



**Evaluación Comparativa de la Actividad Bactericida de Aceites Esenciales de Plantas  
de Medicinales de la familia Asteraceae contra *Escherichia coli***

**Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Programa Bacteriología y Laboratorio Clínico**

**Trabajo de Grado**

**Bogotá D.C,**

**18-10-2024**



**Laura Sofia Arias Monroy**

**Asesor Interna**

**Jovanna Acero Godoy**

**Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca**

**Facultad de Ciencias de la Salud**

**Programa Bacteriología y Laboratorio Clínico**

**Trabajo de grado para optar por el título de bacteriólogo y laboratorista clínico**

**Bogotá D.C**

**18-10-2024**

## **DEDICATORIA**

*A mi querida familia,*

*Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo a ustedes, quienes han sido un pilar fundamental en mi formación y crecimiento personal. Su apoyo incondicional en cada momento de mi formación profesional ha sido esencial para superar los desafíos y alcanzar esta meta. Gracias por acompañarme en los momentos más difíciles y por ser parte de las alegrías que hicieron este camino más llevadero.*

*Este logro no habría sido posible sin su confianza en mí, su paciencia y el aliento constante que me brindaron. Por estar presentes en cada paso del camino, celebrando conmigo cada triunfo y dándome fuerzas en los momentos de tristeza, les dedico este logro que también es suyo.*

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, agradezco a Dios, quien me dio la fuerza necesaria cada día para enfrentar los desafíos que surgieron a lo largo de este proceso. Gracias a Su guía, pude superar cada obstáculo con éxito, llevándome una enseñanza valiosa de cada experiencia.*

*A mi familia, mis padres, hermanos y abuelos, por ser el motor que me impulsó en cada momento. Su confianza, ánimo y apoyo incondicional fueron esenciales para que pudiera llegar hasta aquí. Cada palabra de aliento y gesto de amor me dio la motivación para no rendirme.*

*A mis amigos, quienes fueron parte fundamental en este camino. Gracias por brindarme momentos de alegría, apoyo y amistad incondicional. Sin ustedes, este recorrido no habría sido el mismo.*

*A la profesora Jovanna Acero Godoy, quien confió en mí desde el inicio y me acompañó a lo largo de este proceso investigativo. Su apoyo constante, especialmente en momentos difíciles, fue un faro que me permitió mantener el rumbo.*

*Por último, agradezco a la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca por brindarme los conocimientos y las bases para mi desarrollo profesional. A todos los docentes de la Facultad de Ciencias de la Salud, quienes, con su dedicación e interés por enseñar, formaron parte fundamental de mi crecimiento como profesional.*

## TABLA DE CONTENIDO

Índice de Figuras.....	9
Índice de tablas.....	10
Resumen.....	11
Introducción.....	13
Objetivos.....	14
1. Antecedentes .....	15
2. Marco Referencial.....	17
2.1 <i>Austroeupatorium inulaefolium</i> .....	17
2.1.1 Taxonomía, .....	17
2.1.2. Descripción botánica. ....	18
2.2 <i>Artemisia absinthium</i> .....	18
2.2.1 Taxonomía. ....	19
2.2.2. Descripción botánica. ....	19
2.3 <i>Calendula Officinalis</i> .....	20
2.3.1 Taxonomía .....	21
2.3.2 Descripción botánica. ....	22
2.4 Aceite Esencial .....	22
2.4.1 Componentes de los aceites esenciales.....	23
2.5 Métodos de extracción.....	24
2.5.1. Destilación con agua (Hidrodestilación).....	24
2.5.2 Destilación por arrastre de Vapor .....	25

2.5.3. Destilación con agua-Vapor .....	25
2.6 Cromatografía .....	26
2.6.1 Tipos de cromatografía .....	26
2.6.1.1 Cromatografía de adsorción en columna.....	26
2.6.1.2 Cromatografía sobre geles porosos.....	27
2.6.1.3 Cromatografía en capa fina.....	27
2.6.1.4 Cromatografía de gases .....	27
2.7. <i>Escherichia coli</i> .....	28
2.7.1 Características.....	28
2.7.2 Mecanismos de acción y transmisión.....	29
2.7.3 Sintomatología .....	30
2.7.4 Resistencia a medicamentos .....	30
2.8 Métodos de susceptibilidad .....	31
2.8.1 Concentración mínima inhibitoria.....	31
2.8.1.1 Microdilución en caldo .....	31
2.8.1.2 Macrodilución en caldo .....	32
2.8.2 Difusión en disco .....	32
3. DISEÑO METODOLÓGICO .....	33
3.1 Universo, población, muestra .....	33

