



**USO DE ACEITES ESENCIALES COMO ALTERNATIVA ANTIMICROBIANA
CONTRA INFECCIONES DE TIPO BACTERIANO-REVISIÓN DE LITERATURA**

LAURA CAROLINA GIL HOYOS

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
NOVIEMBRE 2018
BOGOTÁ D.C.**



**USO DE ACEITES ESENCIALES COMO ALTERNATIVA ANTIMICROBIANA
CONTRA INFECCIONES DE TIPO BACTERIANO-REVISIÓN DE LITERATURA**

**Monografía requisito para optar por el título de Bacteriólogo y Laboratorista
Clínico**

LAURA CAROLINA GIL HOYOS

Asesor

JOVANNA ACERO GODOY

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
NOVIEMBRE 2018
BOGOTÁ D.C.**

DEDICATORIA

A mi familia e hijos.

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Jovanna Acero por apoyarme en un momento difícil.

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	9
INDICE DE FIGURAS.....	10
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS	16
1. ANTECEDENTES	17
2. MARCO TEORICO.....	23
2.1 Bacterias	23
2.1.2 Morfología.....	23
2.2 Antibióticos.....	24
2.2.2 Clasificación	25
2.2.3 Mecanismos de Acción	25
2.3 Resistencia bacteriana	27
2.4 Fitoterapia	29
2.4.2 Metabolitos primarios y secundarios	29
2.4.3 Aceites Esenciales.....	32
2.4.4 Clasificación de los aceites esenciales	33
2.4.5 Actividad antibacteriana de los aceites esenciales.....	39
2.4.6 Mecanismo de acción de los aceites esenciales	37
2.4.7 Medición de la actividad antibacteriana	39
2.4.8 Extracción de aceites esenciales	44
2.5 Reportes en el mundo	47

2.5.2 En Colombia	48
2.6 Otra alternativa-Fagoterapia.....	54
3. DISEÑO METODOLÓGICO	55
3.1 Tipo de Investigación	55
3.2 Población de estudio	55
3.3 Métodos	55
4. RESULTADOS	57
5. DISCUSIÓN.....	77
6. CONCLUSIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	82

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aceites esenciales de importancia medica distribuidos en algunas familias de plantas.....	33
Tabla 2. Clasificación química de los principales terpenos.....	35
Tabla 3. Recopilación de bacterias enfrentadas a aceites esenciales.....	37
Tabla 4. Información en Colombia acerca del uso de aceites esenciales.....	48
Tabla 5. Información recopilada en la revisión.....	58
Tabla 6. Principales compuestos de los aceites esenciales.....	67
Tabla 7. Aceites enfrentados a bacterias.....	70

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la pared bacteriana.....	23
Figura 2. Mecanismos de acción de los antibióticos.....	25
Figura 3. Transferencia genética de mecanismos de resistencia.....	27
Figura 4. Metabolismo primario en las plantas.....	30
Figura 5. Metabolismo secundario en las plantas.....	31
Figura 6. Efecto de los aceites esenciales en las bacterias.....	42
Figura 7. Destilación con vapor.....	44
Figura 8. Hidrodestilación.....	45
Figura 9. Cuantía de documentos revisados y seleccionados para la revisión bibliográfica.....	56
Figura 10. Idiomas considerados en la búsqueda.....	57
Figura 11. Tiempos de publicación incluidos en la búsqueda.....	58
Figura 12. Métodos de extracción utilizados en los estudios.....	67



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

**USO DE ACEITES ESENCIALES COMO ALTERNATIVA ANTIMICROBIANA
CONTRA INFECCIONES DE TIPO BACTERIANO-REVISIÓN DE LITERATURA**

RESUMEN

Los aceites esenciales (AE), son compuestos complejos los cuales están formados por metabolitos secundarios que se producen por reacciones químicas de compuestos derivados del metabolismo primario de las plantas, estos aceites esenciales han sido ampliamente usados en diferentes industrias, como en la alimentaria, donde su mayor uso ha sido como preservante de los mismos. Otra de las utilidades que se les ha dado tiene que ver con sus propiedades medicinales ya que desde hace muchos años las plantas se han usado en comunidades donde el acceso a la medicina convencional es limitado y debido a la creciente problemática mundial del desarrollo y diseminación de resistencias a los antibióticos por parte de las bacterias ha sido necesario recurrir a nuevas alternativas para controlar su actividad. Es por ello por lo que se han realizado muchos estudios en diferentes partes del mundo donde se ha evidenciado la amplia actividad antibacteriana que tienen los aceites esenciales contra bacterias patógenas para los humanos y causantes de frecuentes enfermedades como la *E. coli*, *P. mirabilis*, *S. typhi*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* y *L. monocytogenes* entre

otras. Estos compuestos con actividad antimicrobiana se pueden extraer de diferentes partes de la planta y por medio de diferentes métodos por ejemplo uno de los mas usados es la destilación con vapor la cual es ampliamente utilizada en producciones comerciales a escala.

Palabras claves: Aceites esenciales, resistencia bacteriana, antimicrobiano

Estudiante: Laura Carolina Gil Hoyos

Docente: Jovanna Acero Godoy

Institución: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Fecha: Noviembre 2 de 2018

ABSTRACT

Essential oils (EO), are complex compounds which are formed by secondary metabolites that are produced by chemical reactions of compounds derived from the primary metabolism of plants, these essential oils have been widely used in different industries, such as food, their greater use has been as a preservative of them. Another of the utilities that has been given to them has to do with their medicinal properties since for many years the plants have been used in communities where access to conventional medicine is limited and due to the growing global problem of the development and dissemination of Resistance to antibiotics by bacteria has been necessary to resort to new alternatives to control their activity. That is why so many studies have been carried out in different parts of the world where it has been demonstrated the broad antibacterial activity of essential oils against bacteria that are pathogenic for humans and cause frequent diseases such as *E. coli*, *P. mirabilis*, *S. typhi*, *P. aeruginosa*, *S. aureus* and *L. monocytogenes* among others. These compounds with antimicrobial activity can be extracted from different parts of the plant and by means of different methods for example one of the most used is steam distillation which is widely used in commercial scale production.

Key words: Essential oils, bacterial resistance, antimicrobial

INTRODUCCIÓN

Con el descubrimiento de los antibióticos en 1928 por Alexander Fleming, el tratamiento de las infecciones bacterianas fue mucho más sencillo y la mortalidad era menor, pero a través de los años debido al inadecuado uso que se les ha dado a los antibióticos las bacterias han desarrollado mecanismos de resistencia, llegando a ser un problema mundial y de salud pública, ya que en algunos años no habrá ningún antibiótico capaz de combatirlos y hasta los procedimientos más sencillos serán riesgosos para la salud (1). Por ello la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su más reciente informe sobre la “Resistencia a los antibióticos” advierte el alcance esta problemática y señala algunas medidas de control y prevención (2)

Algunas de las causas del incremento de la resistencia son; el uso excesivo que se les da a los antibióticos y algunas prácticas como la no adherencia al tratamiento antibiótico, la automedicación, uso incorrecto de los antibióticos (resfriado), el uso que se les ha dado como promotores de crecimiento en animales; este tipo de situaciones está promoviendo la aparición de mecanismos de resistencia a los antibióticos en las bacterias. Uno de los ejemplos más claros de la gravedad del problema es la detección de un gen que transfiere la resistencia a la colistina, que es un antibiótico usado como último recurso en infecciones ocasionadas por bacterias Gram negativas (3).

En cuanto a las bacterias Gram negativas, especialmente las enterobacterias, están incrementando el número de enzimas capaces de volver ineficaz la acción de los antibióticos utilizados para tratarlas, y son unas de las bacterias que más frecuencia tienen en infecciones nosocomiales, lo que genera más costos al servicio de salud, no solo por la prolongación de la estancia en el hospital, sino por el antibiótico que tendrán que usar para tratar la infección si se trata de una

bacteria con alguna resistencia, sin mencionar los costos generados al sistema y al paciente (4).

Por lo anterior, se han realizado numerosos estudios alrededor del mundo en busca de nuevas alternativas que puedan ayudar en la lucha contra las infecciones; muchos de estos estudios han sido dirigidos hacia la fitoterapia la cual hace uso de productos de origen vegetal para la prevención y tratamiento de enfermedades. Estos productos derivan del metabolismo de las plantas las cuales tienen la capacidad de producir metabolitos secundarios, también llamados aceites esenciales.

Esta alternativa ha llamado la atención de muchos, ya que es una opción natural mediante la cual se puede combatir las infecciones bacterianas, que generalmente no va a generar efectos adversos o secundarios en el cuerpo como puede ser diarrea, dolores de cabeza, alergias e infecciones secundarias entre otras. Por otra parte, los aceites esenciales pueden ingresar por diferentes medios y cruzar fácilmente la barrera hematoencefálica, gracias a su propiedad lipofílica y su pequeño tamaño. Pueden ser absorbidos a través de la piel, la inhalación y la ingestión (5).

Estos aceites esenciales han sido objeto de estudio por diferentes investigadores, ya que han evidenciado la amplia actividad antibacteriana que poseen estos y en sus estudios los han enfrentado, tanto a bacterias Gram negativas como Gram positivas e incluso algunas cepas de bacterias que han mostrado resistencia a los antibióticos convencionales, esto conduce al interrogante si el uso de aceites esenciales sería una alternativa antimicrobiana contra las infecciones de tipo bacteriano (6).

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar una revisión bibliográfica relacionada con el uso de aceites esenciales como alternativa antimicrobiana contra infecciones de tipo bacteriano

Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los principales componentes químicos de los aceites esenciales
- Establecer cual método de extracción de los aceites esenciales es ideal para la obtención de estos
- Revisar qué tipo de mecanismos de acción establecen los aceites esenciales frente a diferentes bacterias patógenas

1. ANTECEDENTES

Desde hace muchos años diferentes culturas como los egipcios, chinos, griegos y romanos entre otras, han utilizado las plantas por sus propiedades medicinales para la prevención y tratamiento de enfermedades que los aquejaba. Este es un ejercicio que aún en la época actual es utilizado por muchas personas, siendo esta práctica, una de las primeras opciones en los hogares como tratamiento para dolores, inflamaciones etc. A continuación, se presentan algunos de los estudios más relevantes de la última década acerca de la capacidad de los aceites esenciales de combatir bacterias patógenas.

Sokovic *et al* en (2008) determinaron la composición química de los aceites esenciales provenientes de 10 plantas aromáticas *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *M. spicata*, *Lavandula angustifolia*, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare*, *Salvia officinalis*, *Citrus limon* y *C. aurantium* sus principales componentes fueron carvona, mentol, limoneno, trans- β -farneseno, linalol presente en *L. angustifolia* y *O. basilicum*, α -tujona, carvacrol y timol respectivamente. Así pues las enfrentaron a *Proteus mirabilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Micrococcus flavus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Enterobacter cloacae*, *Salmonella enteritidis* y *Salmonella typhimurium* obteniendo como resultado que no hubo inhibición de crecimiento por parte de *Citrus limon*, *Citrus aurantium*, *Matricaria chamomilla* y *Salvia officinalis* para *P. mirabilis* y *P. aeruginosa*. De todos los aceites el de orégano fue el que presentó la mayor y más amplia actividad (7).

El limoneno, aunque no tiene gran actividad como el carvacrol estuvo presente en todas las plantas aromáticas excepto en el aceite de orégano, este pertenece al grupo de los terpenos y su actividad antimicrobiana ha sido probada con diferentes especies de microorganismos, como *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enterica*, *Saccharomyces bayanus*. Sin embargo,

debido a la naturaleza hidrofóbica de limoneno y dificultades para lograr una dispersión uniforme en el agua, requiere la aplicación de concentraciones elevadas para lograr un efecto eficaz además es susceptible a la degradación oxidativa lo que resulta directamente en la pérdida de su actividad (8).

Ghalem *et al* en (2008) definieron la actividad antibacteriana de los aceites esenciales de las hojas de dos especies de eucalipto (*globulus* y *camaldulensis*) contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* mediante tres métodos: aromatógrama, microatmósfera y gérmenes en suspensión. Tomaron 6.0 concentraciones diferentes para determinar la actividad antibacteriana, 1 µl, 2 µl, 5 µl, 7.5 µl, 10 µl y 20 µl, los resultados demostraron que en las concentraciones de 1 µl y 2 µl no hubo inhibición con ninguna de las dos bacterias. Las zonas de inhibición se dieron en centímetros, las medidas para *E. camaldulensis* contra *S. aureus* a los 5 µl, 7.5 µl, 10 µl y 20 µl fueron 1.4, 1.9, 2 y 3 y contra *E. coli* fueron 1, 1.2, 1.5 y 1.8. Por otra parte, las medidas para *E. globulus* contra *S. aureus* a los 5 µl, 7.5 µl, 10 µl y 20 µl fueron 1.6, 2.5, 2.9 y 4 y contra *E. coli* fueron 1.3, 1.5, 2 y 2.4.

Los resultados demostraron que los aceites esenciales de las hojas de las dos especies tuvieron un efecto inhibitor superior sobre *S. aureus* que el que correspondió a *E. coli* y a su vez que *E. globulus* conservó una actividad superior; estos datos indican la utilidad potencial de las dos especies de *Eucalyptus* como agente microbiostático, antiséptico o desinfectante (9).

Oke *et al* en (2009) analizaron mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas cual es el mayor componente del aceite de la *Satureja cuneifolia* obteniendo que posee (44.99%) de carvacrol y p-cimeno e menor proporción (21.61%). Además, por medio del método de Concentración Mínima Inhibitoria observaron que el aceite esencial de la *S. cuneifolia*, exhibió actividad antimicrobiana contra todas las bacterias probadas, las cuales fueron las que generalmente son transmitidas por alimentos y en descomposición, los valores mínimos de concentración inhibitoria para las bacterias sensibles estaban en el

rango de 600-1400 µg/ml. Por otra parte, se evaluó la actividad antioxidante del aceite mediante el método DPPH el cual determina actividades de captura de radicales (10).

Cao *et al* en (2009) por medio de cromatografía de gases / espectrometría de masas analizaron los principales componentes de *Mosla chinensis* Maxim que mostró como resultados los siguientes porcentajes: el carvacrol (57,08%), p-cimeno (13,61%), acetato de timol (12,68%), timol (6,67%) y γ-terpineno (2,46%).

El experimento se hizo tomando ocho cepas bacterianas, *Enterococcus faecalis*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus albus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* y nueve hongos, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus*, *Chaetomium indicum*, *Chaetomium globosum*, *Mucor racemosus*, *Candida albicans* y *Candida rugosa*, las cuales se enfrentaron a una concentración de 5 µl del aceite.

El aceite esencial de la planta demostró que tiene una gran actividad antimicrobiana un poco mayor contra los hongos y levaduras que contra las bacterias, pero de igual forma los inhibió a todos. Por último, indicaron que el aceite esencial de *M. chinensis* tiene propiedades antimicrobianas y antioxidantes y, por lo tanto, es una fuente potencial de agentes antimicrobianos y antioxidantes para industrias alimentarias y farmacéuticas (11).

Naz *et al* en (2010) utilizaron extractos crudos de curcuminoides y aceite esencial de *Curcuma longa* de las variedades Kasur, Faisalabad y Bannu, extrajeron el aceite por hidrodestilación y se diluyó en metanol mediante un método de dilución en serie. Estudiaron la actividad antibacteriana del aceite y extractos contra 4 cepas bacterianas, *Bacillus subtilis*, *Bacillus macerans*, *Bacillus licheniformis* y *Azotobacter* usando el método de difusión en agar. Posteriormente, obtuvieron como resultado las siguientes zonas de inhibición, en milímetros, para los curcuminoides de la variedad Kasur contra *Bacillus subtilis*, *Bacillus macerans*,

Bacillus licheniformis y *Azotobacter*, 20.6, 9.5, 11.2 y 6.7 respectivamente, variedad Faisalabad 12.2, 7.6, 8.1 y 7.1 y la variedad Bunnu 7.0, 6.4, 5.8 y 5.3 respectivamente para las bacterias anteriormente nombradas. En cuanto al aceite esencial de cúrcuma variedad Kasur contra *Bacillus subtilis*, *Bacillus macerans*, *Bacillus licheniformis* y *Azotobacter*, 18.8, 11.0, 14.9 y 8.4, variedad Faisalabad 10.0, 5.0, 7.0 y 6.0 y la variedad Bunnu 8.0, 6.5, 7.5 y 5.5 respectivamente.

Concluyeron que tanto los curcuminoides como el aceite mostraron zonas de inhibición contra todas las cepas bacterianas probadas y entre las tres variedades de cúrcuma, la variedad Kasur tuvo el mayor efecto inhibitor sobre el crecimiento de todas las bacterias en comparación con las otras dos (12).

Galvao *et al* en (2012) obtuvieron veinte aceites esenciales diferentes a través de hidrodestilación, luego los fraccionaron usando una columna seca, los cuales se evaluaron contra la biopelícula de *Streptococcus mutans* mediante un ensayo de concentraciones mínimas inhibitorias y bactericidas. Los valores de CMI variaron desde 31.2 a 500 µg / mL, y los valores de CMB variaron de 62.5 a 1000 µg / mL, las actividades más altas se observaron para *A. gratissima* y *A. triphylla* (125-250 µg / mL), *B. dracunculifolia*, *L. sidoides*, *M. glomerata*, *S. guianenses*, *S. aromaticum* (62,5-125 µg / ml) y *C. sativum* (31,2-62,5 µg / ml). En cuanto a la relación entre la CMI y la CMB, demostraron que la mayoría de los aceites esenciales son bactericidas, a excepción de *B. dracunculifolia*, *E. florida* y *S. aromaticum*, que se consideran bacteriostáticos contra *S. mutans*. (13).

Abdelhadi *et al* en (2012) obtuvieron el aceite esencial de las hojas de *Callistemon comboynensis* mediante hidrodestilación, determinaron su composición química y los enfrentaron contra dos bacterias Gram positivas (*Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*) y Gram negativas (*Proteus vulgaris* y *Pseudomonas aeruginosa*) y una levadura levaduriforme, *Candida albicans*, en sus resultados encontraron que los principales componentes son 1, 8-cineol (53,03%), eugenol (12,1%), metil eugenol (9,2%) y α-pineno (8,3%) y además que el aceite tiene una gran actividad antibacteriana y antifúngica en todos los microbios probados (14).

