores.

Colombia es un país muy diverso, goza de condiciones agrícolas, climáticas, suelos, precipitaciones, temperaturas, etc., para establecer cultivo de plantas aromáticas para la producción a partir de ellas, aceites esenciales de calidad requerida internacionalmente. En la actualidad el estudio de productos naturales tienen un gran auge, ya que se contribuye al desarrollo de una nueva industria con mayores beneficios, donde hay optimización del uso de la tierra dando valor agregado a la materia prima, modificación e incorporación de nuevos productos (biorreguladores), para el uso agrícola verde; además de ser productos con menor costo su producción, es ventajosa y económica en comparación con la elaboración de mezclas sintéticas, se tendría la oportunidad de una nueva agroindustria y así la exportación de productos naturales que compitan internacionalmente (37).

CONCLUSIONES

La hidrodestilación es una técnica sencilla, económica y rápida, óptima para la extracción del aceite esencial de *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, puesto que con este método se obtienen rendimientos óptimos del aceite esencial, además de componentes de importancia en la evaluación de la actividad antimicrobiana.

El efecto antimicrobiano de las plantas de la familia *Lamiaceae*, a la que pertenecen *Mentha piperita* y *Origanum majorana*, está asociado a la presencia de monoterpenos oxigenados, se puede inferir que por la variedad de quimiotipos que existen de estas plantas en el mundo, no se puede asociar un solo componente a esta actividad, ya que difiere según el componente principal de cada planta y además no se descarta un sinergismo entre todos ellos, para lograr cumplir su función como antimicrobiano.

Los aceites esenciales de *Mentha piperita* y *Origanum majorana* poseen propiedades antibacterianas y antifúngicas importantes contra microorganismos fitopatógenos, ofreciendo la posibilidad de ser utilizados en plaguicidas sostenibles y ecológicos. La literatura disponible sobre el efecto antibacteriano que poseen los aceites esenciales en microorganismos fitopatógenos es limitada, sin embargo, muestran resultados favorables.

Mentha piperita y *Origanum majorana* se encuentran distribuidas en todo el planeta, pero son de mayor interés investigativo en las regiones del Norte de África y Asia, debido a que se encuentran en mayor cantidad en esta zona por ser el lugar donde se describe su origen. En general, el aceite esencial de ambas especies actúa sobre la membrana citoplasmática, alterando las funciones básicas de las células de manera irreversible, causando muerte celular, por lo tanto, ofrece la posibilidad de ser utilizado en plaguicidas sostenibles y ecológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asociación Vida Sana. Microorganismos del suelo y biofertilización [Internet]. Barcelona; 2015 [cited 2019 Jun 11]. Available from: http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=CROPS-FOR-BETTER-SOIL_formacion-5.pdf
2. Universidad Nacional de Colombia. D, Rivera D, Estrada G, Obando M, Bonilla R, Camelo M. Efecto de diferentes plaguicidas sobre el crecimiento de *Azotobacter chroococcum* [Internet]. Vol. 12, Revista Colombiana de Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia; 2010 [cited 2019 Apr 10]. 94–102 p. Available from: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/15566>
3. Toxicidad de agroquímicos y prevenir resistencia a plaguicidas [Internet]. [cited 2019 Apr 10]. Available from: http://www.agro-tecnologia-tropical.com/toxicidad_agroqu_micos.html
4. Vélez R, D'Armas H, Jaramillo C, Vélez E. Metabolitos secundarios , actividad antimicrobiana y letalidad de las hojas de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) y *Melissa officinalis* (toronjil). *FACSalud*. 2018;1:31–9.
5. Brechelt A. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. 2004;1–36. Available from: http://www.cultivopapaya.org/wp-content/uploads/Manejo_Ecologico_de_Plagas_A.Bretchel.pdf
6. Arango, Oscar; Hurtado, Andrés; Pantoja, Diana; Santacruz L. Antifungal activity of essential oil of *Lippia origanoides* H.B.K on the growth of *Phytophthora infestans*. *Acta Agronómica*. 2015;64:116–24.
7. İşcan G, Kirimer N, Kürkcüoğlu M, Başer H, Demirci F. Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *J Agric Food Chem*. 2002;50(14):3943–6.
8. Cruz M, Martin EL, Mora ML, Roque B. Actividad antifúngica del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* para el control de *Macrophomina phaseolina*. *Cent Agrícola*. 2008;35(3):83–6.
9. Barrera L, García L. Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. aislado de papaya (*Carica papaya*). *Rev Cient UDO Agric*. 2008;8(1):33–41.