3.1.1 Universo .....	33
3.1.2 Población .....	33
3.1.3 Muestra .....	33
3.2. Hipótesis, variables, indicadores .....	33
3.2.1 Hipótesis .....	33
3.2.2 Variables e indicadores .....	33
3.3. Técnicas y procedimientos .....	34
4. Resultados y Discusiones .....	35
4.1 Búsqueda y recopilación de información.....	35
4.2 Compuestos presentes en los aceites esenciales de las 3 plantas de la familia Asterácea .....	36
5. Conclusiones .....	41
6. Referencias Bibliográficas .....	42
7. Anexos	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta <i>Austroeupatorium inulaefolium</i> .....	18
Figura 2. Planta <i>A. absinthium</i> .....	20
Figura 3. Planta <i>Caléndula officinalis L</i> .....	21
Figura 4. Mecanismo de patogenicidad <i>E.coli Diarreogénicas</i> .....	30
Figura 5. Año de publicación .....	35
Figura 6. Idiomas .....	36
Figura 7. País de los artículos investigados .....	36
Figura 8 . Identificación de compuestos .....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de <i>Austroeupatorium inulifolium</i> .....	17
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>A. absinthium</i> .....	19
Tabla 3. Clasificación taxonómica de <i>Caléndula officinalis</i> .....	21
Tabla 4. Comparación de los aceites esenciales de las plantas de la familia <i>Asteraceae</i> .....	37
Tabla 5. Halo de inhibición en <i>Escherchia coli</i> .....	39

## RESUMEN

Los aceites esenciales se han destacado como una alternativa medicinal prometedora frente a la creciente resistencia a los antibióticos, gracias a sus propiedades antimicrobianas y su origen natural. En esta monografía se realizó una revisión bibliográfica de estudios centrados en identificar los compuestos activos de los aceites esenciales de *Artemisia absinthium*, *Austroeuatorium inulifolium* y *Calendula officinalis L* especies de la familia Asteraceae con actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli*.

El análisis tuvo como resultado que estas especies comparten compuestos como sabineno,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, limoneno, 1,8-cineol, germacreno D y  $\beta$ -cariofileno, todos conocidos por su capacidad para alterar la permeabilidad de la membrana bacteriana y desestabilizar su estructura celular. Además, se observó que las combinaciones de estos metabolitos presentes en estos aceites tienen un efecto sinérgico, lo que potencia la capacidad inhibitoria de los aceites esenciales y refuerza su acción antimicrobiana. Estos hallazgos respaldan el uso de aceites esenciales como una opción eficaz en la lucha contra infecciones bacterianas, particularmente frente a patógenos como *E. coli*.

**Palabras clave:** Aceite Esencial, Asteraceae, antimicrobiano, *Escherichia coli*., terpenos.

## **Abstract**

Essential oils have been highlighted as a promising medicinal alternative to increasing antibiotic resistance due to their antimicrobial properties and natural origin. In this monograph, a literature review of studies focused on identifying the active compounds in the essential oils of *Artemisia absinthium*, *Austroeupatorium inulifolium* and *Calendula officinalis* L species of the Asteraceae family with antimicrobial activity against *Escherichia coli*.

The analysis showed that these species share compounds such as sabinene,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, limonene, 1,8-cineole, germacrene D and  $\beta$ -caryophyllene, all known for their ability to alter the permeability of the bacterial membrane and destabilise its cell structure. Furthermore, combinations of these metabolites present in these oils were found to have a synergistic effect, enhancing the inhibitory capacity of the essential oils and reinforcing their antimicrobial action. These findings support the use of essential oils as an effective option in the fight against bacterial infections, particularly against pathogens such as *E. coli*.

**Keywords:** Essential oil, Asteraceae, antimicrobial, *Escherichia coli*, terpenes.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se ha comenzado a reconocer nuevamente el valor de la riqueza de los conocimientos ancestrales en el campo de las plantas medicinales. Estos saberes tradicionales, acumulados a lo largo de siglos y transmitidos de generación en generación, representan una herencia invaluable que ofrece una perspectiva profunda sobre el uso terapéutico de las plantas. El reconocimiento de estos conocimientos no solo enriquece la medicina contemporánea, sino que también abre nuevas vías para la investigación y el desarrollo de tratamientos innovadores, en donde gracias a la tecnología actual pueden llegar a profundizar aún más en sus potenciales usos.