Texeira *et al* en (2013) en este trabajo determinaron la efectividad de 17 aceites esenciales para inhibir el crecimiento de 7 cepas bacterianas patógenas y halladas en alimentos en descomposición (*Brochothrix thermosphacta*, *Escherichia coli*, *Listeria innocua*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas putida*, *Salmonella typhimurium* y *Shewanella putrefaciens*). Mediante el método de concentración mínima inhibitoria observaron que todos los aceites esenciales inhibieron el crecimiento de al menos 4 de las bacterias las cuales fueron *B. thermosphacta*, *L. innocua* y *monocytogenes* y *S. putrefaciens*. La conclusión del estudio fue que todos los aceites esenciales probados tienen muy buena aplicabilidad como agentes antibacterianos para industrias de alimentos y productos farmacéuticos (15).

Portilho *et al* en (2015) extrajeron el aceite esencial de la *Melaleuca sp.* y evaluaron el efecto inhibitor *in vitro* contra aislados de *Staphylococcus aureus* obtenidos de heridas de miembros inferiores resistentes a varios antibióticos. Determinaron la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB). Los valores obtenidos, para el aislado de *S. aureus* obtenido de la herida del pie, la CMI y CMB fueron 0.1% y 0.4% respectivamente, para el aislamiento de la herida de rodilla fueron 0.2% y 0.4%, por último, para la cepa ATCC, la CMI y la CMB fueron 0.2% y 0.4% respectivamente. Concluyeron que el aceite de *Melaleuca sp.* mostró grandes propiedades antimicrobianas (16).

Kacem *et al* en (2016) obtuvieron por medio de hidrodestilación el aceite esencial de *Genista quadriflora* determinaron la composición química y en total, identificaron 222 sustancias volátiles, que representan alrededor del 77% del aceite esencial, los ácidos grasos fueron los segundos compuestos más abundantes del aceite esencial. Midieron su actividad antibacteriana y antifúngica utilizando métodos de dilución y difusión de disco. Por lo tanto, el aceite esencial exhibió una marcada actividad antifúngica contra *Fusarium oxysporum* y se registró una actividad de inhibición significativa en las tres concentraciones (5 mg/ml, 10 mg/ml y 20 mg/ml) 6.1 ± 0.8 , 8.1 ± 0.7 y 11.2 ± 0.6 respectivamente, hacia *Proteus*

mirabilis 7.1 ± 0.7 , 9.2 ± 1.1 y 14.2 ± 0.3 y también se registró una actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* 6.0 ± 0.5 , 7.1 ± 0.2 y 9.2 ± 0.1 . Como conclusión sugirieron la posibilidad de utilizar aceite esencial de *G. quadriflora* en el desarrollo de nuevos fármacos para el tratamiento de enfermedades infecciosas (17).

Carneiro *et al* en (2017) extrajeron el aceite esencial de *Eugenia klotzschiana* Berg pertenece a la especie *Myrtaceae*; mediante la técnica de hidrodestilación, determinaron la composición química y la actividad antibacteriana, la cual se evaluó mediante concentraciones mínimas inhibitorias, utilizando el método de microdilución. Cabe resaltar que este es el primer informe de la composición química y las actividades antibacterianas y antioxidantes de los aceites esenciales de *E. klotzschiana*. Estos resultados sugieren que *E. klotzschiana*, una planta brasileña, proporciona evidencia inicial de una fuente nueva y alternativa de sustancias con interés medicinal (18).

Al-Aamri *et al* en (2018) determinaron la composición química, las actividades antioxidantes y antimicrobianas del aceite esencial de *Citrus aurantifolia* L., el cual se extrajo mediante hidrodestilación y se usó el método de difusión de disco para evaluar la actividad antibacteriana contra bacterias Gram positivas y Gram negativas. Obtuvieron como resultado la identificación de 33 compuestos químicos donde el d-limoneno es el principal, el aceite esencial de hojas de *Citrus aurantifolia* L. mostró una excelente actividad antibacteriana contra el *Staphylococcus aureus* y una actividad moderada contra las cepas patógenas de *Escherichia coli* (19).

2. MARCO TEORICO

2.1 Bacterias

Las bacterias existen hace millones de años en la tierra, son células simples, pertenecientes al dominio procariota las cuales se caracterizan por no poseer núcleo, el tamaño de estas es de aproximadamente algunas micras. Pueden vivir en diferentes ambientes como por ejemplo en el interior o exterior del hombre, de este modo algunas pueden ser capaces de coexistir con el hombre brindándole beneficios tanto en el organismo como a nivel medicinal e industrial (20).

Sin embargo, otras pueden ser llegar a ser dañinas cuando debido a diferentes circunstancias como inmunosupresión o intoxicación entre otras, logran crecer e invadir tejidos causando infecciones y esto a su vez llevando a la muerte. Por ello se ha hecho necesario el desarrollo de sustancias llamadas antibióticos para combatirlas, pero algunas bacterias han logrado resistir el efecto de dichas sustancias (21).

2.1.2 Morfología

Las bacterias pueden diferenciarse en Gram positivas y Gram negativas según la composición de su membrana. Las Grampositivas tienen una membrana citoplasmática rodeada por una malla gruesa y resistente llamada pared celular compuesta por peptidoglicano, por otro lado, en las bacterias Gramnegativas la pared celular es delgada y está rodeada por una segunda membrana lipídica llamada membrana externa; esta es una capa protectora que previene que muchas sustancias del exterior ingresen (Figura 1). Aunque dicha membrana contiene canales llamados porinas los cuales permiten el ingreso de diferentes moléculas como antibióticos, por último, el espacio entre la membrana externa y la membrana citoplasmática se llama espacio periplásmico. Todas estas características brindan a la bacteria una forma definida, la protegen del estrés

osmótico y mecánico y mantiene un equilibrio entre los iones dentro y fuera de esta (22).

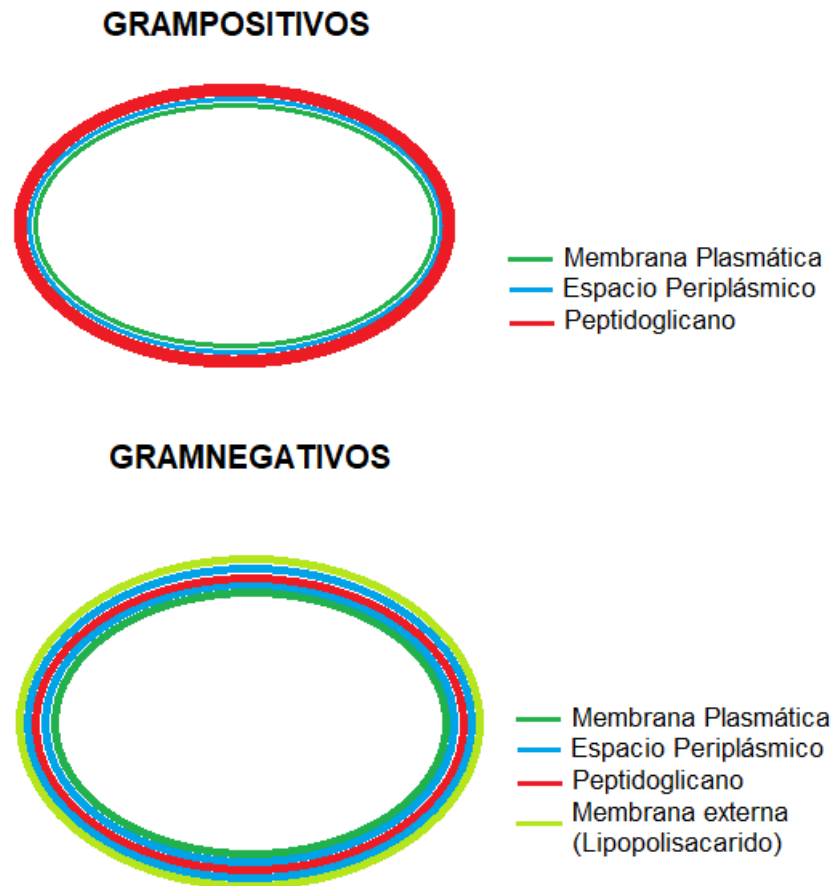


Figura 1. Estructura de la pared bacteriana (22). Modificada de Kappor *et al.* (2017)

2.2 Antibióticos

El termino antibiótico fue acuñado de la palabra “antibiosis” la cual literalmente significa “contra la vida”. En el pasado, se consideraba que los antibióticos eran componentes orgánicos producidos por un microorganismo el cual era toxico para otros microorganismos, pero más adelante fue definido como una sustancia que

además de ser producido por un microorganismo puede ser de origen biológico el cual en concentraciones bajas puede inhibir el crecimiento o ser letal para otro microorganismo (23).

El primer antibiótico puesto al servicio de la práctica clínica fue la penicilina en el año 1930, descubierta en septiembre de 1928 por Alexander Fleming quien accidentalmente obtuvo un antibiótico a partir de *Penicillium notatum* donde observo que inhibía el crecimiento bacteriano, pero este descubrimiento fue reportado hasta 1929. Muchos de los antimicrobianos son metabolitos secundarios producidos por bacterias y hongos, esta es una fuente inagotable de estos productos para el futuro

Aunque algunos también son producidos parcial o completamente a través de medios sintéticos, recientemente se están usando aceites esenciales extraídos de plantas para combatirlas (24).

2.2.2 Clasificación

Algunos antibióticos son capaces de destruir a otras bacterias, por otra parte, otros solo son capaces de inhibir el crecimiento estos se denominan antibióticos bactericidas y bacteriostáticos respectivamente. También se pueden clasificar según su espectro de acción es decir aquellos antibióticos que son activos sobre un gran número de especies y géneros diferente son de amplio espectro y los que solo son activos sobre un grupo pequeño de especies son de reducido espectro.

No obstante, la forma más común de clasificarlos es de acuerdo con su mecanismo de acción contra las bacterias.

2.2.3 Mecanismos de Acción

La acción de la mayoría de los antibióticos es directamente en la estructura de la bacteria o en los procesos metabólicos. Estos mecanismos se describen a continuación (Figura 2):

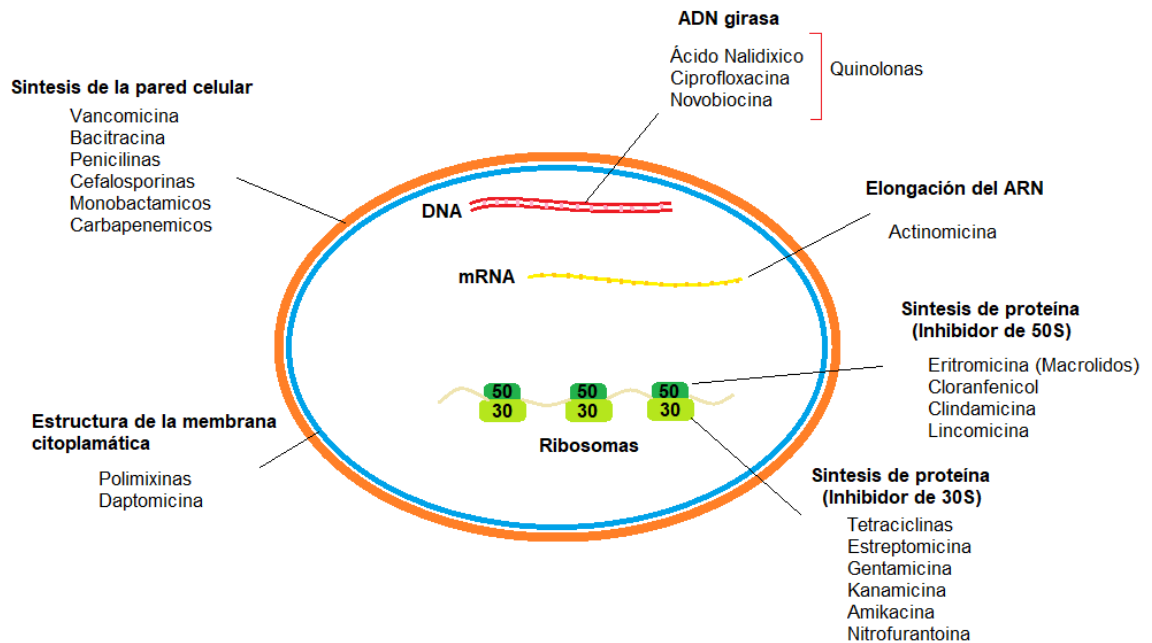


Figura 2. Mecanismos de acción de los antibióticos (23). Modificada de Etebu *et al.* (2016)

- Inhibición de la síntesis de la pared celular: El peptidoglicano protege a la célula bacteriana de la presión osmótica del ambiente donde se encuentre, este peptidoglicano es sintetizado por la bacteria haciendo uso de dos enzimas, y es justo en estas dos enzimas donde actúan algunos medicamentos como las penicilinas y cefalosporinas uniéndose al peptidoglicano e inhibiendo la actividad de estas enzimas (25).
- Ruptura de la estructura o función de la membrana celular: Este mecanismo dependerá del grupo bacteriano que se este combatiendo ya que el antibiótico seleccionado será según el tipo de lípidos de la membrana celular bacteriana, por ejemplo, las polimixinas desintegran la membrana mediante la unión a la fracción lipídica del lipopolisacárido de las bacterias Gram negativas (26).
- Inhibición de la estructura y función de los ácidos nucleicos: Los antibióticos interfieren con la síntesis de los ácidos nucleicos actúan bloqueando la

replicación o deteniendo la transcripción de estos. Por ejemplo, las quinolonas interfieren con la función de la enzima helicasa, la cual es la que facilita el desenrollamiento del ADN para su replicación, otros antibióticos tienen efecto sobre otras enzimas (27).

- Inhibición de la síntesis de proteínas: Las proteínas tienen importancia tanto en el metabolismo como en todos los procesos del organismo, los antibióticos que interrumpen los procesos de la síntesis de proteínas van a generar la inhibición del crecimiento y a su vez la muerte de esta (28).
- Bloqueo de la ruta metabólica: Es un mecanismo en el que básicamente el antibiótico engaña al metabolismo de la bacteria ya que algunos como las sulfonamidas y trimetoprim son capaces de imitar a los sustratos que se van a unir a algunas enzimas del metabolismo (29).

2.3 Resistencia bacteriana

La resistencia a los antibióticos es un problema mundial que va en aumento, algo que es realmente preocupante, aunque es cierto que esto no es algo nuevo si lo es que en los últimos veinte años han aumentado las cepas resistentes con una frecuencia inquietante (30), es por esto que es un problema que nos afecta a todos ya que no solo se trata de que en algún momento no habrá antibiótico que logre combatir las infecciones y algunos procedimientos médicos serán bastante peligrosos de llevar a cabo sino que se ven afectados otros factores como el excesivo incremento de los días que tiene que pasar un paciente en un hospital con una infección causada por una bacteria resistente y los altos costos que le genera a la familia y al sistema de salud entre muchos otros (31).

Esta resistencia se debe a que las bacterias han desarrollado varios mecanismos para resistir la acción de los antibióticos los cuales pueden ser transferidos a otras bacterias por medio de plásmidos (Figura 3), como lo son:

- Bombas de expulsión: Evitan que el antibiótico llegue a sitio blanco o de acción, tomando el antibiótico que se encuentra en el espacio periplásmico y llevándolo al exterior de la bacteria (32).
- Disminución de la permeabilidad de la pared bacteriana: Las porinas son proteínas que regulan la entrada y salida de algunos compuestos de la bacteria, estas se encuentran en la membrana externa donde la célula puede llevar a cabo cambios en las porinas para así evitar el ingreso de sustancias como antibióticos (33).
- Producción de enzimas inactivantes de los antibióticos: Algunas bacterias tiene la capacidad de producir enzimas que crean modificaciones en la estructura de los antibióticos haciendo que estos pierdan su función (34).
- Alteraciones del sitio de acción: Los antibióticos tienen un sitio específico de unión a la bacteria y esta es capaz de modificarlo para no permitir su acción (35).

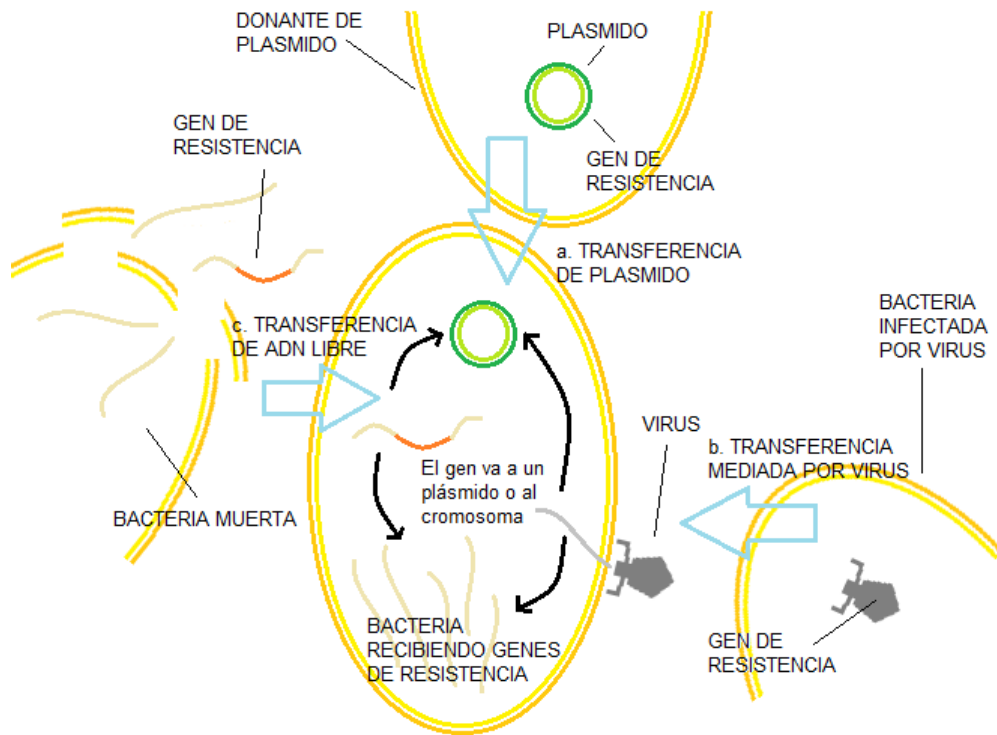


Figura 3. Transferencia genética de mecanismos de resistencia (36).