10. Betti L, Trebbi G, Majewsky V, Scherr C, Shah-Rossi D, Jäger T, et al. Use of homeopathic preparations in phytopathological models and in field trials: a critical review. *Homeopathy*. 2009;98(4):244–66.
11. Bajpai VK, Tae JL, Sun CK. Chemical composition and in vitro control of agricultural plant pathogens by the essential oil and various extracts of *Nandina domestica* Thunb. *J Sci Food Agric*. 2009;89(1):109–16.
12. Borboa-Flores, J, Rueda-Puente, EO, Acedo-Félix, E, Ponce, JF, Cruz-Villegas, M, García-Hernández, JL, Ortega-Nieblas M. Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales contra *Clavibacter michiganensis* subespecie *michiganensis*. *Trop Subtrop Agroecosystems*. 2010;12:539–47.
13. Quintana-obregón EA, Plascencia-jatomea M. Inhibición del crecimiento de *Penicillium chrysogenum* por presencia de aceites de *Cinnamomum zeylanicum*, *Allium cepa* y *Cymbopogon citratus*. *Rev Mex Micol* [Internet]. 2010;32:59–62. Available from: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmm/v32/v32a7.pdf>
14. Ibrahim B, Al-Naser Z. Analysis of fruits schinus molle extractions and the efficacy in inhibition of growth the fungi in laboratory. *Int J ChemTech Res*. 2014;6(5):2799–806.
15. Badawy MEI, Abdelgaleil SAM. Composition and antimicrobial activity of essential oils isolated from Egyptian plants against plant pathogenic bacteria and fungi. *Ind Crops Prod*. 2014;52(January 2018):776–82.
16. Gormez A, Bozari S, Yanmis D, Gulluce M, Sahin F, Agar G. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of two species of Lamiaceae against phytopathogenic bacteria. *Polish J Microbiol*. 2015;64(2):121–7.
17. Elshafie HS, Ghanney N, Mang SM, Ferchichi A, Camele I. An In Vitro Attempt for Controlling Severe Phytopathogens and Human Pathogens Using Essential Oils from Mediterranean Plants of Genus *Schinus* . *J Med Food*. 2016;19(3):266–73.
18. Rodríguez Rodríguez LD, Jiménez Rodríguez ÁA, Murillo Arango W, Rueda Lorza EA, Méndez Arteaga JJ. Actividad antimicrobiana de cáscaras y semillas de *Citrus limonia* y *Citrus sinensis*. *Actual Biológicas*. 2017;39(106):53–9.
19. Bardaweel SK, Bakchiche B, ALSalamat HA, Rezzoug M, Gherib A, Flamini G. Chemical composition, antioxidant, antimicrobial and Antiproliferative activities of essential oil of *Mentha spicata* L. (Lamiaceae) from Algerian Saharan atlas. *BMC*