Hoy en día las Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAS) se han considerado uno de los problemas más importantes en salud pública debido al incremento en las tasas de infección, esto gracias a la aparición de nuevas formas de transmisión y el aumento de la resistencia de estos microorganismos a los antibióticos previstos para ellos. De acuerdo con la OMS, *Escherichia coli* enterohemorrágica figura entre los patógenos de transmisión alimentaria más comunes que afectan a millones de personas cada año, a veces con consecuencias graves o mortales. Los síntomas son fiebre, dolores de cabeza, náuseas, vómitos, dolores abdominales y diarrea. Los alimentos asociados con los brotes son, por ejemplo, el consumo de leche no pasteurizada, carne poco cocinada y fruta y hortalizas frescas. [1]

Por otro lado, en el mes de mayo de 2016 el Instituto Nacional de Salud (INS) en Colombia, lanzó una alerta por la aparición del gen de resistencia a colistina, Mobile Colistine Resistance (MCR-1), en aislamiento de *E. coli* de origen humano. La colistina es un antimicrobiano de elección para infecciones Gram negativas multirresistentes. [2], por tal motivo es importante que se realice un control y seguimiento para estas cepas productoras de MCR-1, ya que es considerado de un alto riesgo epidemiológico, debido a que si se incrementa el índice de

resistencia en estos microorganismos puede llegar a ser un riesgo muy alto en términos de salud pública.

De acuerdo con lo anterior, surge la necesidad de buscar nuevas alternativas medicinales en donde se encuentra una gran oportunidad con el uso de plantas medicinales que han demostrado tener un efecto positivo frente a la capacidad de inhibición a partir de sus metabolitos secundarios, como por ejemplo, los aceites esenciales, en los cuales ha evidenciado en varios estudios tener un efecto antimicrobiano en microorganismos de importancia clínica representando una alternativa natural para el tratamiento de estos patógenos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Evaluar la actividad bactericida de los aceites esenciales de plantas medicinales de la familia Asteraceae contra *Escherichia coli*, a través de una revisión bibliográfica, para identificar compuestos específicos con potencial antimicrobiano.

### **Objetivos específicos:**

- Determinar mediante revisión bibliográfica la actividad antimicrobiana contra *Escherichia coli* de los aceites esenciales de la familia Asteraceae y sus características morfológicas.
- Analizar los mecanismos de acción de los aceites esenciales frente a su actividad antimicrobiana.
- Identificar y comparar los compuestos comunes en los aceites esenciales de las tres especies de la familia Asteraceae estudiadas, determinando su potencial para inhibir o eliminar *Escherichia coli*.

## 1. ANTECEDENTES

Diversos estudios han determinado la eficacia de ciertos aceites esenciales que poseen características antimicrobianas. Dentro de esta amplia variedad de especies se destaca la familia Asteraceae la cual posee géneros que se caracterizan por sus propiedades medicinales y en donde evidenció una amplia variedad de usos, dentro de ellos se encuentra el efecto bactericida de los aceites esenciales en especies como lo es *Escherichia coli*.

En relación con estudios previos, se encontró un estudio realizado por Flor Chunga et.al en el año 2023 el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto antibacteriano del aceite esencial de *Mentha spicata L.* sobre *Escherichia coli* demostrando que en las concentraciones del 80 % y 100 % se logró un mayor efecto antibacteriano, el promedio del efecto antibacteriano al 100 % tuvo un halo de inhibición de  $19,050 \pm 0,6852$  mm, al 80 % fue de  $17,780 \pm 0,4131$  mm concluyendo así la efectividad de este aceite. [3]

María Eugenia Lucena y colaboradores en el año 2019 realizaron un estudio a un ejemplar de *Austroeupatorium inulifolium* (Kunth) R.M.King & H.Rob. (Asteraceae) la cual es una especie perteneciente a la familia Asteraceae que crece en Sudamérica, desde Panamá hasta Argentina en donde tuvo como objetivo determinar la composición y actividad bactericida del aceite esencial en microorganismos como lo son *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, y *Pseudomonas aeruginosa*. Una vez realizado todo el proceso de extracción de aceites de *A. Inulaefolium* mediante el método de destilación por arrastre con vapor de agua durante tres horas utilizando una trampa de Clevenger se obtuvieron los siguientes resultados: El rendimiento del aceite obtenido por hidrodestilación fue de 0,6 %. Se identificaron 35 compuestos. Los componentes mayoritarios fueron:  $\alpha$ -pineno (6,94 %),  $\beta$ -pineno (9,25 %),  $\beta$ -cariofileno (13,65 %) y germacreno D (21,12 %). El aceite esencial de *A. inulifolium* presenta baja actividad contra las bacterias Gram-positivas: *Staphylococcus aureus*