Y todo esto se debe en gran parte al mal uso y abuso que se tiene de los antibióticos, algunas de las causas son la automedicación, tomar antibióticos innecesariamente para tratar virosis u otro tipo de afecciones que no son causadas por bacterias, no terminar el tratamiento indicado por el profesional de salud estas son algunas de las causas. Por otra parte, se les da mal uso en el sector animal utilizándolo en muchas ocasiones como promotor de crecimiento y esto ocasiona la diseminación de la resistencia en fuentes como el agua, frutas y verduras y la misma carne animal todos de consumo humano (37).

2.4 Fitoterapia

Las plantas han sido usadas por el hombre desde hace muchos años por sus propiedades medicinales y aun en estos días es sabido que la medicación del 80% de la población de países en desarrollo se basa en plantas, incluso se observa en los animales como en los simios que mastican hojas y algunas algas con el fin de desparasitarse y tratar otras enfermedades y es por esto por lo que a través de los años se han desarrollado medicamentos derivados de la naturaleza y ya que son una fuente inagotable son una buena opción para las industrias farmacéuticas. Estos efectos medicinales se deben a las sustancias que derivan del metabolismo secundario de las plantas y reciben el nombre de aceites esenciales los cuales la Organización Mundial de la Salud reconoce como producto. Es por esto por lo que la fitoterapia no es algo nuevo, pero ha tomado mayor relevancia en los últimos años con la aparición de cepas bacterianas resistentes a antibióticos (38).

2.4.2 Metabolitos primarios y secundarios

Las reacciones químicas que se dan en las plantas y en cualquier organismo vivo se les denominan metabolismo, el cual se traduce en que las células de este organismo tienen la capacidad de sintetizar sustancias complejas de otras sustancias simples o por el contrario degradar las sustancias complejas. Este proceso es necesario y muy importante ya que, a través de este, elementos como

el carbono, el nitrógeno y la luz solar son transformados en moléculas como aminoácidos, carbohidratos, ácidos grasos y ácidos orgánicos que son vitales para las funciones esenciales de la planta como la respiración y fotosíntesis, esto se conoce como metabolismo primario (Figura 4) (39).

A partir de los productos del metabolismo primario las plantas pueden producir diversos componentes orgánicos que no participan en el crecimiento y desarrollo de la planta directamente estos compuestos son producto del metabolismo secundario, estos se distribuyen en diferentes grupos, terpenos, compuestos fenólicos, glúcidos y alcaloides, se sintetizan en pequeñas cantidades y no todas las plantas producen los mismos metabolitos ni en la misma cantidad (Figura 5). Algunos de estos productos tienen funciones como repelentes ante predadores herbívoros, atrayentes de animales que ayudan en la polinización entre otras (40).

Los metabolitos secundarios son también llamados productos naturales y son económicamente importantes ya que se usan en varias industrias para brindar sabor, fragancia, color, pigmentos en textiles por último son gran fuente de productos medicinales.

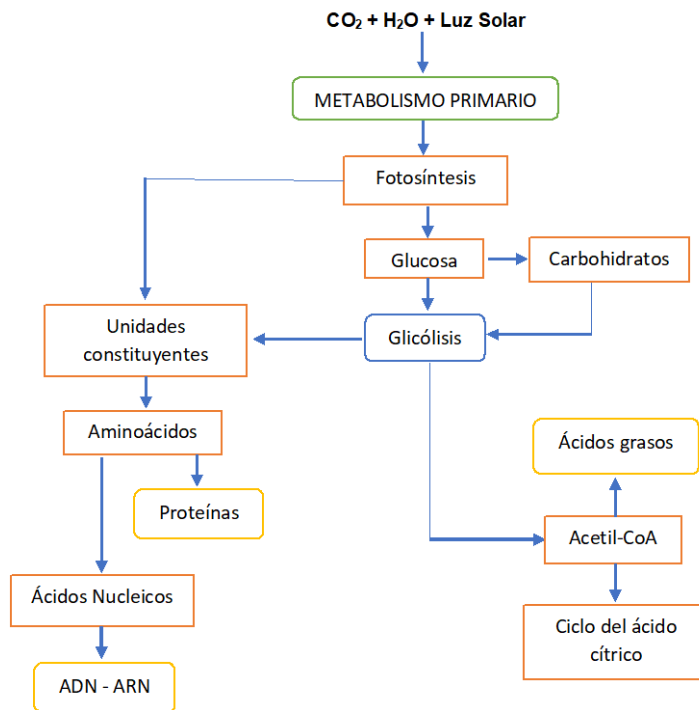


Figura 4. Metabolismo primario de las plantas (40). Modificada de Ávalos *et al* (2009).

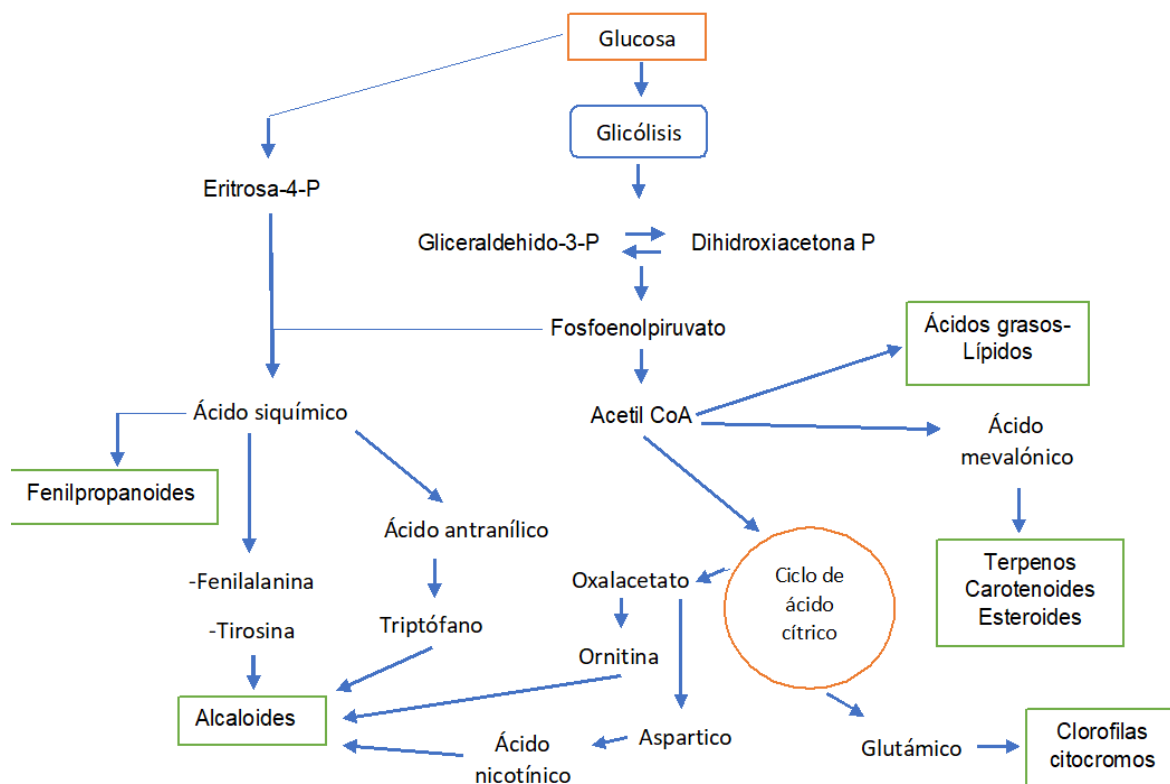


Figura 5. Metabolismo secundario de las plantas (40). Modificada de Ávalos *et al* (2009).

2.4.3 Aceites Esenciales

Los aceites esenciales son productos de origen vegetal, de importancia en varios tipos de industrias ya que se encuentran concentrados de sabores y aromas característicos por lo que son utilizados en productos alimenticios, bebidas, perfumería, productos farmacéuticos y cosméticos. Por lo general estos están almacenados en conductos, glándulas o vesículas las cuales se encuentran en los tejidos de diferentes partes de la planta como en las flores, hojas, tallos, raíces, frutas y en muchas ocasiones en las semillas. Los terpenoides y los fenilpropanoides son los principales constituyentes de los aceites esenciales y a su vez los monoterpenos, sesquiterpenos y oxigenados derivados de estos dos, son los grupos químicos más grandes en los aceites esenciales (41).

Asimismo, los aceites esenciales han sido utilizados desde la antigüedad por el hombre con fines medicinales y aunque su uso se perdiera por la aparición de productos químicos estos han vuelto a recobrar importancia ya que tienen una ventaja frente a los otros y es que generalmente no tienen efectos adversos sobre la salud del hombre; es por esto por lo que actualmente en muchas partes del mundo investigadores están estudiando las propiedades biológicas de los aceites esenciales y ya se ha descrito que poseen actividad antimicrobiana, antiviral, anticancerígeno, antioxidante, actividades antiinflamatorias y anti protozoarias entre otras (42).

Y específicamente en esta revisión se abordará el tema de la utilidad de los aceites esenciales con actividad antibacteriana ya que son una nueva esperanza para combatir bacterias que han desarrollado resistencia a los antibióticos usados comúnmente.

2.4.4 Clasificación de los aceites esenciales

Las plantas que producen aceites esenciales pertenecen a varios géneros distribuidos en aproximadamente 60 familias como las Alliaceae, Asteraceae y Poaceae (Tabla 1) que son ricas en terpenos mientras familias como las Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Piperaceae y Rutaceae contienen fenilpropanos todas estas son conocidas también por su capacidad para producir los aceites esenciales usados en medicamentos e industrias (43).

Las plantas de la familia Apiaceae son conocidas por sus propiedades antibacterianas, antimicóticas, anticancerígenas y antivirales también algunas de sus especies son usadas a nivel comercial como, por ejemplo, el cilantro, el anís, los aceites de eneldo e hinojo estos se extraen de las plantas: *Coriandrum sativum*, *Pimpinella anisum*, *Anethum graveolens* y *Foeniculum vulgare*, respectivamente (41).

Otra de las familias con propiedades como la anterior son las pertenecientes a las Lamiaceae quienes adicionalmente tienen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, entre las especies más populares se encuentran *Mentha piperita*, *Rosmarinus officinalis*, *Ocimum basilicum*, *Salvia officinalis*, *Origanum vulgare*, *Melissa officinalis*, *Satureja hortensis*, *Thymus vulgaris* y *Lavandula angustifolia*, algunas son útiles para tratar molestias intestinales y la bronquitis (44).

Por otra parte, el aceite de canela que es rico en eugenol, el cual es ampliamente usado en medicina odontológica, obtenido de *Cinnamomum verum*, este es un ejemplo importante de la familia Lauraceae las cuales tienen un potencial antimicrobiano y anticancerígeno. Entre los ejemplos las representativos de la familia Myrtaceae se encuentran: *Melaleuca alternifolia*, *Eucalyptus globulus*, *Syzygium aromaticum (Eugenia caryophyllus)* y *Myrtus communis* las cuales comparten las mismas propiedades de las familias anteriormente nombradas (44).

Por último, las familias Rutaceae y Poaceae tienen actividad antimicrobiana, en la primera familia mencionada se producen aceites cítricos que están constituidos por limoneno y linalol los cuales se extraen de la cascara de frutas. De la segunda familia se destaca el aceite de hierba de limón (*Cymbopogon citratus*), aceite de citronela (*C. nardus*) y palmarosa (*C. martinii*) ya que en sus aceites se encuentran compuestos activos como citral, geraniol y acetato de geraniol son medicinales (45).

Tabla 1. Aceites esenciales de importancia medica distribuidos en algunas familias de plantas (41).

FAMILIA	ACEITE ESENCIAL	PROPIEDADES MEDICINALES
Apiaceae	<i>Carum nigrum</i> (Alcaravea negra), <i>Anethum graveolens</i> (Eneldo), <i>Apium graveolens</i> (Apio), <i>Foeniculum vulgare</i> (Hinojo), <i>Pimpinella anisum</i> (Anís), <i>Cuminum cyminum</i> (Comino), <i>Corriandrum sativum</i> (Cilantro)	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno, Antiviral, Antidiabético

Asteraceae	<i>Artemisia judaica</i> , <i>A. annua</i> , <i>A. absinthium</i> (Ajenjo), <i>A. dracunculus</i> (Estragón)	Antifúngico, Anticancerígeno, Antiviral
Geraniaceae	<i>Pelargonium graveolens</i> (Rosa de geranio)	Antibacteriano
Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i> (Orégano), <i>Melissa officinalis</i> (Bálsamo de limón), <i>Salvia officinalis</i> (Salvia), <i>Mentha sp.</i> , <i>Mentha longifolia</i> (Menta salvaje), <i>M. piperita</i> (menta), <i>M. spicata</i> (Menta verde), <i>Ocimum basilicum</i> (Albahaca), <i>O. sanctum</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> (Romero), <i>Lavandula officinalis</i> (Lavanda), <i>Lavandula sp.</i> , <i>Salvia sclarea</i> (Hierba de salvia)	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno, Antiviral, Antidiabético, Anti protozoario, Antioxidante, Antiinflamatorio
Lauraceae	<i>Cinnamomum sp.</i> (Canela)	Antibacteriano, Antiinflamatorio
Liliaceae	<i>Allium sativum</i> (Ajo), <i>Allium cepa</i> (Cebolla)	Antifúngico, Anti protozoario, Antiviral
Myrtaceae	<i>Syzigium aromaticum</i> (Clavo), <i>Thymus vulgaris</i> (Tomillo), <i>Thymus sp.</i> , <i>Melaleuca alternifolia</i> (Árbol de té), <i>Eucalyptus globulus</i> (Eucalipto), <i>Myristica fragrans</i> (Nuez moscada)	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno, Antiviral, Anti protozoario, Antioxidante, Antiinflamatorio
Piperraceae	<i>Piper nigrum</i> (Pimienta negra)	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno, Anti protozoario
Poaceae	<i>Cymbopogon martini</i> (Palmarosa), <i>Cymbopogon citrates</i> (Hierba de limón), <i>Cymbopogon nardus</i> (Hierba de citronela),	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno
Rutaceae	<i>Citrus sp.</i> (Limón), <i>C. paradisi</i> (Pomelo)	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno
Zingiberaceae	<i>Zingiber officinale</i> (Jengibre), <i>Zingiber montanum</i> , <i>Curcuma longa</i> (Cúrcuma), <i>Elettaria cardamomum</i> (Cardamomo)	Antibacteriano, Antifúngico, Anticancerígeno,

		Antioxidante
--	--	--------------

Modificada de Raut *et al.* (2014)

2.4.4.1 Clasificación química de los compuestos de los aceites esenciales

Los compuestos de los aceites esenciales se encuentran clasificados químicamente en dos grandes grupos, los terpenoides y no terpenoides, de los cuales los terpenoides son los más importantes en cuanto a las propiedades y aplicaciones que se les pueden dar. Estas aplicaciones van a depender del grupo funcional que contenga cada uno, ya que estos les proporcionan cualidades diferentes como el aroma, solubilidad, puntos de ebullición etc. Entre los principales grupos funcionales están los alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres fenoles entre otros (tabla 2).

Tabla 2. Clasificación química de los principales terpenos (5)

Clase de compuesto	Grupo funcional (fórmula)	Ejemplo	Bioactividad
Hidrocarburos	Contienen carbono y hidrogeno	Limoneno, mircena, pineno, sabineno, cimeno, felandreno	Estimulante, antiviral, antitumoral, descongestionante, antibacterial, hepatoprotectivo
Estéres	$R - COO - R'$	Acetato de linalilo, acetato de geranilo, acetato de eugenilo, acetato de bornilo	Espasmolítico, sedante, anestésico, antifúngico, antiinflamatorio
Óxidos	O^2	Óxido de bisabolol, óxido de linalol, ascaridol	Antiinflamatorio, expectorante, estimulante
Lactonas		Nepetalactona, bergapteno, costunólido, helenina	Antimicrobiano, antiviral, antipirético, sedante, hipotensivo, analgésico

Alcoholes	R – OH	Linalol, mentol, borneol, nerol, citronelol, geraniol	Antimicrobiano, antiséptico, espasmolítico, analgésico, antiinflamatorio
Fenoles		Timol, eugenol, carvacrol, chavicol	Antimicrobiano, espasmolítico, anestésico, estimulante inmune
Aldehídos	R – C(=O)H	Citral, cuminaldehído, citronelal, cinamaldehído, denzaldehído	Antiviral, antimicrobiano, vasodilatador, hipotensivo, antipirético, sedante, espasmolítico
Cetonas	R –C(=O)R´	Carvona, mentona, pulegona, alcanfor, tujona, verbenona	Mucolítico, sedante, antiviral, neurotóxico, analgésico, digestivo, espasmolítico

Modificada de Djilani *et al.* (2012)

2.4.6 Mecanismo de acción de los aceites esenciales

Entre los componentes químicos que conforman a los aceites esenciales, el carvacrol es el principal componente de la mayoría de los aceites esenciales el cual tiene un amplio espectro de acción antibacteriana en su mayoría contra las bacterias Gram positivas y menor contra las bacterias Gram negativas. La acción del carvacrol consiste en desintegrar la membrana externa de las bacterias Gram negativas liberando el lipopolisacárido y aumentando la permeabilidad de la membrana citoplasmática y en las bacterias Gram positivas tiene la capacidad de alterar la permeabilidad e interactuar con cationes como el H⁺ y K⁺ (Figura 6) (48).

Los extremos lipofílicos de los ácidos lipoteicoicos en la membrana celular de las Gram positivas pueden facilitar la entrada de compuestos hidrofóbicos de los

aceites esenciales, en cuanto a las Gram negativas los aceites esenciales se asocian con la función protectora de las proteínas extrínsecas, limita la velocidad de difusión de compuestos hidrofóbicos a través de la capa de lipopolisacárido. La disolución de gradientes de iones conduce al deterioro de los procesos esenciales en la célula y finalmente la célula muere (49).