- Complement Altern Med. 2018;18(1):1–7.
20. Pérez N. Universidad Nacional de Colombia: Colecciones [Internet]. 2014 [cited 2019 Apr 5]. Available from: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/651385/>
 21. Salehi B, Stojanović-Radić Z, Matejić J, Sharopov F, Antolak H, Kręgiel D, et al. Plants of Genus *Mentha*: From Farm to Food Factory [Internet]. Vol. 7, Plants. 4 September 2018; 2018. 70 p. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6161068/?fbclid=IwAR0e8LFKUmtlPbQS0iymw7-KTOVYq8p64JNRxRIR4oEaO4ek17xkxOfmMzk>
 22. Kumar B, Kumar U, Yadav HK. Identification of EST–SSRs and molecular diversity analysis in *Mentha piperita*. *Crop J* [Internet]. 2015;3(4):335–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cj.2015.02.002>
 23. Carrieri A, Rosato A, Fracchiolla G, Carocci A, Catalano A, Franchini C, et al. Elucidation of the synergistic action of *Mentha Piperita* essential oil with common antimicrobials. *PLoS One* [Internet]. 2018;13(8):e0200902. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200902>
 24. Singh R, Shushni MAM, Belkheir A. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arab J Chem* [Internet]. 2015;8(3):322–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>
 25. Fernández J. Universidad Nacional de Colombia: Colecciones [Internet]. 2007 [cited 2019 Apr 5]. Available from: <http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/detail/261656/>
 26. Cuba. Comisión Nacional Asesora en Investigaciones de Plantas Medicinales. E, Leal López IM, Fuentes Hernández L, Carballo Guerra C, Rodríguez Ferradá CA. Investigaciones farmacognósticas en *Origanum majorana* L. [Internet]. Vol. 9, Revista Cubana de Plantas Medicinales. Habana: Editorial Ciencias Médicas; 1996 [cited 2019 Apr 5]. 0–0 p. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962004000100003
 27. Herbario Universidad de Antioquia, Medellín Colombia. Fotógrafo: Tobón A. Mejorana - *Origanum majorana* L. [Internet]. 2008 [cited 2019 Apr 5]. Available from: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/ova/?q=node/464>
 28. Guevara Galárraga ER, López Sampedro SE. Actividad antimicrobiana del extracto hidroetanólico de mejorana (*Origanum majorana*). *Caribeña Ciencias Soc* [Internet]. 2018

- Nov 29 [cited 2019 Apr 5];(noviembre). Available from:
<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/11/origanun-majorana.html>
29. Roig y Mesa JT, Tomás J. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. 1974 [cited 2019 Apr 5]; Available from: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1151>
 30. Lubbe A, Verpoorte R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Ind Crops Prod* [Internet]. 2011;34(1):785–801. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>
 31. Alzamora L, Morales L, Fernández G. Medicina tradicional en el Perú: Actividad antimicrobiana in vitro de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas. *An la Fac Med Univ Nac Mayor San Marcos* [Internet]. 2001;62:156–61. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37962208>
 32. Ortuño Sánchez MF. Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes [Internet]. Aiyana; 2006 [cited 2019 Apr 6]. Available from: https://books.google.com.co/books/about/Manual_práctico_de_aceites_esenciales_a.html?id=cW5TsDKqx9wC&redir_esc=y
 33. Albarracín G, Gallo S. Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando Piper aducum (cordoncillo) procedente de la zona cafetera [Internet]. Manizales; 2003 [cited 2019 Apr 9]. Available from: <http://bdigital.unal.edu.co/989/1/gloriacristinaalbarracinmontoya.2003.pdf>
 34. Mariano; Neumayer F. Introduccion a la obtencion de aceites esenciales del limon. *Invenio* [Internet]. 2004;7(12). Available from: <http://www.redalyc.org/html/877/87701214/>
 35. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas [Internet]. Bogotá; 2015. p. 35. Available from: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales
 36. Peredo HA, Palou E, Lopez A. Aceites esenciales: Métodos de extracción [Internet]. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. México; 2009. p. 24–32. Available from: [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Peredo-Luna-et-al-2009.pdf)
 37. Elena S. Aceites Esenciales [Internet]. 1st ed. Bucaramanga; 2009 [cited 2019 Apr 6].