(CIM 5 000  $\mu\text{g/mL}$ ) y *Enterococcus faecalis* (10 000  $\mu\text{g/mL}$ ), mientras que presenta buena actividad contra las bacterias Gram-negativas con una CIM de (78  $\mu\text{g/mL}$ ) para *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomona aeruginosa*. [4]

Por otro lado, Victor Rodriguez en el año 2019 realizó un estudio acerca del efecto antimicrobiano del aceite esencial de *Caléndula officinalis L.*, sobre *Salmonella enterica* y *Escherichia coli*. En este estudio se evaluó la actividad antimicrobiana in vitro de este aceite esencial obtenido a partir del método de arrastre por vapor, mientras que el extracto se obtuvo mediante maceración en hexano, cloruro de metileno y metanol. Luego de varias repeticiones se obtuvo un resultado considerablemente efectivo en donde se sometieron las cepas a concentraciones de 100, 90 hasta el 60% de este aceite obteniendo halos de 30, 29 y 26mm en ambas cepas, demostrando así la capacidad antimicrobiana que poseen estos aceites en diversas concentraciones frente a estos patógenos. [5]

Dentro de las investigaciones más recientes frente a los aceites esenciales de la familia Asteraceae, Rodríguez Lema y Pedro Andrés en el año 2023 realizaron el análisis antimicrobiano de los aceites de *Artemisia absinthium* y *Borago officinalis* frente a *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* en donde se obtuvo la concentración de 5000 ppm del aceite esencial de *Artemisia absinthium* presentó mayor actividad antimicrobiana frente a la cepa de *Escherichia coli*, pues la misma presenta un halo de inhibición de 14 mm, dicha actividad continúa hasta la concentración de 625 ppm, pues por debajo de esta concentración se observó un halo de inhibición de 6 mm, correspondiente al control negativo.[6]

La familia Asteraceae al ser una de las más grandes en cuanto a distribución geográfica, encontramos variedad en cuanto a sus ejemplares y potenciales usos, prueba de esto es un estudio realizado en Marruecos en el año 2023 por Hassan Laouane Abdenn y colaboradores, en donde realizan la evaluación del efecto alelopático, potencial antimicrobiano y composición

química del aceite *Senecio anteuphorbium* L. dentro de los microorganismos evaluados encontramos que *Escherichia coli* se obtuvo valores de concentración mínima inhibitoria de 6,9 µL/mL, siendo una de los microorganismos que tuvo mayor inhibición en de los enfrentados a este aceite esencial. [7]

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1 *Austroeupatorium inulaefolium*

Es conocida como “Doctorcito” o “Salvia amarga” y se ha encontrado que esta planta es utilizada en algunos municipios del departamento de Caldas (Colombia) para tratar enfermedades de la garganta. [4,10]. Se encuentra distribuida en países como Argentina, Uruguay, Brasil, Paraguay, Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Guyana, Venezuela y Panamá y se desarrolla en sabanas y borde de bosques entre los 100 a 2100 metros de altura [8]

De acuerdo con los conocimientos de los médicos locales y el trabajo en campo sobre las épocas de floración y formas de germinación, se documentó que los periodos de máxima floración son los meses de octubre, noviembre y diciembre, asociados a ciclos biológicos anuales de lluvias [9]