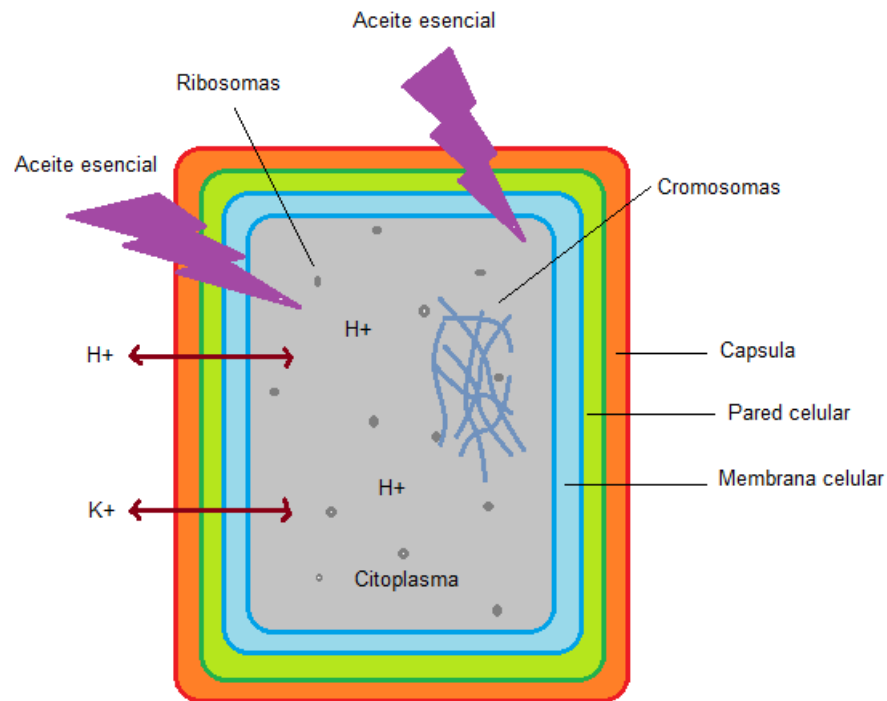


Figura 6. Efecto de los aceites esenciales en la bacteria (49). Modificada de Tongnuanchan *et al.* (2014).

Por otra parte, se han descrito otros mecanismos de acción que tienen algunos compuestos presentes en los aceites esenciales como los fenoles y ácidos fenólicos pueden causar la interrupción de la producción de energía debido a la interacción con enzimas catabólicas y la cadena de transporte de electrones. Otros polifenoles, como los flavonoides pueden inhibir la síntesis de ácidos nucleicos de ambos grupos de bacterias tanto Gram negativas como Gram

positivas. También pueden interferir en las bombas de flujo y en la síntesis de ARN (50).

2.4.5 Actividad antibacteriana de los aceites esenciales

Debido a la aparición y creciente número de cepas resistentes a los antibióticos convencionalmente usados se ha hecho necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de tratamiento para poder combatir las infecciones ocasionadas por este tipo de bacterias ya que las enfermedades infecciosas siguen siendo una de las principales causas de muerte.

Por ello se están explorando nuevas opciones contra estas bacterias, una de estas opciones es el trabajo con moléculas provenientes de plantas ya que se sabe que poseen propiedades antimicrobianas, (46) en especial muchos estudios demuestran que los aceites esenciales de las plantas exhiben actividades inhibitoras de amplio espectro contra una gran variedad de bacterias Gram positivas y Gram negativas (Tabla 3) (47).

También es cierto que la eficacia antibacteriana de los aceites puede variar con las diferentes bacterias. Por ejemplo, el sándalo (*Santalum album*), el aceite de manuka (*Leptospermum scoparium*) y aceites de vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), son altamente activos contra bacterias Gram positivas, pero no contra las Gram negativas, además se ha demostrado que muchas moléculas constituyentes de los aceites esenciales son efectivas en bacterias resistentes a fármacos y que tiene gran potencial contra las biopelículas formadas por algunas bacterias (46). Esta sería una excelente opción de tratamiento no solo por lo anteriormente señalado sino porque no genera efectos secundarios.

Tabla 3. Recopilación de bacterias enfrentadas a aceites esenciales.

Planta/aceite esencial	Bacterias enfrentadas	Ref.
<i>Juglans regia</i> (nogal)	<i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ,	(66)

	<i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> y <i>Escherichia coli</i>	
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	<i>Brochothrix thermosphacta</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria innocua</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> y <i>Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Daucus carota</i> (zanahoria)		
<i>Apium graveolens</i> (apio)		
<i>Cymbopogon nardus</i> (citronela)		
<i>Eugenia spp</i> (clavo)		
<i>Coriandrum Sativum</i> (cilantro)		
<i>Citrus paradisi</i> (toronja)		
<i>Citrus limon</i> (limón)		
<i>Thymus mastichina</i> (mejorana)		
<i>Allium cepa</i> (cebolla)		
<i>Thymus Capitatus</i> (tomillo andaluz)		
<i>Petroselinum Sativum</i> (perejil)		
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)		
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)		
<i>Artemisia dracunculus</i> (estragón)		
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)		
<i>Mentha spicata</i> (hierbabuena)	<i>Proteus mirabilis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Micrococcus flavus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	(7)
<i>Mentha piperita</i> (menta)		
<i>Citrus limon</i> (limon)		
<i>Citrus aurantium</i> (naranja)		
<i>Matricaria chamommilla</i>		

(manzanilla)		
<i>Lavandula angustifolia</i> (lavanda)		
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)		
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)		
<i>Origanum vulgare</i> (orégano)		
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)		
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. (eucalipto)	<i>Staphylococcus aureus, Listeria monocytogenes, Enterococcus durans, Salmonella typhi, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa y Bacillus subtilis</i>	(72)
<i>Myrtus communis</i> L. (mirto)		
<i>Curcuma longa</i> (cúrcuma)	<i>Bacillus subtilis, Bacillus macerans, Bacillus licheniformis and Azotobacter</i>	(12)
<i>Eucalyptus</i> especies (<i>globulus</i> y <i>camaldulensis</i>)	<i>Staphylococcus aureus y Escherichia coli</i>	(9)
<i>Cymbopogon citrates</i> (limonaria)	<i>Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Bacillus subtilis, Escherichia coli, Klebsiella pneumoniae, y Pseudomonas aeruginosa.</i>	(73)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	<i>Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Escherichia coli y Pseudomonas aeruginosa</i>	(79)
<i>Satureja montana</i> (ajedrea)	<i>Listeria monocytogenes</i>	(69)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)		
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)		
<i>Citrus hystrix,</i>	<i>Staphylococcus aureus, Bacillus cereus, Listeria monocytogenes, Salmonella sp., Escherichia coli</i>	(81)
<i>Citrus Aurantifolia,</i>		
<i>Citrus Japónica</i>		
<i>Citrus reticulate,</i>		
<i>Citrus máximo</i>		
<i>Citrus paradisi</i>		

<i>Aloysia gratissima</i> , (cedrón)	<i>Streptococcus mutans</i>	(13)
<i>Baccharis dracunculifolia</i> (chilca)		
<i>Coriandrum sativum</i> (cilantro)		
<i>Lippia sidoides</i>		
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	(74)
<i>Cymbopogon giganteus</i>		
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Streptococcus sp.</i> , <i>Pantoea sp.</i> y <i>Escherichia coli</i> .	(82)
<i>Satureja cuneifolia</i>	<i>E. coli</i> O157:H7, <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Shigella sonnei</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella enteritidis</i>	(10)
<i>Rosmarinus officinalis</i> var. <i>typicus</i> (romero)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> y <i>Streptococcus Faecalis</i>	(70)
var. <i>trogodytorum</i>		
<i>Origanum compactum</i> , <i>Chrysanthemum coronarium</i> , <i>Thymus willdenowii</i> Boiss, <i>Melissa officinalis</i> y <i>Origanum majorana</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> y <i>Enterobacter aerogenes</i>	(83)
<i>Eucalyptus globulus</i> (eucalipto)	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i>	(71)
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)		
<i>Rosmarinus officinalis</i>		

(romero)		
<i>Thymus moroderi</i> (tomillo alicantino)	<i>Listeria innocua, Serratia marcescens, Aeromonas hydrophila, Achromobacter denitrificans, and Alcaligenes faecalis</i>	(84)
<i>Thymus piperella</i> (tomillo pimentera)		
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Santa Teresa) (Limón)	43 cepas de <i>Listeria monocytogenes</i> , 35 cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> y 14 cepas de <i>Salmonella entérica</i>	(68)
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Monachello)		
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Continella)		
<i>Citrus aurantifolia</i> (limeró)	<i>Escherichia coli, Staphylococcus aureus</i>	(19)
<i>Juglans regia</i> (nogal)	<i>Staphylococcus aureus, Klebsiella aerogenosa, Bacillus subtilis y Escherichia coli</i>	(67)

Realizada por la autora.

2.4.7 Medición de la actividad antibacteriana

Uno de los pasos en la búsqueda de componentes, presentes en las plantas, con actividad antibacteriana es la medición de la eficacia del compuesto escogido contra los microorganismos en quienes se quiere probar su efectividad, ya sea de modo batriostático o bactericida. Existen varios métodos mediante los cuales se puede determinar la susceptibilidad de un microorganismo a una sustancia específica, como difusión en agar, dilución en agar, dilución en caldo y métodos automatizados. De los cuales los tres primeros son de los más utilizados en ensayos con extractos vegetales o aceites (51).

- Difusión en agar: Este método consiste en impregnar un disco de papel de filtro, de cierto diámetro, con la sustancia o extracto que se va probar y colocarlo en un agar con un medio de cultivo, previo a esto en el medio de cultivo se ha sembrado de manera uniforme la cepa a ensayar. Y se dejan en incubación (52).

- Dilución en agar y caldo: En la dilución en agar se toma el extracto o sustancia que se va a probar y se pone en la caja de Petri por profundidad después con un sacabocados se abre un agujero en el agar y se inocula la cepa a probar. En el caso del caldo se hace de igual forma con la diferencia que se hace en micropozos y el medio de cultivo es caldo, cabe resaltar que el extracto o aceite debe ponerse en diferentes concentraciones (52).

2.4.8 Extracción de aceites esenciales

La extracción de los aceites esenciales se puede hacer por medio de diferentes métodos, algunas de las variables para escoger el método es la parte de la planta de cual se quiere hacer la extracción, el estado y la forma del material. Del tipo de extracción escogido dependerá la calidad del aceite ya que un procedimiento inadecuado puede desencadenar el deterioro o alteración de este lo que puede resultar en pérdida de la bioactividad y características naturales o cambios mas graves como la decoloración, mal sabor y olor y cambio en su viscosidad (53).

Destilación

- **Destilación con vapor:**

La destilación con vapor es el método más utilizado para la extracción de aceites esenciales de plantas, ya que rescata un 93% del aceite esencial y el 7% restante puede ser extraído por otros métodos. Este método consiste en colocar la muestra (planta) en contacto con vapor o puede ser vapor de agua hirviendo el calor que recibe la planta es la principal causa de la descomposición de la estructura celular de la planta, este calor ejercido libera los compuestos aromáticos o los aceites esenciales del compuesto vegetal (53) (Figura 7).

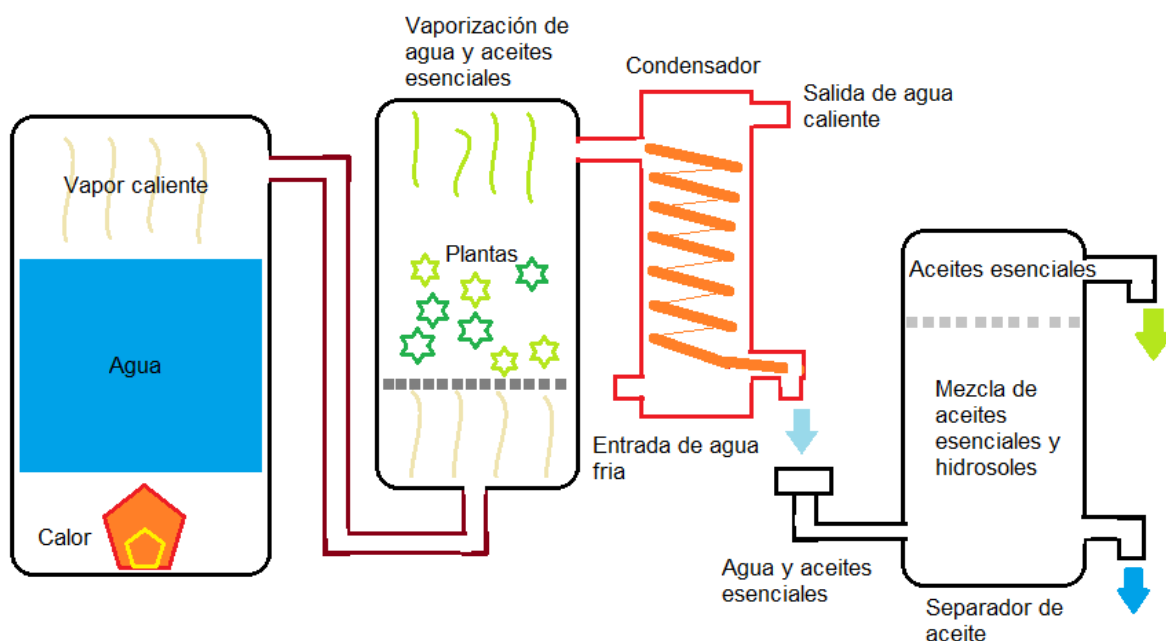


Figura 7. Destilación con vapor (53). Modificado de Tongnuanchan *et al* (2014)

- **Hidrodestilación**

La hidrodestilación se usa frecuentemente para el aislamiento de productos naturales no solubles en agua que tiene alto punto de ebullición, por esto se ha convertido en método estándar para hacer extracciones de materia vegetal como madera o flores. En este proceso se sumerge completamente la muestra en agua y seguido a esto se espera la ebullición esto se hace con el fin de que de algún modo el agua proteja a los aceites esenciales ya que actúa como una barrera para evitar el sobrecalentamiento. El vapor se condensa en una fracción acuosa (54) (Figura 8).

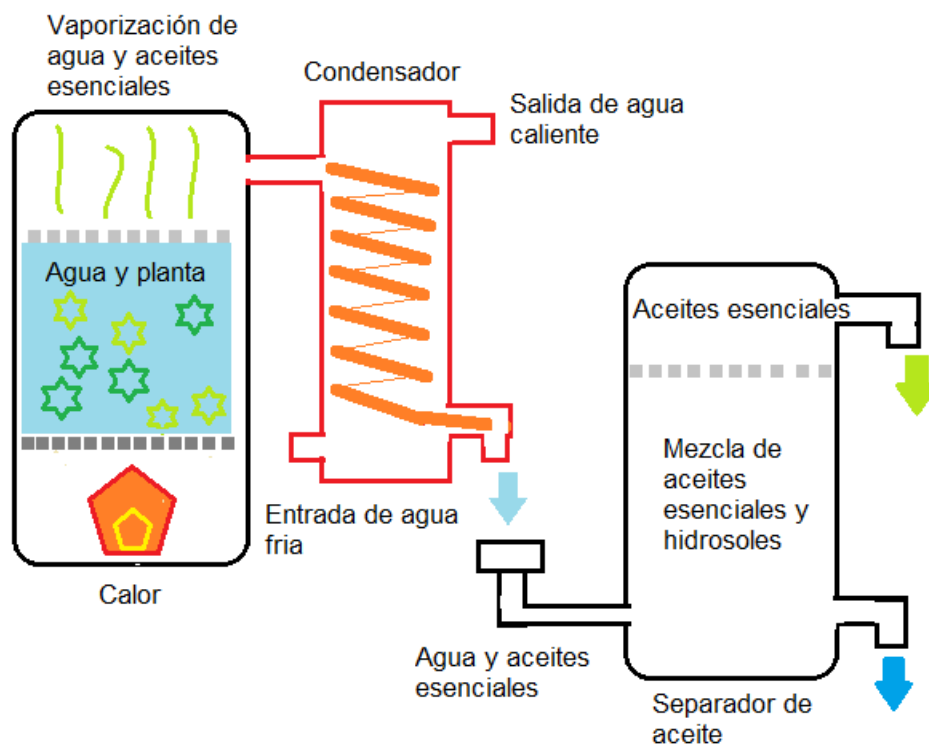


Figura 8. Hidrodifusión (53). Modificado de Tongnuanchan *et al* (2014)

- **Hidrodifusión**

La extracción de hidrodifusión se realiza de igual forma que la destilación con vapor, lo único que cambia es la forma de entrada de vapor en el contenedor ya que en la destilación con vapor entra por la parte inferior y en la hidrodifusión el vapor entra por la parte de encima de la muestra. Este método se usa cuando el material vegetal ha sido secado y no se daña a la temperatura de ebullición. Este método es mucho mejor que la destilación con vapor debido a que requiere un tiempo de procesamiento más corto y se obtiene un aceite con más alto rendimiento con menos vapor utilizado (55).

Extracción con solvente

- **Solventes**

Este método se ha utilizado para la extracción de aceites cuando la muestra es delicada como algunas flores que no son tolerantes al vapor, algunos de los solventes utilizados son la acetona, el hexano, el éter de petróleo, metanol o etanol. En el procedimiento se debe mezclar el solvente con muestra, calentarla y posteriormente hacer una filtración, esta filtración será un concentrado de varios compuestos entre los que se encuentra el aceite esencial ya que el disolvente se ha evaporado. Este concentrado se mezcla con alcohol puro y se destilara a bajas temperaturas para así obtener el aceite. Sin embargo, este método es un proceso relativamente lento, lo que hace que los aceites sean más caros que otros métodos (56).

- **Fluidos supercríticos**

El dióxido de carbono (CO₂) es el más común de los fluidos supercríticos debido a que no queda ningún residuo de disolvente en el producto final ya que el CO₂ líquido vuelve a su estado gaseoso y se evapora en condiciones normales de presión y temperatura, el procedimiento consiste en poner en una cámara de acero trozos del material vegetal con el CO₂ que actúa como agente extractor y las esencias son solubilizadas y extraídas mientras el CO₂ se elimina (57).

Prensado en frio

En este proceso la muestra de material vegetal como lo dice su nombre se prensa mecánicamente hasta liberar el aceite a su vez este aceite se recolecta y posteriormente se va a filtrar (58).

2.5 Reportes en el mundo

En muchos países del mundo se han realizado estudios entorno a la utilidad de los aceites esenciales como una alternativa para el tratamiento de infecciones causadas por bacterias que en muchas ocasiones son resistentes a los antibióticos de origen sintético o semisintético y no las pueden combatir.