- 35.40. Available from: www.loviuuu.com/wedesignyouenjoy.
38. Ávalos-García A, Pérez-Urrutia E. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca Biol Ser Fisiol Veg* [Internet]. 2009;2(3):119–45. Available from: <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/viewFile/798/814>
39. Flores Gutiérrez MC. Investigación de los aceites esenciales, sus características y finalidad de uso : análisis del estado de su regulación en Chile y el mundo. 2010 [cited 2019 Apr 6]; Available from: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/105352>
40. Da Silva Ramos R, Rodrigues ABL, Farias ALF, Simões RC, Pinheiro MT, Ferreira RMDA, et al. Chemical Composition and in Vitro Antioxidant, Cytotoxic, Antimicrobial, and Larvicidal Activities of the Essential Oil of *Mentha piperita* L. (Lamiaceae). *Sci World J*. 2017;2017.
41. Oil. A and AA of M (*Origanum majorana* L. E, 1A.Z.M. Badee, 2R.K. Moawad, 1M.M. ElNoketi 2M.M. Gouda 1Food. Antioxidant and Antimicrobial Activities of Marjoram (*Origanum majorana* L.). 2013;9(2):1193–201.
42. Rajkumar V, Gunasekaran C, Kanitha I, Dharmaraj J, Chinnaraj P, Amita C. Toxicity , antifeedant and biochemical efficacy of *Mentha piperita* L . essential oil and their major constituents against stored grain pest. *Pestic Biochem Physiol* [Internet]. 2019;(February):0–1. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.02.016>
43. Ashra B, Rashidipour M, Marzban A, Soroush S. *Mentha piperita* essential oils loaded in a chitosan nanogel with inhibitory effect on biofilm formation against *S. mutans* on the dental surface. 2019;212(December 2018):142–9.
44. Ahmad B, Jahan A, Sadiq Y, Jaleel H, Khan MMA. Radiation-mediated molecular weight reduction and structural modification in carrageenan potentiates improved photosynthesis and secondary metabolism in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Int J Biol Macromol*. 2019;124:1069–79.
45. Nagarjuna D, Al-rajab AJ, Sharma M, Mary M, Ramachandra G, Albratty M. Chemical constituents, in vitro antibacterial and antifungal activity of *Mentha x Piperita* L. (peppermint) essential oils. *J King Saud Univ - Sci* [Internet]. 2017; Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksus.2017.07.013>
46. Pooja Singh and Abhay K. Pandey. Prospective of Essential Oils of the Genus *Mentha* as Biopesticides: A Review. *Front Plant Sci*. 2018;9(September):1–14.

47. Mogosan C, Vostinaru O, Oprean R, Heghes C, Filip L, Balica G, et al. Antinociceptive Effects of the Essential Oils from Three Species of *Mentha* Cultivated in Romania.
48. Rachitha P, Krupashree K, Jayashree G V, Gopalan N, Khanum F. Growth Inhibition and Morphological Alteration of *Fusarium sporotrichioides* by *Mentha piperita* Essential Oil. *Pharmacognosy Res* [Internet]. 2017 [cited 2019 Apr 11];9(1):74–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28250658>
49. Hsouna A Ben, Touj N, Hammami I, Dridi K, Al-ayed AS, Hamdi N. Chemical Composition and in vivo Efficacy of the Essential Oil of *Mentha piperita* L. in the Suppression of Crown Gall Disease on Tomato Plants. 2019;2019:1–8.
50. Bellassoued K, Hsouna A Ben, Athmouni K, Pelt J Van, Ayadi FM, Rebai T. Protective effects of *Mentha piperita* L. leaf essential oil against CCl₄ induced hepatic oxidative damage and renal failure in rats. 2018;1–14.
51. Marwa C, Fikri-Benbrahim K, Ou-Yahia D, Farah A. African peppermint (*Mentha piperita*) from Morocco: Chemical composition and antimicrobial properties of essential oil. *J Adv Pharm Technol Res* [Internet]. 2017 [cited 2019 Apr 11];8(3):86–90. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28795021>
52. Sun Z, Wang H, Wang J, Zhou L, Yang P. Chemical Composition and Anti-Inflammatory, Cytotoxic and Antioxidant Activities of Essential Oil from Leaves of *Mentha piperita* Grown in China. 2014;1–15.
53. Saharkhiz MJ, Motamedi M, Zomorodian K, Pakshir K, Miri R, Hemyari K. Chemical Composition, Antifungal and Antibiofilm Activities of the Essential Oil of *Mentha piperita* L. 2012;2012.
54. Roldán L, Díaz G, Durringer J. Composition and antibacterial activity of essential oils obtained from plants of the Lamiaceae family against pathogenic and beneficial bacteria. *Rev Colomb Ciencias Pecu* [Internet]. 2007 Sep 7 [cited 2019 Apr 11];23:364–87. Available from: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/bk-2007-0967.ch018>
55. Gavahian M, Farhoosh R, Farahnaky A, Javidnia K, Shahidi F. Comparison of extraction parameters and extracted essential oils from *Mentha piperita* L. using hydrodistillation and steamdistillation. *Int Food Res J*. 2015;22(1):283–8.
56. Henri I, Bassolé N, Lamien-medea A, Bayala B, Tirogo S, Franz C, et al. Composition and Antimicrobial Activities of *Lippia multiflora* Moldenke, *Mentha x piperita* L. and