#### 2.1.1 Taxonomía.

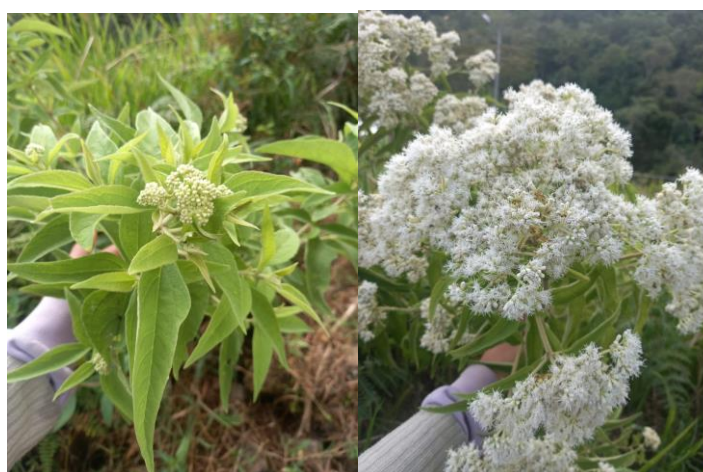
Tabla 1. Clasificación taxonómica de *Austroeupatorium inulifolium* [11]

Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae

Subfamilia	Asteroideae
Género	Austroeupatorium
Especie	<i>Austroeupatorium inulifolium</i>

### 2.1.2. Descripción botánica.

Dentro de esta gran variedad de ejemplares se encuentra *Austroeupatorium inulaefolium* que hace parte de la familia Asteraceae. Se describe como un "arbusto trepador perenne" y extendido de 2 a 3 m de altura, tallos teretes, cubiertos de densos pelos cortos. Hojas opuestas, en forma de lanza, de 7 a 14 cm de largo, de 2-6 cm de ancho, pubescentes, de color verde pálido en el envés, estrechándose abruptamente hasta formar un pecíolo en forma de cuña de 0,5 a 3 cm de largo, cabezas florales de 2 a 3 mm de diámetro, 5 a 6 mm de largo, dispuestas en grandes corimbos terminales. [12]



**Figura 1.** *Planta Austroeupatorium inulaefolium*

*Fuente:* Imagen elaborada por el autor.

## 2.2 *Artemisia absinthium*

*Artemisia absinthium*, conocida también como ajeno, artemisia amarga, hierba santa, ajeno mayor, entre otros nombres, es una planta herbácea que tolera bien el frío, incluso en los inviernos. Sus ramas no superan el metro de altura, con tallos rectos y ramificados. Lo más distintivo es su tono blanquecino, causado por el vello que cubre toda la planta. Se encuentra en zonas montañosas, áreas húmedas y a menudo en antiguas plantaciones. [13]

### 2.2.1 Taxonomía.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *A. absinthium* [14]

Reino	Plantae
Clase	Magnoliophyta
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Género	Artemisia
Especie	<i>A. absinthium</i>

### 2.2.2. Descripción botánica.

Dentro de las características físicas de este ejemplar, es una planta herbácea vivaz, algo lignificada en la base; de olor característico y color blanquecino por la densa pilosidad que cubre sus tallos y hojas. Hojas alternas, de un tamaño más grande en la base, pecioladas y divididas hasta tres veces; las caulinares sésiles, 1-2 veces divididas en segmentos linear-

lanceolados, de 5-20 x 1-5 mm, las superiores presentan hojas enteras. Inflorescencias en capítulos pequeños, discoideos, de 3-5 mm de diámetro, péndulos, agrupados en panículas terminales y laterales. Flores solamente tubulosas o flósculos, amarillas, con varias filas de brácteas tomentosas que acaban casi al mismo nivel. Fruto en aquenio liso, de pequeño tamaño, sin vilano.[14]



Figura 2. Planta *A. absinthium*[14]

### **2.3 Calendula Officinalis**

La *Calendula officinalis* es una planta anual que se cultiva en todo el mundo y sus flores son utilizadas tanto desde el punto de vista ornamental como para la preparación de productos terminados en las industrias farmacéutica y cosmética [15]. Se ha registrado su uso en forma de infusiones, tinturas, pomadas para el tratamiento de inflamaciones de la piel y mucosas, heridas o procesos de cicatrización, eritemas, dermatitis, etc. [16] Gracias a todas estas propiedades

tiene una amplia gama de usos a nivel industrial, además gracias a su crecimiento tanto en climas templados como fríos, tiene la capacidad de adaptarse en una gran variedad de entornos.