En muchos países de Europa y Asia como Turquía, China, Portugal, Serbia, Argelia y Pakistán entre otros han publicado sus hallazgos acerca de las propiedades antibacterianas de los aceites esenciales de muchas plantas y en sur america se encontraron reportes de Brasil y Colombia.

La mayoría de estos estudios reportan un procedimiento similar, extraen los aceites esenciales por diferentes métodos, escogido ya sea por costos o rendimiento, entre las algunas de las plantas estudiadas se encuentran: *Satureja cuneifolia*, *Mosla chinensis* Maxim, *Matricaria chamommilla*, *Mentha piperita*, *M. spicata*, *Lavandula angustifolia*, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Origanum vulgare*, *Salvia officinalis*, *Citrus limon* y *C. aurantium*, *Eucalyptus camaldulensis* Dehn. y *Myrtus communis*, *Curcuma longa*, *Citrus aurantifolia*.

Posteriormente a la extracción se separan los compuestos del aceite y en algunas ocasiones miden el porcentaje en cada uno de ellos se encuentra en el aceite como por ejemplo *Citrus aurantifolia* que tiene como principal compuesto el d-limoneno en un (63.35%) seguido de otros componentes en menor proporción 3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol (7.07%), geraniol (6.23%), E-citral (4.35%), Z-citral (3.29%) y β -ocimene (2.25%) (59).

Estos aceites los enfrentan con diferentes bacterias patógenas para el hombre y por diferentes métodos miden la actividad antimicrobiana de los aceites, en la mayoría el resultado es muy prometedor para pensar en esta alternativa en nuevos tratamientos para manejar las infecciones bacterianas.

2.5.2 En Colombia

En nuestro país se utilizan las plantas con fines medicinales en muchos departamentos sobre todo en los que el acceso a hospitales es difícil y en los hogares donde este ejercicio es una tradición por parte de los abuelos, es por esto por lo que aquí también se han adelantado varios estudios sobre la actividad antibacteriana de los aceites esenciales.

Donde se ha usado un procedimiento muy similar al que se reporta en todo el mundo, se ha realizado la extracción de los aceites, seguido de la separación de los componentes por cromatografía de gases y espectrometría de masas, estos componentes se enfrentaron a varias bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomona aeruginosa*, *Salmonella tiphy* entre otras (70)(77)(85)(86)(87)(88).

Muchas de las cepas tenían resistencia a algunos antibióticos, cabe resaltar que en uno de los estudios se enfrentaron a bacterias benéficas del organismo para observar su acción hacía estas y deducir si hay un efecto dañino si los consumimos como tratamiento.

Es importante resaltar el trabajo de la Doctora Elena Stashenko, quien ha sido la persona que más ha realizado estudios sobre aceites esenciales en nuestro país, ha hecho trabajos siguiendo el protocolo que usan en otros países, con plantas de Colombia, una de las bacterias mas estudiadas es *M. tuberculosis*, causante de la tuberculosis, que es una enfermedad infecciosa considerada como un problema de salud pública que afecta aproximadamente al 32% de la población mundial (61). En la tabla 4 se resumen los documentos encontrados referentes al tema de interés en Colombia.

Tabla 4. Información en Colombia acerca del uso de aceites esenciales.

Planta/aceite esencial	Principales Compuestos	Bacterias enfrentadas	Met. Extrac./Act.Antimibac	Ref .
<i>Mentha spicata</i>	Carvona (61.5), Limoneno (12.6), β -Mirceno (4.7)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y	Destilación con vapor/Dilución en agar	(77)
<i>Mentha piperita</i> ,	Pulegona (44.5), iso-Mentona (26.1), Crisantenon (8.0)			
<i>Ocimum basilicum</i>	Linalol (46.6),			

(albahaca)	Estragol (27.4), 1,8-Cineole (5.5)	<i>Bifidobacterium breve</i>		
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	α -Tujona (29.5), 1,8-Cineole (21.7), Alcanfor (7.2)			
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	1,8-Cineole (28.0), α -Pino (17.9), Alcanfor (12.2)			
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Timol (30.6), γ -Terpineno (27.7), p-Cimeno (10.9)			
<i>Origanum vulgare</i>	Carvacrol (85.2), p-Cimeno (4.7), Timol (3.0)			
<i>Origanum majorana</i>	Trans-sabineno hidrato (14.5), γ -terpineno (14.0), timol (10.0)	<i>Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium breve, Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium y Escherichia coli</i>	Hidrodestilación/microdilución en caldo	(85)
<i>Origanum vulgare</i> (orégano)	Timol (21.5), p-cimeno (21.0) γ -terpineno (20.3),			
<i>Lippia origanoides</i>	Timol (78.7), p-cimeno (6.6), trans- β -cariofileno (2.1)			
<i>Drimys granadensis</i> (canelo de paramo)	germacreno D (14.7%), esclareno (9.5%), α -cadinol (7.3%), longiborneol acetato (6.3%), drimenol (4.2%), (Z)- β -ocimeno (4.2%), α -pino (3.2%), γ -elemeno (2.7%)	Gram negativas: Salmonella enteritidis, Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli Gram positivas: Listeria monocytogenes, Staphylococcus aureus (cepa	Hidrodestilación/difusión de disco	(60)

		multiresistente), Bacillus cereus, Staphylococcus epidermidis		
<i>Iryanthera ulei</i> (sangre gallo)	<i>a</i> -murolol (13.2%), espatulenol (12.1%), <i>a</i> -cadinol (7.8%), guaiol (4.0%), oplopanon (3.7%), 1,10-diepi- cubenol (3.4%) y limoneno (3.3%)	Gram positivas <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> , <i>Enterococcus</i> <i>faecalis</i> Gram negativas <i>Escherichia coli</i> y <i>Salmonella</i> <i>typhimurium</i>	Destilación con vapor/Disco de difusión	(86)
<i>Ocotea caudata</i> (jigua negra)	germacreno D (55.8), biciclogermacreno (8.0), β -cariofileno (4.6) y β - bourboneno (2.3)	Gram positivas: Bacillus subtilis Staphylococcus aureus Gram negativas: Escherichia coli Pseudomonas aeruginosa	Destilación con vapor/Disco de difusión	(87)
<i>Piper lanceaefolium</i> (cordoncillo)	Trans- β -cariofileno (11,6%) y germacreno D (10,7%), α - selineno (7,8%), β - pineno (5,4%), β - selineno (4,8%) y α -cubebeno (4,3%)	Gram positivas: <i>Staphylococcus</i> <i>aureus</i> , <i>Bacillus</i> <i>subtillis</i> Gram negativas <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella</i> <i>pneumoniae</i> , <i>Pseudomona</i> <i>aeruginosa</i> , <i>Salmonella tiphy</i>	Hidrodestilación asistida por la radiación de microondas	(88)
<i>Citrus citratus</i>	2-Undecanona (0.46%), 2- tridecanona (0.298		Hidrodestilación asistida por la radiación de	(89)

	% y geraniato de metilo (0.09 %)	-	microondas	
<i>Citrus nardus</i>	Citronelol (9.9%), acetato de citronelilo (1.9 %), αudesmol (0.925 %), α-cadineno (0.80 %), β-elemeno (0.67 %), epi-α-Muurolol (0.546 %), isopulegol (0.20 %), α-muroleno (0.078 %), α-terpineol (0.57 %), γmuuroleno (0.048 %) y γ-eudesmol (0.022 %)			
<i>Citrus flexuosus</i>	(E)-α-Bergamoteno (0.3 %), (E)-isoeugenol (0.15 %), octanal (0.1 %), óxido de cariofileno (0.029 %) y epóxido de rosafurano (0.009 %)			
<i>Citrus martinii</i>	(Z,Z)-farnesol (0.475 %), nerol (0.165%) y octanol (0.3 %)			
<i>Lippia origanoides</i> (orégano de monte) Nariño	Timol (54.5), p-cimeno (10.0), y-terpineno (5.0)			
<i>Cananga odorata</i>	Linalol (20.7),			

(Yiang-yiang)	acetato de benzilo (20.6), benzoato de benzilo (14.2)	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>		(90)
<i>Swinglea glutisosa</i> (limón africano)	b-pineno (49.6), a-pineno (12.0), sabineno (11.0)			
<i>Hyptis mutabilis</i> (mastranto)	Fencona (17.1), 1,8-cineol (12.6), Trans-3-cariofileno (10.9)			
<i>Piper auritum</i> (Anisillo)	Safrol (91.3), miristino (4.8), metil eugenol (0.8)			
<i>Lippia origanoides</i> (orégano de monte) Los santos-San.	Trans-b-cariofileno (11.3), p-cimeno (11.2), a-feliandreno (9.9)			
<i>Achyrocline atata</i> (viravira)	Timol (24.0), trans-b-cariofileno (13.3), p-cimeno (3.2)			
<i>Lippia origanoides</i> (orégano de monte) Piedecuesta-San.	Carvacrol (46.2), p-cimeno (12.0), timol (9.9)			
<i>Lippia alba</i> (pronto alivio)	Carvona (50.3), limoneno (30.2), piperitona (6.1)			
<i>Piper bogotenses</i> (metico)	Hidrato de sesquisacinenol (14.2), a-feliandreno (13.7), a-pineno (8.7)			
<i>Lippia alba</i> (prontoalivio) Buc-Santander	Geranial (31.5), nerol (23.8), geraniol (7.9)			

Elaborada por la autora.

2.6 Otra alternativa-Fagoterapia

Existen virus que tienen la capacidad de infectar a las bacterias, estos reciben el nombre de bacteriófagos, son específicos para determinados géneros o incluso especies de bacteria y pueden parasitar a más de 140 géneros de bacterias distintas. Recientemente ha surgido como alternativa de tratamiento contra las infecciones causadas por bacterias resistentes, el manejo con bacteriófagos, lo que se denomina fagoterapia. Aunque ya se había usado esta alternativa en Europa, fue reemplazada por los antibióticos en 1940 (62).

Esta fagoterapia consiste en administrar al paciente cierta dosis, cada cierto tiempo, de bacteriófagos específicos para combatir las bacterias causantes de la infección. En algunos estudios se ha reportado el tratamiento de infecciones oticas causada por *Pseudomonas aeruginosa*, donde los pacientes mostraron mejoría de los síntomas en un 50% (63). Otro estudio en pacientes con bacteremia bacteriana donde los antibióticos no habían sido efectivos, la fagoterapia demostró un 85% de recuperación en los pacientes (64). También han sido enfrentados a biofilms, formados por *Proteus mirabilis* en infecciones urinarias, observando una disminución en estos (65).

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo documental ya que se realizó a partir de una selección de información de fuentes bibliográficas de artículos científicos, con el objetivo de profundizar en el uso de los aceites esenciales como alternativa antimicrobiana contra infecciones de tipo bacteriano.

3.2 Población de estudio

Se tomaron en cuenta aquellos artículos científicos basados en el tema de interés teniendo en cuenta como criterios de selección, que fueran a partir del año 2008 al 2018 y que el idioma manejado fuera inglés.

3.3 Métodos

Búsqueda y revisión de información existente

Se revisaron artículos científicos que aportaron información para la construcción y desarrollo de la presente revisión documental. Los cuales contenían algunas palabras claves como aceites esenciales, antibacteriano, métodos de extracción, fitoterapia beneficios terapéuticos entre otras.

Selección del material consultado

Los artículos consultados se analizaron y se determinó, si la información que contenían era apropiada para el desarrollo del documento, y esto se decidió con la lectura de cada artículo y verificación de que contenía información útil como el método de extracción, valores de inhibición, bacterias enfrentadas entre otros.

Clasificación de la información consultada

Una vez seleccionados los documentos se clasifico por tematicas generales hasta las más específicas para el desarrollo, como origen de las bacterias, resistencia bacteriana, mecanismos de acción de las bacterias, aceites esenciales, clasificación de los aceites esenciales, fitoterapia en el mundo y Colombia y métodos de extracción de los aceites esenciales.

4. RESULTADOS

Se realizó la revisión de 109 documentos procedentes de diferentes bases de datos, entre las que están Scielo, Dialnet, World Wide Science, Google Scholar, Science Research, Pubmed, Publindex, Latindex y Lilacs, de los cuales se seleccionaron 92 documentos donde se hizo la búsqueda de información en revistas científicas. Se reviso que la información correspondiera a los principales temas a tratar en el presente escrito.

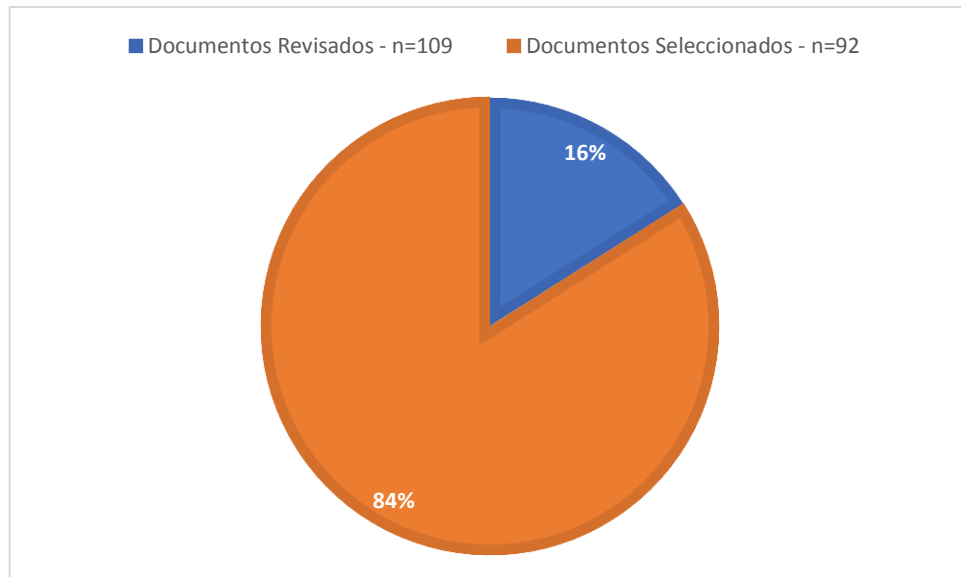


Figura 9. Cuantía de documentos revisados y seleccionados para la revisión bibliográfica

IDIOMAS CONSIDERADOS EN LA BUSQUEDA

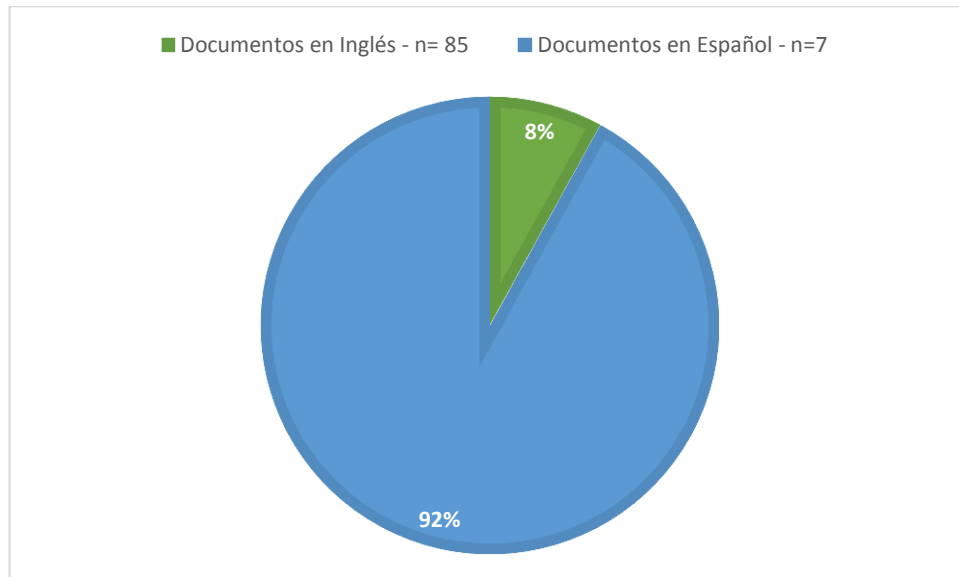


Figura 10. Idiomas considerados en la búsqueda

Para la búsqueda realizada se considero principalmente el idioma inglés, aunque se tomaron en cuenta los artículos en español de Colombia.

TIEMPO DE PUBLICACIONES INCLUIDAS

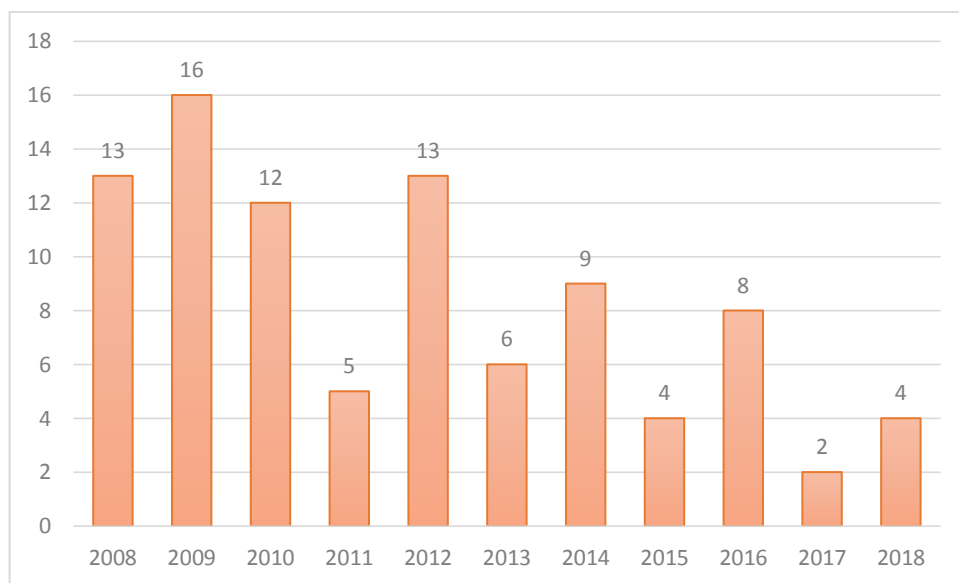


Figura 11. Tiempo de publicaciones incluidos en la búsqueda

El tiempo de las publicaciones incluidas en la búsqueda para la presente revisión de literatura fue entre los años 2008 a 2018, la razón de este criterio de selección fue con el propósito de hacer una revisión lo más actualizada posible.