- Ocimum basilicum* L. Essential Oils and Their Major Monoterpene Alcohols Alone and in Combination. 2010;7825–39.
57. Carrillo YA, Gomez MI, Cotes JM, Ñustez C. Efecto de algunos aceites esenciales sobre el crecimiento de *Phytophthora infestans* (Mont .) de Bary en condiciones de laboratorio Effect of some essential oils on the growth of *Phytophthora infestans* (Mont .) de Bary under laboratory conditions. *Agron Colomb*. 2010;28(2):245–53.
 58. Rojas J, Palacios O. In vitro anti- *Trypanosoma cruzi* activity of essential oils of ten medicinal plants. 2010;71(3):161–5.
 59. Martínez PN. Evaluación del poder antifúngico de los extractos de romero, menta y salvia sobre hongos que atacan a las naranjas. 2013;28–32.
 60. Zheljzkov VD, Astatkie T. Distillation waste water can modify peppermint (*Mentha × piperita* L .) oil composition. *Ind Crop Prod* [Internet]. 2012;36(1):420–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.10.007>
 61. Verma RS, Pandey V, Padalia RC, Saikia D, Krishna B. Chemical composition and antimicrobial potential of aqueous distillate volatiles of Indian peppermint (*Mentha piperita*) and spearmint (*Mentha spicata*). *J Herbs, Spices Med Plants*. 2011;17(3):258–67.
 62. Freire MM, Jham GN, Dhingra OD, Jardim CM, Barcelos RC, Valente VMM. Composition, antifungal activity and main fungitoxic components of the essential oil of *mentha piperita* L. *J Food Saf*. 2012;32(1):29–36.
 63. Taylor P, Moghaddam M, Pourbaige M, Tabar HK, Farhadi N. Journal of Essential Oil Bearing Plants Composition and Antifungal Activity of Peppermint (*Mentha piperita*) Essential Oil from Iran. 2013;(August 2014):37–41.
 64. Moghtader M. In vitro antifungal effects of the essential oil of *Mentha piperita* L. and its comparison with synthetic menthol on *Aspergillus niger*. *African J Plant Sci*. 2014;7(11):521–7.
 65. Selim, Samy A; Abdel Aziz, Mohamed H.; Mashait, Mona S.; Warrad, Mona F, Aziz MHA, Mashait MS, Warrad MF. Antibacterial activities, chemical constitutes and acute toxicity of Egyptian *Origanum majorana* L., *Peganum harmala* L. and *Salvia officinalis* L. essential oils. *African J Pharm Pharmacol* [Internet]. 2013;7(13):725–35. Available from: <http://www.academicjournals.org/AJPP>
 66. Zabka M, Pavela R, Prokinova E. Antifungal activity and chemical composition of twenty