### 2.3.1 Taxonomía

**Tabla 3. Clasificación taxonómica de *Caléndula officinalis* [17]**

Reino	Plantae
Clase	Magnoliophyta
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Género	Caléndula
Especie	<i>Caléndula officinalis</i> L



**Figura 3. Planta *Caléndula officinalis* L [18]**

### **2.3.2 Descripción botánica.**

Es una planta herbácea, anual color verde claro de 30 a 60 cm de altura. En los primeros estadíos la planta está conformada por una roseta basal de hojas, posteriormente desarrolla tallos angulosos y pubescentes a menudo ramificados desde la base. Las hojas oblongo lanceoladas o espatuladas, alternas de hasta 13cm de largo. En los extremos de los tallos se encuentran los capítulos florales cuyo diámetro oscila entre 3 y 6 cm y están formados por flores liguladas marginales y tubulares en el centro. El involucre es gris- verdoso en forma de platillo de 1,5 a 3 cm de diámetro, el receptáculo desnudo, plano o ligeramente prominente, su fruto es en aquenio. [15]

### **2.4 Aceites Esenciales**

Los aceites esenciales son mezclas complejas de compuestos orgánicos volátiles que presentan un aroma característico y se originan del metabolismo secundario de las plantas. Estas sustancias aromáticas están compuestas principalmente por terpenos, hidrocarburos, así como por una variedad de compuestos oxigenados como aldehídos, cetonas, ésteres, alcoholes, fenoles y óxidos, que contribuyen a su aroma distintivo. Los aceites esenciales se obtienen a partir de diversas partes de la planta (hojas, flores, cortezas, raíces, etc.) mediante métodos de extracción específicos, siendo la destilación por arrastre de vapor la técnica más utilizada.

Estas sustancias son solubles en aceites y alcoholes, pero insolubles en agua, aunque pueden transmitir su fragancia en soluciones acuosas. El término "aceite esencial" también se extiende a compuestos sintéticos o semisintéticos obtenidos a partir del alquitrán de hulla o de modificaciones de aceites esenciales naturales. Cada aceite esencial puede contener hasta más de 100 componentes diferentes, con una composición química que varía según la especie de planta, la parte de la planta utilizada y las condiciones de extracción, lo que da lugar a una amplia gama de propiedades olfativas y funcionales. [19]

### 2.4.1 Compuestos presentes en los aceites esenciales:

Debido a que los aceites esenciales tienen una composición bastante compleja gracias a su diversidad de sustancias, pueden clasificarse de acuerdo a sus compuestos oxigenados y estructura molecular de carbonos, dando paso a 2 grupos, los cuales son los terpenoides y los no terpenoides que aportan diversas características a estos aceites.

- **No terpenoides:** Son un grupo de compuestos, que a diferencia de los terpenos, no se derivan de las unidades de isopreno, por lo que incluye estructuras alifáticas, aromáticas, nitrogenadas y sulfuradas, en donde gracias a estas características también es posible encontrarlos en fuentes vegetales, contribuyendo así a propiedades como lo son el aroma o sabor pero que no poseen tanta relevancia a diferencia de los terpenos.[20]
- **Terpenoides:** Son moléculas aromáticas naturales sintetizadas principalmente por las plantas. Estas sustancias se forman a partir de unidades estructurales básicas llamadas isoprenos, cada una compuesta por cinco átomos de carbono ( $C_5$ ). La síntesis de terpenoides involucra la acción de enzimas especializadas conocidas como terpeno sintasas, que ensamblan múltiples unidades de isopreno para generar diferentes estructuras. Dentro de estas estructuras se resaltan los siguientes:
  - Monoterpenos: Están formados por 10 átomos de carbono, derivados de la unión de dos unidades de isopreno, y presentan al menos un enlace doble en su estructura. Pueden tener una conformación lineal o cíclica, lo que les confiere diversidad en sus propiedades químicas que les permite interactuar con las membranas celulares.[21]

- Sesquiterpenos: Están formados por 15 átomos de carbono, derivados de la unión de tres unidades de isopreno. Debido a su mayor peso molecular, son menos volátiles que los monoterpenos y, por tanto, menos comunes en los aceites esenciales. Pueden presentar una estructura lineal, monocíclica o bicíclica, lo que les confiere diversidad estructural. A diferencia de los monoterpenos, su tamaño mayor dificulta su paso a través de las membranas celulares, pero su estructura compleja les permite adherirse a espacios específicos en proteínas tridimensionales, modulando su actividad. Además, se ha observado que algunos sesquiterpenos activan receptores en la superficie celular, lo que los hace relevantes en procesos fisiológicos y en la señalización celular. [21]