En esta revisión se pretende analizar los compuestos que se extraen de las plantas, las bacterias a las cuales son enfrentadas estos aceites esenciales y los métodos de extracción utilizados. En la tabla 5 se recopiló toda la información, para ser analizada mejor se divide en temas específicos.

Tabla 5. Información recopilada en la revisión.

Planta/aceite esencial	Principales Compuestos	Bacterias enfrentadas	Met. Extrac./Act.Antimibac.	Ref.
<i>Juglans regia</i> (nogal)	α -pineno (15,1%), β -pineno (30,5%), β -cariofileno (15,5%), germacreno (14,4%) y D limoneno (3.6%)	<i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Klebsiella pneumonia</i> y <i>Escherichia coli</i>	Hidrodestilación/Difusión de disco	(66)
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Metilchavicol (77.9), 3-Metoxicinamaldehído (3.7), Metileugenol (2.7),	<i>Brochothrix thermosphacta</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Listeria innocua</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> y <i>Shewanella putrefaciens</i>	Destilación con vapor/Difusión de disco	(15)
<i>Daucus carota</i> (zanahoria)	δ -Cadineno (48.6), trans-Cariofileno (8.3), trans- β -Farneseno (4.7)			
<i>Apium graveolens</i> (apio)	β -Selineno (42.9), 2-Propenilfenoxiacetato (13.9), α -Limoneno (13.8)			

<i>Cymbopogon nardus</i> (citronela)	γ 2-Careno (22.5), β - Citronelal (11.9), Eremofileno (9.8), β - Citronelol (9.0)			
<i>Eugenia spp</i> (clavo)	p-Eugenol (67.6), Aceteugenol (16.8), trans-Cariofileno (10.8)			
<i>Coriandrum Sativum</i> (cilantro)	δ 3-Careno (60.5), γ -Terpineno (18.2), 3-Careno (5.7)			
<i>Citrus paradisi</i> (toronja)	α -Limoneno, (84.7), 1,3,8-p-Mentatrieno (1.3), 7-Metoxi-8-(2-formil-2-metilpropil) cumarin (1.8)			
<i>Citrus limon</i> (limón)	α -Limoneno (60.1), β -Pineno (7.0), α -Felandreno (9.0), 1-(1,5-Dimetilhexil)-4-metilbenzeno (2.3)			
<i>Thymus mastichina</i> (mejorana)	Eucaliptol (54.0), endo-5,5,6-Trimetil-2-norbornano (13.6), trans-Cariofileno (5.8)			
<i>Allium cepa</i> (cebolla)	Dipropiltrisulfido (28.4), β -Elemeno (5.6), cis-Propenilpropiltrisulfido (3.8)			
<i>Thymus</i>	Carvacrol (78.4),			

<i>Capitatus</i> (tomillo andaluz)	m-Timol (10.9), trans-Cariofileno (2.7),			
<i>Petroselinum Sativum</i> (perejil)	4-Metoxi-6-(2-propenil)-1,3-benzodioxol (45.1), Apiol (29.9), 1,2,3,4-Tetrametoxi-5-(2-propenil)-benzeno (16.9)			
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	(-)-Alcanfor (35.5), Eucaliptol (18.2), (-)-Bornilacetato (13.4)			
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	(-)-Alcanfor (28.7), (-)-Bornilacetato (12.6), Eucaliptol (12.2)			
<i>Artemisia dracunculus</i> (estragón)	Metilchavicol (92.4), 3-Metoxicinamaldehido (3.8), β -Limoneno (1.3)			
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	m-Timol (75.4), Carvacrol (5.4), Cimeno (4.0)			
<i>Mentha spicata</i> (hierbabuena)	Carvona (49.5), menton (21.9), limoneno (5.7)	<i>Proteus mirabilis</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Micrococcus flavus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	Hidrodestilación/ Difusión de disco	(7)
<i>Mentha piperita</i> (menta)	Mentol (37.4), mentil acetato (17.3), menton (12.7)			
<i>Citrus limon</i> (limon)	Limoneno (59.6), β -pineno (17.2), γ -terpineno (11.2)			
<i>Citrus aurantium</i> (naranja)	Limoneno (90.0), δ -3-careno (6.2)			
<i>Matricaria chamomilla</i> (manzanilla)	<i>trans</i> - β -farneseno (43.4), bisabolol oxido B (9.0),			

	biclogermacren o (5.2)			
<i>Lavandula angustifolia</i> (lavanda)	linalil acetato (27.5), linalol (27.2), limoneno (8.5)			
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Linalol (69.2), α - cadinol (2.5), γ - cadineno (2.4)			
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	α -tujone (31.65), alcanfor (16.6), 1,8-cineole (8.7)			
<i>Origanum vulgare</i> (orégano)	Carvacrol (64.5), p-cimeno (10.9), γ -terpineno (10.8)			
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Timol (48.9), p- cimeno (18.9), γ - terpineno (4.0)			
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. (eucalipto)	Etanona (25.36%), eucaliptol (13.73%), β - cariofileno (11.55%), carvacrol (9.05%)	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Enterococcus durans</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Bacillus subtilis</i>	Hidrodestilación/Difusión de disco	(72)
<i>Myrtus communis</i> L. (mirto)	Eucaliptol (50.13%), linalol (12.65%), α - terpineol (7.57%) y limoneno (4.26%)			
<i>Curcuma longa</i> (cúrcuma)	-	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus macerans</i> , <i>Bacillus licheniformis</i> and <i>Azotobacter</i>	Hidrodestilación/ Difusión de disco	(12)
<i>Eucalyptus especies</i> (<i>globulus</i> y <i>camaldulensis</i>)	-	<i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Escherichia coli</i>	Hidrodestilación/Medio liquido	(9)
<i>Cymbopogon citrates</i>		<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus</i>	Disco de difusión	(73)

(limonaria)	-	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .		
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	1,8-cineole (27.23%), α -pineno (19.43%), alcanfor (14.26%), camfeno (11.52%), β -pineno (6.71%)	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Escherichia coli</i> y <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Microdilucion y difusi3n de disco	(79)
<i>Satureja montana</i> (ajedrea)	Carvacrol (70.5%), <i>p</i> -cimeno (10%), γ -terpineno (2.2%), α -pineno (1.2%), borneol (1.9%), timol (0.3%)	<i>Listeria monocytogenes</i>	Hidrodestilaci3n/medio liquido	(59)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Carvacrol (40.6%) <i>p</i> -cimeno (10.9%), timol (6.1%), γ -terpineno (5.9%), 1,8-cineole (4.9%), linalol (4.6%)			
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Alcanfor (34.2%), 1,8-cineole (15.8%), α -pineno (10.6%), mirceno (7.9%), camfeno (6.8%), borneol (5.3%), <i>p</i> -cimeno (1.3%), γ -terpineno (0.4%)			
<i>Citrus hystrix</i> ,	β -pineno (30.48%),	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> ,	Hidrodestilaci3n	(81)

	sabineno (22.75%), citronelal (15.66%)	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Salmonella sp.</i> , <i>Escherichia coli</i>		
<i>Citrus Aurantifolia</i> ,	-			
<i>Citrus Japónica</i>	-			
<i>Citrus reticulate</i> ,	-			
<i>Citrus máximo</i>	-			
<i>Citrus paradisi</i>	-			
<i>Aloysia gratissima</i> , (cedrón)	trans- y cis-pinocamfeno (16.0) (6.0), beta-pineno (12.0), guaiol (8.5)	<i>Streptococcus mutans</i>	Hidrodestilación /Micro diluciones	(13)
<i>Baccharis dracunculifolia</i> (chilca)	trans-nerolidol (31.7), espatulenol (13.6)			
<i>Coriandrum sativum</i> (cilantro)	2-decen-1-ol (23.6), 1-decanol (33.9)			
<i>Lippia sidoides</i>	Timol (65.8)			
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	Geranial (48.1%), neral (34.6%), b-mirceno (11.0%)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	Difusión de disco	(74)
<i>Cymbopogon giganteus</i>	limoneno (42%), trans-p-menta-1(7),8-dien-2-ol (14.2%), cis-p-menta-1(7),8-dien-2-ol (12%), trans-p-menta-2,8-dien-1-ol (5.6%), cis-p-mentha-2,8-dien-1-ol (5.2%)			
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	alcanfor (38.54%), camfeno (17.19%), α-	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>Streptococcus</i>	Hidrodestilación	(82)

	pineno (9.35%), 1, 8-cineole (5.44%), borneol (4.91%), β - pineno (3.90%)	<i>sp., Pantoa sp.</i> y <i>Escherichia coli</i> .		
<i>Satureja cuneifolia</i>	Carvacrol (44.9), p-Cimeno (21.6), Timol (9.0), c- Terpineno (4.35)	<i>E. coli O157:H7</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Shigella sonnei</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella enteritidis</i>	Difusión de disco	(10)
<i>Rosmarinus officinalis</i> var. <i>typicus</i> (romero)	1.8-Cineole (47.2), alcanfor (12.9)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> ,	Difusión de disco	(70)
var. <i>troglodytorum</i>	1.8-Cineole (27.5), alcanfor – (27.9)	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Staphylococcus epidermis</i> y <i>Streptococcus Feacalis</i>		
<i>Origanum compactum</i> , <i>Chrysanthemum coronarium</i> , <i>Thymus willdenowii</i> Boiss, <i>Melissa officinalis</i> y <i>Origanum majorana</i>	-	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas putida</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> y <i>Enterobacter</i>	Hidrodestilación	(83)

		<i>aerogenes</i>		
<i>Eucalyptus globulus</i> (eucalipto)	-	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i>	Destilación	(71)
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	-			
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	-			
<i>Thymus moroderi</i> (tomillo alicantino)	alcanfor (26.74%), 1.8-cineol (24.99%), mirceno (5.63%), α -pineno (4.35%)	<i>Listeria innocua</i> , <i>Serratia marcescens</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Achromobacter denitrificans</i> , and <i>Alcaligenes faecalis</i>	Hidrodestilación/Disco de difusión	(84)
<i>Thymus piperella</i> (tomillo pimentera)	carvacrol (31.92%), α -cimeno (16.18%), γ -terpineno (10.11%), α -terpineol (7.29%).			
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Santa Teresa) (Limón)	D-Limoneno (49.65), β -Pineno (11.77), α -Citral (4.29)	43 cepas de <i>Listeria monocytogenes</i> , 35 cepas de <i>Staphylococcus aureus</i> y 14 cepas de <i>Salmonella enterica</i>	Hidrodestilación/Disco de difusión	(68)
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Monachello)	D-Limoneno (46.31), β -Pineno (13.19), Nerol (3.94)			
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Continella)	D-Limoneno (60.90), β -Pineno (10.29), o -Cimeno (2.59)			
<i>Citrus aurantifolia</i> (limero)	D-Limoneno (63.3), 3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol (7.0), geraniol (6.23), E-citral (4.35), Z-citral (3.29), β -ocimeno (2.2)	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Hidrodestilación	(19)

<i>Juglans regia</i> (nogal)		<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Klebsiella aerogenosa</i> , <i>Bacillus subtilis</i> y <i>Escherichia coli</i>	Extracción con solventes	(67)
---------------------------------	--	---	--------------------------	------

Realizada por la autora.

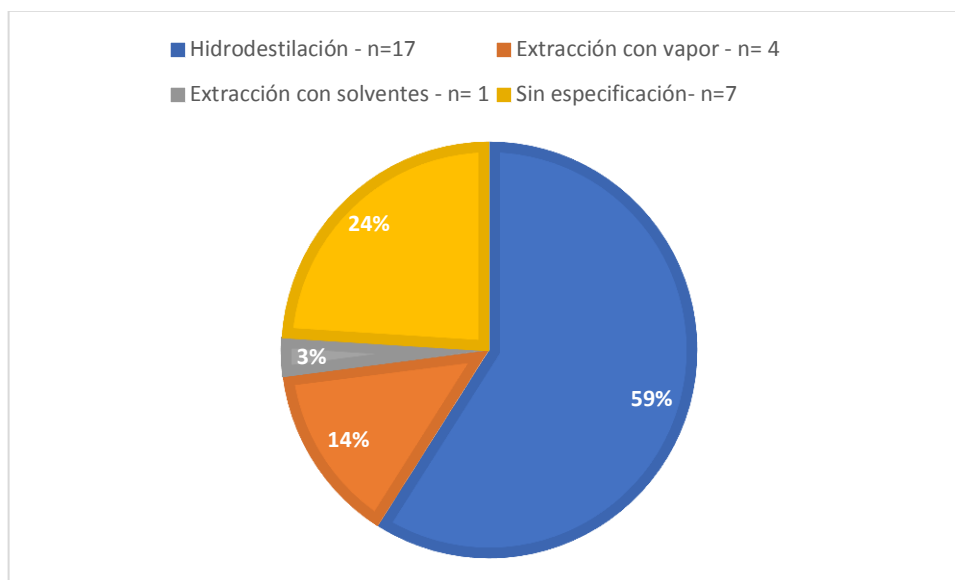


Figura 12. Métodos de extracción utilizados en los estudios.

Los compuestos químicos que conforman las plantas y que son extraídos en los aceites esenciales son muy importantes ya que son estos los que por medio de diferentes mecanismos (como la alteración de la permeabilidad de la membrana externa bacteriana, interrupción de la producción de energía y la inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos) tienen la capacidad de combatir a las bacterias, en la tabla 6 se encuentran los principales componentes de los aceites esenciales.

Tabla 6. Principales compuestos de los aceites esenciales

Planta	Principales compuestos	Ref.
<i>Juglans regia</i> (nogal)	α -pineno (15,1%), β -pineno (30,5%), β -cariofileno (15,5%), D germacreno (14,4%) y limoneno (3,6%)	(66)
<i>Juglans regia</i>		(67)

(nogal)	-	
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Metilchavicol (77.9), 3-Metoxicinamaldehido (3.7), Metileugenol (2.7),	(15)
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Linalol (69.2), α -cadinol (2.5), γ -cadineno (2.4)	(7)
<i>Coriandrum Sativum</i> (cilantro)	δ 3-Careno (60.5), γ -Terpineno (18.2), 3-Careno (5.7)	(15)
<i>Coriandrum sativum</i> (cilantro)	2-decen-1-ol (23.6), 1-decanol (33.9)	(13)
<i>Citrus limon</i> (limón)	α -Limoneno (60.1), β -Pineno (7.0), α -Felandreno (9.0), 1-(1,5-Dimetilhexil)-4-metilbenzeno (2.3)	(15)
<i>Citrus limon</i> (limon)	Limoneno (59.6), β -pineno (17.2), γ -terpineno (11.2)	(7)
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Santa Teresa) (Limón)	D-Limoneno (49.65), b-Pineno (11.77), a-Citral (4.29)	(68)
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Monachello)	D-Limoneno (46.31), b-Pineno (13.19), Nerol (3.94)	
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Continella)	D-Limoneno (60.90), b-Pineno (10.29), o-Cimeno (2.59)	
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	m-Timol (75.4), Carvacrol (5.4), Cimeno (4.0)	(15)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Timol (48.9), p-cimeno (18.9), γ -terpineno (4.0)	(7)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Carvacrol (40.6%) p-cimeno (10.9%), timol (6.1%), γ -terpineno (5.9%), 1,8-cineole (4.9%), linalol (4.6%)	(69)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Alcanfor (38.54%), camfeno (17.19%), α -pineno (9.35%), 1, 8-cineole (5.44%), borneol (4.91%), β -pineno (3.90%)	(82)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	(-)-Alcanfor (35.5), Eucaliptol (18.2), (-)- Bornilacetato (13.4)	(15)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	1,8-cineole (27.23%), α -pineno (19.43%), alcanfor (14.26%), camfeno (11.52%), β -pineno (6.71%)	(79)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Alcanfor (34.2), 1,8-cineole (15.8), α -pineno (10.6), mirceno (7.9), camfeno (6.8), borneol (5.3), p-cimeno (1.3), γ -terpineno (0.4)	(69)
<i>Rosmarinus officinalis</i> var. <i>typicus</i> (romero)	1.8-Cineole (47.2), alcanfor (12.9)	(70)
var. <i>troglydytorum</i>	1.8-Cineole (27.5), alcanfor -(27.9)	

<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	-	(71)
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	(-)-Alcanfor (28.7), (-)-Bornilacetato (12.6), Eucaliptol (12.2)	(15)
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	α -tujona (31.65), alcanfor (16.6), 1,8-cineole (8.7)	(7)
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. (eucalipto)	Etanona (25.36%), eucaliptol (13.73%), β -cariofileno (11.55%), carvacrol (9.05%)	(72)
<i>Eucalyptus</i> especies (<i>globulus</i> y <i>camaldulensis</i>)	-	(9)
<i>Eucalyptus globulus</i> (eucalipto)	-	(71)
<i>Cymbopogon citrates</i> (limonaria)	-	(73)
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	Geranial (48.1%), neral (34.6%), b-mirceno (11.0%)	(74)
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	-	(72)

Realizada por la autora

En esta comparación se evidenció que la mayoría de los compuestos principales de los aceites esenciales son monoterpenos oxigenados o hidrocarbonados y en menor cantidad son sesquiterpenos. Algunos de los estudios no detallaban los compuestos presentes en los aceites, en los que si se realizó una comparación.

En el caso de la albahaca (*Ocimum basilicum*), el cilantro (*Coriandrum sativum*) y la salvia (*Salvia officinalis*) los compuestos extraídos y presentados en cada artículo, (15) (7), (15) (13) y (15) (7) respectivamente, no coincidían entre si, pero si coincidían en que sus principales compuestos eran monoterpenos. Por otra parte, en los tres estudios del aceite de limón (15) (7) (68), los componentes principales y secundarios coinciden en los tres, aunque la variedad del limón es diferente los aceites fueron extraídos de la cascara de la fruta.

En el caso del tomillo (*Thymus vulgaris*), aunque hay un poco de variabilidad de los componentes, algunos coinciden y tienen presente compuestos como el timol y

carvacrol que son conocidos por su gran actividad antibacteriana. En cuanto al aceite de romero (*Rosmarinus officinalis*), todos sus compuestos son similares, aunque en diferentes cantidades contienen a-pineno y b-pineno que tienen mayor actividad antibacteriana que 1,8 cineol.