- essential oils against significant indoor and outdoor toxigenic and aeroallergenic fungi. *Chemosphere* [Internet]. 2014;112:443–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.05.014>
67. Rus C, POP G, Alexa E, Renata MS, Dana MC. Antifungal activity and chemical composition of *Origanum majorana* L. essential oil. *Res J Agric Sci*. 2015;47(2):179–85.
 68. Charai M, Mosaddak M, Faid M. Chemical composition and antimicrobial activities of two aromatic plants: *Origanum majorana* L. and *O. Compactum* Benth. *J Essent Oil Res*. 1996;8(6):657–64.
 69. Ramos S, Rojas LB, Lucena ME, Meccia G, Usubillaga A. Chemical composition and antibacterial activity of *Origanum majorana* L. Essential oil from the Venezuelan Andes. *J Essent Oil Res*. 2011;23(5):45–9.
 70. Lakhri B, Barrahi M, Boukhraz A, Hartiti H El, Mostaphi A El. Antibacterial effect of synergy of two essential oils extracted from marjoram (*Origanum majorana*) in the region of salÈ and oregano (*Origanum vulgare*) in the region of ouazzane, Morocco. *BioSciences* [Internet]. 2015;10(9). Available from: Marjoram; Oregano;%0AEssential oils;%0AAntimicrobial activity; Hydro-distillation;
 71. Faozia A. Ibrahim, Ateea Ali Bellail AMH and SM-I. Antimicrobial Activities and Chemical Composition of the Essential Oil of *Origanum majorana* L . Growing in Libya. *Int J Pharm Pharm Res*. 2017;(3):1–11.
 72. Duletić-laušević S, Aradski AA, Kolarević S, Vuković-gačić B. Antineurodegenerative , antioxidant and antibacterial activities and phenolic components of *Origanum majorana* L . (Lamiaceae) extracts Antineurodegenerative , antioxidant and antibacterial activities and. 2018;134(June):126–34.
 73. Waller SB, Madrid IM, Hoffmann JF, Picoli T, Cleff MB, Chaves FC, et al. Chemical composition and cytotoxicity of extracts of marjoram and rosemary and their activity against *Sporothrix brasiliensis*. *J Med Microbiol*. 2017;66(7):1076–83.
 74. Btissam R, Fatima EM, Kamal E, Hassane G, Mohamed N. Composition and Antibacterial Activity of Hydro-Alcohol and Aqueous Extracts Obtained from the Lamiaceae Family. *Pharmacogn J*. 2017;10(1):81–91.
 75. Betancourt L, Phandanuvong V, Patiño R. Composition and bactericidal activity against aeneficial and aathogenic bacteria of Oregano essential oils from four chemotypes of