## **2.5 Métodos de extracción:**

### **2.5.1 Destilación con agua (Hidrodestilación).**

La hidrodestilación es un proceso de extracción de aceites esenciales en el que el material vegetal se sumerge directamente en agua dentro del recipiente de destilación [22]. El principio de este método consiste en llevar la mezcla de agua y materia vegetal a ebullición, permitiendo que los vapores generados se condensen y se recolecten. Dado que los aceites esenciales son inmiscibles en agua, ambos componentes se separan mediante decantación. Este método es especialmente utilizado en áreas rurales donde no se dispone de instalaciones auxiliares para la generación de vapor. Durante la realización de este procedimiento es muy importante tener en cuenta la cantidad de agua a utilizar durante la destilación, al igual que el tipo de calentamiento que se emplee, ya que la falta de agua puede provocar un sobrecalentamiento, quemando el material vegetal y así mismo un mal olor del aceite obtenido, por esta razón en algunos casos se usa un tubo de cohobación lateral, que permite el retorno del agua condensada hacia el recipiente de destilación para evitar interrupciones durante el proceso. Sin embargo,

los aceites esenciales obtenidos mediante este método suelen tener notas más intensas y un color más oscuro en comparación con los obtenidos por otros procesos, lo que en ocasiones afecta su calidad final. [23]

### **2.5.2 Destilación por arrastre de vapor:**

Es un método ampliamente utilizado para extraer aceites esenciales, donde el vapor se genera externamente y se inyecta por la parte inferior del recipiente que contiene la materia vegetal. Este proceso se basa en la capacidad del vapor para arrastrar los compuestos volátiles y aromáticos de las plantas. Dado que el agua y la materia prima no entran en contacto directo, se evitan posibles alteraciones químicas en los aceites esenciales, mejorando así la calidad del aceite.

El proceso involucra la vaporización de los componentes volátiles a temperaturas inferiores a su punto de ebullición individual, gracias a la presión adicional generada por el vapor. Los vapores, compuestos por agua y aceite esencial, se conducen a un condensador donde regresan a su fase líquida. Posteriormente, ambos se separan en un decantador aprovechando la miscibilidad y diferencias de densidad entre el agua y el aceite.

En los equipos más modernos, el vapor se genera dentro de una camisa térmica alrededor del extractor, lo que permite un uso más eficiente de la energía al precalentar la materia vegetal antes de la destilación, disminuyendo el consumo de vapor necesario. Siendo así una técnica reproducible tanto a nivel de laboratorio como a nivel industrial. [23]

### **2.5.3 Destilación con agua - vapor**

En este proceso, el vapor se genera en el mismo recipiente que contiene la materia prima y el agua, aunque ambas no entran en contacto directo. El material vegetal se coloca en rejillas o placas perforadas situadas por encima del nivel del agua, evitando que toque el líquido en ebullición. Esta disposición permite que el vapor, al pasar a través de la materia prima, arrastre los compuestos volátiles.

Una característica importante de este método es que el vapor puede generarse dentro del cuerpo del extractor o mediante una fuente externa. La separación física entre el agua y el material vegetal mejora la calidad del aceite obtenido, aunque reduce la capacidad total de materia prima que puede procesarse por ciclo. Los vapores generados se enfrían y se condensan, dando lugar a un destilado con dos fases: una acuosa y otra orgánica que contiene el aceite esencial. La separación de ambas se realiza por decantación, aprovechando la diferencia de densidad entre el agua y el aceite.

Para mantener el proceso de destilación sin interrupciones, es posible utilizar un sistema de cohobación, donde el agua condensada se devuelve al extractor para ser calentada nuevamente. [23]

## **2.6 Cromatografía**

Para la identificación de los compuestos obtenidos durante la extracción de aceite esencial, el método que tiene mayor efectividad es la cromatografía. Es una técnica analítica, que se destaca por ser rápida y sencilla, lo que permite que sea una de las técnicas más utilizadas. Este es un método físico de separación, en el que los componentes de una mezcla se distribuyen entre dos fases: una fase estacionaria (inmóvil) y una fase móvil. La separación ocurre debido a repetidos procesos de sorción y adsorción, mientras los componentes son arrastrados por la fase móvil a lo largo de la fase estacionaria. La diferencia en los tiempos o posiciones de elución de los componentes, basada en sus distintas afinidades por cada fase, permite su separación. [24]