Asimismo, es importante conocer con que bacterias han sido enfrentados estos aceites esenciales ya que de un modo u otro esto nos indica cuales son las bacterias de interés científico para combatir y que en su mayoría nos están causando problemas de salud, algunas de estas a continuación nombradas, fueron las mas representativas en los estudios, son cepas resistentes a antibióticos convencionales y por esta razón se ha querido demostrar la acción antibacteriana de los aceites enfrentándolas con estos (tabla 7).

Tabla 7. Aceites esenciales enfrentados a bacterias.

Planta	Bacterias enfrentadas	Ref.
<i>Juglans regia</i> (nogal)	Gram Positivas: <i>Staphylococcus epidermidis, Bacillus subtilis,</i> <i>Staphylococcus aureus,</i> Gram negativas <i>Proteus vulgaris, Pseudomonas aeruginosa,</i> <i>Salmonella typhi, Shigella dysenteriae, Klebsiella</i> <i>pneumonia y Escherichia coli</i>	(66)
<i>Juglans regia</i> (nogal)	Gram Positivas: <i>Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis</i> Gram negativas <i>Klebsiella aerogenosa, y Escherichia coli</i>	(67)
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Gram positivas <i>Brochothrix thermosphacta, Listeria innocua,</i> <i>Listeria monocytogenes</i> Gram negativas <i>Pseudomonas putida, Escherichia coli, Salmonella</i> <i>typhimurium y Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Ocimum basilicum</i> (albahaca)	Gram positivas <i>Staphylococcus</i> <i>aureus, Staphylococcus epidermidis, Micrococcus</i> <i>flavus, Bacillus subtilis</i> Gram negativas <i>Proteus mirabilis Pseudomonas aeruginosa,</i> <i>Escherichia coli, Enterobacter</i>	(7)

	<i>cloacae, Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium</i>	
<i>Coriandrum Sativum</i> (cilantro)	Gram positivas <i>Brochothrix thermosphacta, Listeria innocua, Listeria monocytogenes</i> Gram negativas <i>Escherichia coli, Pseudomonas putida, Salmonella typhimurium y Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Coriandrum sativum</i> (cilantro)	<i>Streptococcus mutans</i>	(13)
<i>Citrus limon</i> (limón)	Gram positivas <i>Brochothrix thermosphacta, Listeria innocua, Listeria monocytogenes</i> Gram negativas <i>Escherichia coli, Pseudomonas putida, Salmonella typhimurium y Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Citrus limon</i> (limón)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Micrococcus flavus, Bacillus subtilis</i> Gram negativas <i>Proteus mirabilis Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Enterobacter cloacae, Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium</i>	(7)
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Santa Teresa) (Limón)	Gram positivas 43 cepas de <i>Listeria monocytogenes</i> , 35 cepas de <i>Staphylococcus aureus</i>	(68)
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Monachello)	Gram negativas 14 cepas de <i>Salmonella enterica</i>	
<i>Citrus limon</i> L. Burm. (Femminello Continella)		
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Gram positivas <i>Brochothrix thermosphacta, Listeria innocua, Listeria monocytogenes</i> Gram negativas <i>Escherichia coli, Pseudomonas putida, Salmonella typhimurium y Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Micrococcus flavus, Bacillus subtilis</i> Gram negativas <i>Proteus mirabilis Pseudomonas aeruginosa, Escherichia coli, Enterobacter</i>	(27)

	<i>cloacae, Salmonella enteritidis, Salmonella typhimurium</i>	
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Gram positiva <i>Listeria monocytogenes</i>	(69)
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus, S. epidermidis, Streptococcus sp.</i> Gram Negativas <i>Pantoea sp. y Escherichia coli.</i>	(82)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Gram positivas <i>Brochothrix thermosphacta, Listeria innocua, Listeria monocytogenes</i> Gram negativas <i>Escherichia coli, Pseudomonas putida, Salmonella typhimurium y Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Gram positivas <i>Bacillus subtilis, Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis,</i> Gram negativas <i>Escherichia coli y Pseudomonas aeruginosa</i>	(79)
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Gram positiva <i>Listeria monocytogenes</i>	(69)
<i>Rosmarinus officinalis</i> var. <i>typicus</i> (romero)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus, Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Staphylococcus epidermidis y Streptococcus Feacalis</i> Gram negativas <i>Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa,</i>	(70)
var. <i>trogodytorum</i>	<i>Klebsiella pneumoniae,</i>	
<i>Rosmarinus officinalis</i> (romero)	Gram positiva <i>Staphylococcus aureus</i> Gram negativa <i>Escherichia coli</i>	(71)
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	Gram positivas <i>Brochothrix thermosphacta, Listeria innocua, Listeria monocytogenes</i> Gram negativas <i>Escherichia coli, Pseudomonas putida, Salmonella typhimurium y Shewanella putrefaciens</i>	(15)
<i>Salvia officinalis</i> (salvia)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Micrococcus flavus, Bacillus subtilis</i>	(7)

	Gram negativas <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter cloacae</i> , <i>Salmonella enteritidis</i> , <i>Salmonella typhimurium</i>	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehn. (eucalipto)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Enterococcus durans</i> , <i>Bacillus subtilis</i> Gram negativas <i>Salmonella typhi</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	(72)
<i>Eucalyptus</i> especies (<i>globulus</i> y <i>camaldulensis</i>)	Gram positiva <i>Staphylococcus aureus</i> Gram negativa <i>Escherichia coli</i>	(9)
<i>Eucalyptus globulus</i> (eucalipto)	Gram positiva <i>Staphylococcus aureus</i> Gram negativa <i>Escherichia coli</i>	(71)
<i>Cymbopogon citrates</i> (limonaria)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , Gram negativas <i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , y <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .	(73)
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	Gram positivas <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , Gram negativas <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Salmonella typhimurium</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i>	(74)
<i>Cymbopogon citratus</i> (limonaria)	Gram positiva <i>Staphylococcus aureus</i> , Gram negativa <i>Escherichia coli</i>	(72)

Elaborada por autora

En los estudios presentados de *Juglans regia* ambos tienen en común el enfrentamiento de *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* y *Escherichia coli*

donde se evidencia, mediante la inhibición de crecimiento y mayor acción frente a las bacteria que los antibióticos usados como control, el amplio espectro de acción que tiene este aceite esencial ya que en ambos casos la actividad del aceite esencial fue favorecedor aunque en lo descrito por Rather *et al* (66) hubo un poco más de resistencia por parte de las bacterias Gram negativas, ya que las Concentraciones Mínimas Inhibitoria estas bacterias doblaban el valor de las Gram positivas, cabe resaltar que en el estudio de Sharma *et al* (67) se mezcló el aceite esencial con tres componentes por separado: etanol, acetato de etilo y agua destilada obteniendo la mejor actividad antibacteriana con el extracto etanoico.

Texeira *et al* (15), muestra la actividad antibacteriana que tuvo el aceite de albahaca (*Ocimum basilicum*) contra todas las bacterias a las que fue enfrentado, a excepción de *L. innocua* y *P. putida*, donde la actividad fue baja con zonas de inhibición de crecimiento de 4.0 mm, por el contrario, la menor actividad registrada para el aceite de albahaca por Sokovic *et al* (7) fue contra *P. aeruginosa* y *P. mirabilis*, en las que la zona de inhibición fue de 8.0 mm, pero en general en este estudio el aceite respondió a todas las bacterias.

En cuanto a los estudios sobre el aceite de cilantro, aunque no tenían ninguna de las bacterias enfrentadas en común en cada uno de los estudios el aceite esencial de cilantro cumplió satisfactoriamente pese a que en el estudio de Texeita *et al* (15) la acción más débil fue contra *P. putida* y la más alta contra *S. putrefaciens*; igualmente Galvao *et al* (13) demostraron la acción del aceite de cilantro contra *Streptococcus mutans* y su biopelícula.

En el estudio de Texeira *et al* (15) el aceite esencial de limón (*Citrus limón*) no tuvo ningún efecto contra *E. coli* y *S. typhimurium* en Sokovic (7) no se obtuvo ningún resultado contra *P. mirabilis* y *P. aeruginosa* y en Settanni *et al* (68) el aceite se enfrento a varias cepas del mismo género con algunas variaciones por ejemplo habían algunas cepas de *Staphylococcus aureus* meticilin resistentes, el aceite fue eficaz contra las bacterias Gram positivas y solamente las variedades Monachello y Femminello Continella tuvieron algún efecto contra la *S. entérica*.

El aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) mostró una actividad antibacteriana muy completa en todos los estudios, Texeira *et al* (15), encontró que fue el aceite con mayor efectividad contra *Listeria monocytogenes*, con 18.0 mm en la zona de inhibición. Igualmente, Carramiñana *et al* (69) describió la total inhibición de *L. monocytogenes*. Sorovik *et al* (7) utilizaron como control la estreptomycin y el aceite tuvo una actividad mucho mejor contra todas las bacterias que el antibiótico mencionado; no obstante, en el estudio de Imelouane *et al* (42) su acción fue menor en las bacterias Gram positivas que en las Gram negativas.

Zaouali *et al* (70), Carramiñana *et al* (69) y Cuellar *et al* (71) coincidieron en sus estudios en que el aceite de romero tuvo actividad contra todas las bacterias a las que lo enfrentaron, a excepción de *P. aeruginosa* en donde no consiguieron ninguna inhibición. El aceite de romero de (*R. officinalis* L.), presenta como sus principales componentes el α -pineno, β -pineno y 1,8-cineol, Estos tienen un efecto bacteriostático *Staphylococcus aureus* en las primeras 12 horas, mientras que las 24 horas tuvieron un efecto letal.

En Texeira *et al* (15), el aceite esencial de salvia mostró actividad antibacteriana sobre todas las bacterias, pero en el estudio de Sorovik *et al* (7) el aceite no tuvo actividad inhibitoria sobre *P. mirabilis* y *P. aeruginosa*.

De los tres estudios acerca del aceite de eucalipto dos se llevaron a cabo con la especie camaldulensis, Akin *et al* (72) demostró que el aceite solo presento actividad contra *S. aureus*; Ghalem *et al* (9) encontró que habia actividad contra todas las bacterias, pero las enfrentadas a la especie globulus fue mejor que las enfrentadas a camaldulensis por último Cuellar *et al* (71) la especie globulus tuvo mayor actividad.

Los resultados de Cuellar *et al* (71) Naik *et al* (73) y Bassole *et al* (74) se correlacionan en sus resultados, por que la actividad antimicrobiana del aceite de limonaria (*Cymbopogon citratus*), es eficaz frente a las bacterias tanto Gram positivas como Gram negativas, ya que en los tres estudios hubo zonas de

inhibición de crecimiento, con excepción de la *P. aeruginosa* la cual en ninguno de los casos pudo ser inhibida.

En la revisión bibliografica se indican tres formas por las cuales actualmente se combaten las infecciones bacterianas, como los antibióticos, los aceites esenciales y la fagoterapia), haciendo énfasis en la utilización de aceites esenciales. Es decir que no solamente hay una forma de tratar este tipo de infecciones, con los antibióticos, como muchos creen y que hay muchos medios por los cuales se pueden combatir, algunos en desarrollo y otros que aun no se han pensado.

Por último, se evidenciaron, mediante la lectura de los artículos, varios métodos de extracción, la destilación con vapor, la hidrodestilación y la extracción con solventes, pero solo dos fueron los más utilizados, la hidrodestilación y la destilación con vapor, de los cuales la hidrodestilación fue la que mas se usó en un 59% frente a 24 % respectivamente. Esto puede atribuirse a que, con la hidrodestilación, el rendimiento de los materiales es mejor. Por otro lado, las partes de la planta de donde se hicieron las extracciones no necesitaban ninguna condición especial, como temperatura o presión.

5. DISCUSIÓN

Los aceites esenciales están formados por complejas mezclas de compuestos químicos de los cuales la mayoría pertenece a la familia de los terpenos y en menor cantidad a los aromáticos; algunos de ellos, tienen grandes actividades contra muchos microorganismos entre ellos están las bacterias las cuales causan enfermedad y muerte.

Entre los componentes químicos que han demostrado una gran actividad antibacteriana esta el carvacrol, que esta presente en gran cantidad en el aceite de oregano y en el de tomillo. Se ha descrito que tiene un amplio espectro de actividad antimicrobiana contra la mayoría de las bacterias ya que interactua con las membranas y la membrana externa de las bacterias Grampositivas y Gramnegativas respectivamente.

El aceite de nogal (*Juglans regia*), no detalla los componentes en uno de los dos estudios presentados; podría esperarse que no fuesen los mismos componentes o que si lo sean, o que estén en proporciones diferentes, ya que uno de los aceites fue extraído del epicarpio y el otro de las hojas de la planta. Basados en la actividad antimicrobiana en el estudio de Sharma *et al* (67), el extracto etanólico posee mejor actividad que los otros dos (acetato de etilo y agua), esto puede deberse a que la difusión en el agar del extracto etanólico es mejor ya durante la incubación la evaporación es menor (71).

Los principales compuestos del aceite de albahaca presentados en los estudios (15, 7) coinciden con los de la literatura (75), en que los dos compuestos principales de la albahaca son el metil chavicol y el linalol, aunque esten cada uno por separado en los estudios. Por otra parte, los compuestos de los aceites de cilantro no coinciden entre los estudios presentados pero Sahib *et al* (76), en su estudio presenta los diferentes compuestos del aceite de cilantro de plantas recolectadas en diferentes países del mundo, demostró que estos compuestos no

son iguales, a esto puede deberse el que no coincidan los compuestos ya que el lugar de origen de cada planta fue diferente (Austria y Brasil) o al lugar de la planta de donde se hizo la extracción debido a que Texeira *et al* (15) lo hicieron de las semillas y Galvao *et al* (13) de las partes aéreas de la planta.

De igual forma, en los estudios del aceite de salvia no coinciden los compuestos Texeira *et al* (15) y Socovik *et al* (7) recogidas en México y extraído de flores y hojas y en Montenegro y extraído de las partes aéreas de la planta respectivamente.

El aceite de limón tiene como principal componente el D-limoneno el cual tiene una baja actividad contra las bacterias Gram negativas, al contrario de lo que pasa con las bacterias Gram positivas, contra las cuales tiene una gran actividad incluyendo contra la biopelícula formada por *Streptococcus mutans*.

Los compuestos timol, carvacrol y alcanfor hicieron al aceite de tomillo uno de los aceites con mayor acción frente a todas las bacterias enfrentada incluso tuvo mejor respuesta que la estreptomicina. El timol desintegró la membrana externa de los microorganismos y aumento de la permeabilidad de la membrana citoplásmica (77)

Por último, en el aceite de eucalipto se probaron 2 especies de esta planta, *E. camandulensis* y *E. globulus*, la actividad antibacteriana fue mayor para la especie *globulus*, incluso contra bacterias resistentes a antibióticos comerciales, esta actividad superior que tuvo la especie *globulus* frente a *E. camandulensis* se debe al equilibrio entre los monoterpenos oxigenados e hidrocarburos presentes en la especie *globulus*.

En general las bacterias Gram positivas fueron más sensibles que las Gram negativas (66, 73, 78, 79) esto podría atribuirse a la complejidad de la doble capa de membranas que poseen las bacterias Gram negativas en comparación con la membrana única de las bacterias Gram positivas (47).

Por otra parte, los antibióticos son la manera más común de tratar las infecciones bacterianas, pero debido al aumento, en los últimos años, de cepas resistentes a los antibióticos y la ineficacia de estos para combatirlas. Se han desarrollado nuevas formas de tratamiento ya que, como anteriormente se menciona, algunos antibióticos ya no son efectivos contra las bacterias, sin dejar de lado el hecho de que tienen efectos secundarios sobre la salud. En cuanto a la foterapia es una buena opción ya que ha tenido buenos resultados frente a las bacterias, algunas de las desventajas que presenta es que debido a la especificidad de los bacteriófagos, por diferentes bacterias, sería indispensable saber que tipo de bacteria está causando la infección además el sistema inmune puede hacer el reconocimiento de los virus y destruirlos antes de llegar al lugar de la infección. En los aceites esenciales no se encuentra en la literatura evidencia de efectos adversos.

En cuanto a las bacterias seleccionadas para ser enfrentadas a los aceites esenciales en su mayoría coincidían en todos los estudios, posiblemente debido a que en el caso de *S. aureus* es causante de muchas infecciones y hay cepas resistentes a metilina, *L. monocytogenes* es común en alimentos que ya se han echado a perder y como estos aceites esenciales en su mayoría se usan como conservantes de alimentos es una de las razones por la que se presenta en los estudios. Por otro lado, están las bacterias Gram negativas las cuales son la principal causa de infecciones nosocomiales y también se han descrito muchos genes que las proveen de enzimas como las carbapenemasas, betalactamasas entre otras que hacen que se genere la resistencia a los antibióticos presentes en las enterobacterias (80).