- Origanum and Lippia genus. 2012;59(I):21–31.
76. Bina F, Rahimi R. Sweet Marjoram A Review of Ethnopharmacology, Phytochemistry, and Biological Activities. *J Evid Based Complementary Altern Med*. 2016;22(1):175–85.
 77. Lopez-Reyes JG, Spadaro D, Gullinoa ML, Garibaldía A. Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rot caused by fungi on four cultivars of apples in vivo. *Flavour Fragr J*. 2010;25(3):171–7.
 78. Stashenko EE, Martínez JR, Durán DC, Córdoba Y, Caballero D. Estudio comparativo de la composición química y la actividad antioxidante de los aceites esenciales de algunas plantas del género *Lippia* (Verbenaceae) cultivadas en Colombia. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Físicas y Nat*. 2015;38(0):89.
 79. Hajlaoui H, Mighri H, Aouni M, Gharsallah N, Kadri A. Chemical composition and in vitro evaluation of antioxidant, antimicrobial, cytotoxicity and anti-acetylcholinesterase properties of Tunisian *Origanum majorana* L. essential oil. *Microb Pathog* [Internet]. 2016;95:86–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpath.2016.03.003>
 80. Mahmoud M. Chemical composition, antimicrobial and biological activity of *Origanum majorana* (Majoram) essential oil. 2016;(March 2013).
 81. Habibi H, Ghahtan N, Eskandari F. Chemical Composition and Antibacterial Effect of Medicinal Plants against Some Food-Borne Pathogen. *Res Mol Med*. 2018;5(2):14–21.
 82. Dantas ADS, Klein-Júnior LC, Machado MS, Guecheva TN, Santos LDD, Zanette RA, et al. *Origanum majorana* Essential Oil Lacks Mutagenic Activity in the Salmonella /Microsome and Micronucleus Assays. *Sci World J*. 2016;2016.
 83. Bağcı Y, Kan Y, Doğu S, Çelik SA. The essential oil compositions of *Origanum majorana* L. cultivated in Konya and collected from Mersin-Turkey. *Indian J Pharm Educ Res*. 2017;51(3):S463–9.
 84. Origanum L, Vasudeva N. *Origanum majorana* L. -Phyto-pharmacological review. 2015;6(December):261–7.
 85. El-Akhal F, Guemmouh R, Maniar S, Taghzouti K, El Ouali Lalami A. Larvicidal activity of essential oils of *thymus vulgaris* and *origanum majorana* (Lamiaceae) against of the malaria vector *anopheles labranchiae* (diptera: Culicidae). *Int J Pharm Pharm Sci*. 2016;8(3):372–6.
 86. Pimple BP, Patel AN, Kadam P V., Patil MJ. Microscopic evaluation and

- physicochemical analysis of *Origanum majorana* Linn leaves. *Asian Pacific J Trop Dis* [Internet]. 2012;2(SUPPL2):S897–903. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60288-6](http://dx.doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60288-6)
87. Božovic M, Pirolli A, Ragno R. *Mentha suaveolens* Ehrh. (Lamiaceae) essential oil and its main constituent piperitenone oxide: Biological activities and chemistry. *Molecules*. 2015;20(5):8605–33.
 88. Martínez-Gordillo M, Fragoso-Martínez I, García-Peña MDR, Montiel O. Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Rev Mex Biodivers* [Internet]. 2013;84(1):30–86. Available from: <http://dx.doi.org/10.7550/rmb.30158>
 89. Stahl-Biskup E, Sáez F. *Thyme : the genus thymus*. Taylor and Francis; 2003. 331 p.
 90. Meza, María;González de C, N; Alfredo U. Composición del aceite esencial de *Origanum majorana* L. extraído por diferentes técnicas y su actividad biológica. *Rev la Fac Agron* [Internet]. 2007 [cited 2019 Apr 12];24:725–38. Available from: https://www.researchgate.net/publication/262721622_Composicion_del_aceite_esencial_de_Origanum_majorana_L_extraido_por_diferentes_tecnicas_y_su_actividad_biologica
 91. Yupanqui D. Intoxicación por Alcaloides [Internet]. Villareal; 2013 [cited 2019 Apr 12]. p. 1–32. Available from: https://www.academia.edu/12001278/INTOXICACIÓN_POR_ALCALOIDES
 92. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 2001 [Internet]. who. 2001 [cited 2019 Apr 10]. Available from: <http://www.fao.org/3/x9800s/x9800s16.htm>
 93. del Puerto Rodríguez AM, Suárez Tamayo S, Palacio Estrada DE. Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol* [Internet]. 2014 [cited 2019 Apr 10];52(3):372–87. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000300010
 94. Soković MD, Vukojević J, Marin PD, Brkić DD, Vajs V, Van Griensven LJLD. Chemical composition of essential oils of *Thymus* and *mentha* species and their antifungal activities. *Molecules*. 2009;14(1):238–49.