6. CONCLUSIONES

- Los aceites esenciales son una excelente alternativa antimicrobiana contra las infecciones de tipo bacteriano, ya que su efectividad, demostrada en los estudios, indica un mejor resultado incluso que los antibióticos comúnmente utilizados y ante bacterias resistentes también, por otro lado no se han registrado efectos adversos a la salud de los humanos por parte de estos, a excepción del cambio en el gusto de alimentos por la presencia de algunos aceites.
- Los componentes químicos de los aceites esenciales son quienes le otorgan al aceite propiedades como el aroma, que sirve como atrayente para muchos animales que le sirven a la planta como polinizadores, otros tienen función de defensa, como repelente, antifúngico y antibacteriano. Estos aceites esenciales están compuestos principalmente por monoterpenos los cuales están presentes en aproximadamente el 90% de ellos.
- Los métodos más utilizados fueron la hidrodestilación y la destilación con vapor de los cuales la mayoría de los documentos consultados coincidieron en que la hidrodestilación es la mejor opción como método de extracción debido a que el tiempo requerido es menor, es mucho más simple de llevar a cabo, el rendimiento es mejor y el agua crea una barrera que protege el aceite del calentamiento excesivo.
- Los mecanismos de acción de aceites esenciales frente a las bacteria son similares a los que utilizan algunos antibióticos, ya que los aceites tienen la capacidad de alterar la permeabilidad de la membrana citoplasmática de las

bacterias y así lograr su destrucción, interactúan con enzimas interrumpiendo la producción de energía bacteriana, inhiben la síntesis de ácidos nucleicos, interfieren en las bombas de flujo y inhiben la producción de enzimas intracelulares.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Rolain JM, Abat C, Jimeno MT, Fournier PE and Raoult D. Do we need new antibiotics? *Clinical Microbiology and Infection*. 2016 May; Vol. 22 N° 5
2. Organización Mundial de la Salud. Resistencia a los antibióticos. Informe mensual. Febrero 2018. Disponible en: www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antibioticos
3. Organización Panamericana de la Salud/ Organización Mundial de la Salud. Alerta epidemiológica: Enterobacterias con resistencia transferible a colistina, implicaciones para la salud pública en las Américas, 10 de junio de 2016, Washington, D.C. OPS/OMS 2016
4. Fair RJ and Tor Y. Antibiotics and Bacterial Resistance in the 21st Century. *Perspectives in Medicinal Chemistry*. 2014;6 25–64 doi: 10.4137/PMC.S14459
5. Djilani A and Dicko A. The therapeutic benefits of essential oils. *Nutrition*. 2012 155-178
6. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils – a review. *Food Chem. Toxicol*. 2008;46 446–475
7. Sokovic M, Marin P, Brkic D, van Griensven L. Chemical composition and antibacterial activity of essential oils of ten aromatic plants against human pathogenic bacteria. *Global Science*. 2008
8. Zhang Z, Vriesekoop F, Yuan Q and Liang H. Effects of nisin on the antimicrobial activity of D-limonene and its nanoemulsion. *Food chemistry*. 2014;150 307-312
9. Ghalem B and Mohamed B. Antibacterial activity of leaf essential oils of *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus camaldulensis*. *African journal of pharmacy and pharmacology*. 2008;2 211-215

10. Oke F, Aslim B, Ozturk S and Altundag A. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Satureja cuneifolia* Ten. *Food Chem.* 2009;112 874-879
11. Cao L, Si JY, Liu Y, Sun H, Jin W, Li Z, Zhao XH, Pan RL. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant properties of *Mosla chinensis* Maxim. *Food Chemistry.* 2009;115, 801-805
12. Naz S, Jabeen S, Ilyas S, Manzoor F, Aslam F and Ali A. Antibacterial activity of *Curcuma longa* varieties against different strains of bacteria. *Pakistan Journal Botanic.* 2010;42 455-462
13. Galvao LC, Furletti VF, Bersan SM, Da Cunha MG, Ruiz AL, Carvalho JE, Sartoratto A, Rehder VL, Figueira GM, Teixeira Duarte MC, Ikegaki M, DeAlencar SM, Rosalen PL. Antimicrobial activity of essential oils against *Streptococcus mutans* and their antiproliferative effects. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2012, Article ID 751435 doi:10.1155/2012/751435
14. Abdelhady MI and Aly HAH. Antioxidant antimicrobial activities of *Callistemon comboynensis* essential oil. *Free Radic Antioxidants.* 2012;2 37-41
15. Teixeira B, Marques A, Ramos C, Neng N, Nogueira J, Saraiva JA and Nunes ML. Chemical composition and antibacterial and antioxidant properties of commercial essential oils. *Industrial crops and products.* 2013;43 587-595
16. Portilho S, Araujo M, Ferreira P, Bertolaccini B, Alkmim A, Masako L, Francescato D. Antibacterial activity of *Melaleuca* sp. oil against clinical isolates of antibiotics resistant *Staphylococcus aureus*. *Acta chirurgica brasileira.* 2015;30
17. Kacem N, Roumy V, Duhal N, Merouane F, Neut C, Christen P, Hostettmann K, Rhouati S. Chemical composition of the essential oil from Algerian *Genista quadriflora* Munby and determination of its antibacterial and antifungal activities. *Industrial crops and products.* 2016;90 87-93

18. Carneiro N, Alves C, Alves J, Egea M, Martins C, Silva T, Bretanha L, Balleste M, Micke G, Silveira E, Miranda M. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of essential oils from leaves and flowers of *Eugenia klotzschiana* Berg (Myrtaceae). *Anais da academia brasileira de ciencias*. 2017;89
19. Al-Aamri M, Al-Abousi M, Al-Jabri S, Alam T and Khan S. Chemical composition and in-vitro antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil of *Citrus aurantifolia* L. leaves grown in Eastern Oman. *Journal of taibah university medical sciences*. 2018;13 108-112
20. Pérez M and Mota M. Temas de bacteriología y virología médica. Morfología y estructura bacteriana. Pág. 23-42
21. Saga T and Yamaguchi K. History of antimicrobial agents and resistant bacteria. *JMAJ*. 2009;52 103-108
22. Kapoor G, Saigal, S, and Elongavan A. Action and resistance mechanisms of antibiotics: A guide for clinicians. *Journal of Anaesthesiology Clin. Pharmacol*. 2017 Jul-Sep; 33(3): 300–305
23. Etebu E and Arikekpar I. Antibiotics: Classification and mechanisms of action with emphasis on molecular perspectives. *Interinational Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research*. 2016;90-101
24. Rolain JM, Abat C, Jimeno MT, Fournier PE and Raoult D. Do we need new antibiotics? *Clinical Microbiology and Infection*. 2016 May; Vol. 22 N° 5
25. Park JT and Uehara T. How bacteria consume their own exoskeleton (turnover and recycling of cell wall-peptidoglycan). *Microbiology Molecular Biology*. 2008;72 211-227
26. Falagas ME, Rafailidis PI and Matthaïou DK. Resistance to polymyxins: Mechanisms, frequency and treatment options. *Drug Resistance Update*. 2010;13 132-138
27. Kohanski MA, Dwyer DJ and Collins JJ. How antibiotics kill bacteria: from targets to networks. *Nat. Rev. Microbiol*. 2010;8 423-435

28. Hong W, Zeng J and Xie J. Antibiotic drugs targeting bacterial RNAs. *Acta Pharm. Sin B.* 2014;4 258-265
29. Kang HK and Park Y. Glycopeptide antibiotics: Structure and mechanism of action. *Journal Bacteriol. Virology.* 2015;45 67-78.
30. Appelbaum PC, Potential for the start of a second pre-antibiotic era? *Journal Antimicrobial Chemother.* 2012;67(9):2062–8
31. Fair RJ and Tor Y. Antibiotics and Bacterial Resistance in the 21st Century. *Perspectives in Medicinal Chemistry.* 2014;6 25–64 doi: 10.4137/PMC.S14459
32. Piddock LJ. Multidrug-resistance efflux pumps — not just for resistance. *Nature Rev. Microbiol.* 2008;4 629–636
33. van Veen HW. Structural biology: last of the multidrug transporters. *Nature.* 2010;467 926–927
34. Ramirez MS and Tolmasky ME. Aminoglycoside modifying enzymes. *Drug Resistance Update.* 2010;13 151–171
35. Wilson DN. Ribosome-targeting antibiotics and mechanisms of bacterial resistance. *Nature.* 2014;12 35-48
36. Giedraitiene A, Vitkauskiene A, Naginiene R and Pavilonis A. Antibiotic Resistance Mechanisms of Clinically Important Bacteria. *Medicina (Kaunas).* 2011;47(3);137-46
37. Davies J, and Davies D. Origins and Evolution of Antibiotic Resistance. *Microbiology and Molecular Biology Reviews.* 2010;74(3) 417–433
38. Efferth T and Koch E. Complex interactions between phytochemicals. The multi-target therapeutic concept of phytotherapy. *Current drug targets.* 2011;12 122-132
39. Hounsome N, Hounsome B, Tomos D and Edwards-Jones G. Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of food science.* 2008;73 48-65
40. Ávalos A, Perez-Urrutia E. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca.* 2009;3 119-145

41. Raut JS, Karuppaiyl SM. A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops and Products*. 2014;62 250-264
42. Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. Biological effects of essential oils – a review. *Food Chem. Toxicol.* 2008;46 446–475
43. Vigan, M. Essential oils: renewal of interest and toxicity. *Eur. Journal Dermatological* 2010;20, 685–692.
44. Hammer KA, Carson CF, Riley TV and Nielsen JB. A review of the toxicity of *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil. *Food Chemistry Toxicology*. 2008;44,616–625.
45. Cao L, Si JY, Liu Y, Sun H, Jin W, Li Z, Zhao XH, Pan RL. Essential oil composition, antimicrobial and antioxidant properties of *Mosla chinensis* Maxim. *Food Chemistry*. 2009;115, 801-805
46. Galvao LC, Furletti VF, Bersan SM, Da Cunha MG, Ruiz AL, Carvalho JE, Sartoratto A, Rehder VL, Figueira GM, Teixeira Duarte MC, Ikegaki M, DeAlencar SM, Rosalen PL. Antimicrobial activity of essential oils against *Streptococcus mutans* and their antiproliferative effects. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2012, Article ID 751435 doi:10.1155/2012/751435
47. Lang G and Buchbauer G. A review on recent research results (2008–2010) on essential oils as antimicrobials and antifungals: a review. *Flavour and Fragrance Journal*. 2012;27 13–39
48. Abdelhady M and Aly H. Antioxidant and antimicrobial activities of *Callistemon comboyensis* essential oil. *Free radicals and antioxidants*. 2012;2 37-41
49. Aguirre A, Borneo R and León AE. Antimicrobial, mechanical and barrier properties of triticale protein films incorporated with oregano essential oil. *Food Biosci.* 2013;1 2–9
50. Simoes M, Bennett RN and Rosa EA. Understanding antimicrobial activities of phytochemicals against multidrug resistance bacteria and biofilms. *Nature product reports*. 2009;26 746-757

51. Ncube NS, Afolayan AJ and Okoh AI. Assessment techniques of antimicrobial properties of natural compounds of plant origin: current methods and future trends. *African journal of biotechnology*. 2008;7 1797
52. Ramirez L and Marin D. Metodologias para evaluar in vitro la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal. *Scientia et Technica*. 2009;42 263-268
53. Tongnuanchan P and Benjakul S. Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*. 2014;79 7 1231-1249
54. Okoh OO, Sadimenko AP, Afolayan AJ. Comparative evaluation of the antibacterial activities of the essential oils of *Rosmarinus officinalis* L. obtained by hydrodistillation and solvent free microwave extraction methods. *Food Chemistry*. 2010;120 308-312
55. Vian MA, Fernandez X, Visinoni F, Chemat F. Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*. 2008;1190 14–17
56. Li XM, Tian SL, Pang ZC, Shi JY, Feng ZS, Zhang YM. Extraction of *Cuminumcyminum* essential oil by combination technology of organic solvent with low boiling point and steam distillation. *Food Chemistry*. 2009;115 1114–1119
57. Gironi F and Maschietti M. Continuous countercurrent deterpenation of lemon essential oil by means of supercritical carbon dioxide: experimental data and process modelling. *Chemical Engineering Science*. 2008;63 651–661
58. Costagli G and Betti M. Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of agricultural engineering*. 2015;46 115-122
59. Al-Aamri M, Al-Abousi M, Al-Jabri S, Alam T and Khan S. Chemical composition and in-vitro antioxidant and antimicrobial activity of the

- essential oil of *Citrus aurantifolia* L. leaves grown in Eastern Oman. *Journal of taibah university medical sciences*. 2018;13 108-112
60. Gaviria M, Quijano C, Pino J, Madriñan S. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Drimys granadensis* L.f. leaves from Colombia. *Chemistry and biodiversity*. 2011;8 532-539
61. Bueno-Sanchez J, Martinez-Morales J, Stashenko E. Actividad antimicobacteriana de terpenos. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*. 2009;41 231-235
62. Reina J, Reina N. Fagoterapia ¿una alternativa a la antibioticoterapia?. *Rev esp quimioter*. 2018;31 101-104
63. Gorski A, Miedzybrodzi R, Weber-Dabrowska B, Fortuna W, Letkiewicz S and Rogoz P. Phage therapy: combating infections with potential for evolving from merely a treatment for complications to targeting diseases. *Front microbiology*. 2016;7 1515
64. Kingwell K. Bacteriophage therapies re-enter clinical trials. *Nat rev drug discov*. 2015;14 515
65. Cooper RA, Bjarnsholt T and Alhede M. Biofilms in wounds: a review of present knowledge. *Jornal wound care*. 2014;23 570-580
66. Rather M, Dar B, Dar M, Wani B, Shah W, Bhat B, Ganai B, Bhat K, Anand R and Qurishi M. Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of the leaf essential oil of *Junglans regia* L. and its constituents. *Phytomedice*. 2012;19 1185-1190
67. Sharma P, Ravikumar G, Kalaiselvi M, Gomathi D and Uma C. In vitro antibacterial and free radical scavenging activity of green hull of *Junglans regia*. *Journal of pharmaceutical Analysis*, 2013;3 298-302
68. Settanni L, Palazzolo E, Guarrasi V, Aleo A, Mammina C, Moschetti G and Germana MA. Inhibition of foodborne pathogen bacteria by essential oils extracted from citrus fruits cultivated in Sicily. *Food control*. 2012;26 326-330

69. Carramiñana JJ, Rota C, Burillo J and Herrera A. Antibacterial efficiency of Spanish Santureja montana essential oil against Listeria monocytogenes among natural flora in minced pork. *Journal of food protection*. 2008;71 502-508
70. Zaouali Y, Bouzaine T and Boussaid M. Essential oils composition in two Rosmarinus officinalis L. varieties and incidence for antimicrobial and antioxidant activities. *Food and chemical Toxicology*. 2010;48 3144-3152
71. Cuellar A and Hussein R. Evaluation of the yield and the antimicrobial activity of the essential oils from: Eucalyptus globulus, Cymbopogon citratus and Rosmarinus officinalis in Mbarara district (Uganda). *Revista colombiana cienc. Anim.* 2009;1
72. Akin M, Aktumsek A and Nostro A. Antibacterial activity and composition of the essential oils of Eucalyptus camaldulensis Dehn. And Myrtus communis L. growing in Northern Cyprus. *African journal of biotechnology*. 2010;9 531-535
73. Naik M, Fomda B, Jaykumar E, Bhat J. Antibacterial activity of lemongrass (Cymbopogon citratus) oil against some selected pathogenic bacterias. *Asia pacific journal of tropical medicine*. 2010 535-538
74. Bassole IHN, Lamien-Meda A, Bayala B, Obame LC, Ilboudo AJ, Franz, Novak J, Nebie RC and Dicko MH. Chemical composition and antimicrobial activity of Cymbopogon citratus and Cymbopogon giganteus essential oils alone and in combination. *Phytomedicine*. 2011;18 1070-1074
75. Oliveira RA, Moreira IS and Oliveira FF. Linalol and methyl chavicol present basil (Ocimum sp) cultivated in Brazil. *Rev. Bras. Pl. Med.* 2013;15 309-311
76. Sahib NG, Anwar F, Gilani A, Hamid A, Saari N and Alkharfy K. Coriander (Coriander sativum L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals-a review. *Phytotherapy research*. 2012;27 1439-1456
77. Roldan L, Diaz G, Durringer J. Composition and antibacterial activity of essential oils obtained from plants of the Lamiaceae family against

- pathogenic and beneficial bacteria. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*. 2010; 23 451-461
78. Oyedemi SO, Okoh AI, Mabinya LV, Pirochenva G, Afolayan AJ. The proposed mechanism of bactericidal action of eugenol, α -terpineol and β -terpinene against *Listeria monocytogenes*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris* and *Escherichia coli*. *Afric. Journal Biotechnol.* 2009;8 1280–1286.
79. Wang W, Li N, Luo M, Zu Y and Effeth T. Antibacterial activity and anticancer activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to that of its main components. *Molecules*. 2012;17
80. Nordmann P. Carbapenemase-producing enterobacteriaceae: overview of a major public health challenge. *Medecine et maladies infectieuses*. 2014;44 51-56
81. Chanthaphon S, Chanthachum S and Honhpattarakere T. Antimicrobial activities of essential oils crude extracts from tropical Citrus spp. Against food-related microorganisms. *Songklanakarinn journal of science and technology*. 2008;1 125-131
82. Imelouane B, Amhamdi H, Wathélet JP, Ankit M and Bachiri A. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from eastern Morocco. *International journal of agricultura and biology*. 2009;11 205-208
83. Moussaoui F, Alaoui T. Evaluation of antibacterial activity and synergistic effect between antibiotic and the essential oils of some medicinal plants. *Asian pacific journal of tropical biomedicine*. 2016;6 32-37
84. Ruiz-Navajas Y, Viuda-Martos M, Sendra E, Perez-Alvarez JA, Fernandez-Lopez J. In vitro antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with *Thymus moroderi* or *Thymus piperella* essential oils. *Food control*. 2013;30 386-392
85. Betancourt L, Phandanavong V, Patiño R, Ariza-Nieto C, Afanador-Tellez G. Composition and bactericidal activity against beneficial and pathogenic

bacteria of oregano essential oils from four chemotypes of *Origanum* and *Lippia* Genus. *Revista de la facultad de medicina veterinaria y de zootecnia*. 2012;59

86. Cuca L, Bernal F, Coy C, Coy E. Essential oil composition and antibacterial activity of fruits of *Iryanthera ulei* W. from Colombia. *Journal of the Chilean Chemical Society*. 2009;54 363-365
87. Gil E, Cuca L, Delgado W. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of the leaves of *Ocotea caudata* (Nees) Mez (Lauraceae) from Colombia. *Blacpma*. 2016;15 258-263
88. Pino Benítez N, Melendez E, Stashenko E. Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de hojas de *Piper lanceaefolium*, planta usada tradicionalmente en Colombia. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*. 2009;8 301–304
89. Rodríguez Quintanilla R, Ruiz Nova C, Arias Moyano G, Castro Salazar H, Martínez J, Stashenko E. Estudio comparativo de la composición de los aceites esenciales de cuatro especies del género *Cymbopogon* (Poaceae) cultivadas en Colombia. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*. 2012;11 77-85
90. Bueno-Sanchez J, Martínez-Morales J, Stashenko E, Ribón W. Antitubercular activity of eleven aromatic and medicinal plants occurring in Colombia. *Biomédica*. 2009;29 51-60
91. Rubilar J, Cruz R, Silva H, Vicebte A, Khemelinskii and Vieira M. Physico-mechanical properties of chitosan films with carvacrol and grape seed extract. *Journal of food engineering*. 2013;115 466-474
92. Pino Benítez N, Stashenko E. Validación antibiótica de plantas medicinales del noroeste de Colombia contra *Staphylococcus aureus*. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*. 2009;8 145-150