## **2.6.1 Tipos de cromatografía:**

### **2.6.1.1 Cromatografía de adsorción en columna:**

Es un método en el que la fase estacionaria, compuesta por un sólido empaquetado en una columna (generalmente de vidrio), retiene los componentes de una mezcla introducidos en forma soluble por la parte superior. Estos componentes son arrastrados por una fase móvil líquida y se separan según la afinidad selectiva de cada uno con la fase estacionaria, lo que determina su velocidad de desplazamiento. La efectividad de la separación depende de que sus velocidades sean lo suficientemente distintas y de la longitud adecuada de la columna. [25]

### **2.6.1.2 Cromatografía sobre geles porosos:**

Es una técnica de cromatografía que separa moléculas en función de su tamaño y forma mediante una matriz de gel poroso contenida en una columna. Las moléculas más grandes no pueden penetrar en los poros del gel, por lo que fluyen rápidamente entre las esferas de la matriz y se eluyen primero. En cambio, las moléculas más pequeñas ingresan en los poros, quedando más tiempo en la matriz, lo que retrasa su salida. Además del tamaño, la forma de las moléculas influye en su separación, ya que las estructuras más compactas pueden atravesar los poros más fácilmente que las alargadas. Esta técnica es utilizada tanto para purificar proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos como para determinar pesos moleculares desconocidos. [25,26]

### **2.6.1.3 Cromatografía en capa fina.**

Es una técnica cromatográfica en la que la fase estacionaria, formada por una capa delgada de material adsorbente (como silicagel o alúmina), se deposita sobre un soporte rígido, generalmente de vidrio, aluminio o plástico. El analito se aplica cerca de la base de la placa, y la fase móvil líquida asciende por capilaridad, separando los componentes según su polaridad. Los compuestos menos polares avanzan más rápidamente, ya que tienen menor interacción con

la fase estacionaria polar. Esta técnica destaca por su rapidez, nitidez y sensibilidad, permitiendo conservar los cromatogramas mediante recubrimiento plástico para su almacenamiento.[27]

#### **2.6.1.4 Cromatografía de gases.**

La cromatografía de gases es una técnica de separación en la que la fase móvil es un gas inerte y la fase estacionaria puede ser un sólido (GC-S) o un líquido no volátil impregnado en un soporte sólido (GC-L). Esta técnica se realiza en un sistema cerrado, donde la muestra, compuesta por gases o sustancias volátiles, es inyectada en la corriente del gas portador que la transporta a través de una columna.

En la cromatografía gas-sólido (GC-S), la separación se basa en la adsorción de los componentes sobre la superficie de un sólido finamente dividido. En la cromatografía gas-líquido (GC-L), más utilizada, los solutos se distribuyen entre el gas y un líquido no volátil, y su separación depende de sus diferentes coeficientes de reparto entre ambas fases. Los compuestos se eluyen de la columna en diferentes tiempos y son detectados para su identificación y cuantificación. Esta técnica es especialmente útil para analizar gases, líquidos y sólidos que pueden volatilizarse a temperaturas inferiores a 400°C.[28]

### **2.7 *Escherichia coli***

#### **2.7.1 Características**

*Escherichia coli* es un bacilo gram negativa, anaerobio facultativo perteneciente a la familia Enterobacteriaceae, tribu *Escherichia*. Esta se encuentra presente en el intestino del ser humano y se considera parte de la microbiota normal, sin embargo, hay algunas cepas que pueden llegar a tener un efecto patógeno y causar daño en el organismo provocando diversos cuadros clínicos. Con base en su mecanismo de patogenicidad y cuadro clínico, las cepas de *E. coli* causantes de diarrea se clasifican en seis grupos: enterotoxigénica (ETEC), enterohemorrágica también

conocidas como productoras de toxina Vero o toxina semejante a Shiga (EHEC o VTEC o STEC), enteroinvasiva (EIEC), enteropatógena (EPEC), enteroagregativa (EAEC) y adherencia difusa (DAEC). [29]

Dentro de la determinación de cada una de estas cepas, Kauffman desarrolló un esquema de serotipificación que continuamente varía y que actualmente tiene 176 antígenos somáticos (O), 112 flagelares (H) y 60 capsulares (K). El antígeno “O” es el responsable del serogrupo; la determinación del antígeno somático y flagelar (O:H) indica el serotipo, el cual en ocasiones se asocia con un cuadro clínico en particular. [29]

### **2.7.2 Mecanismo de acción y transmisión**

Este microorganismo es uno de los principales patógenos involucrados en las enfermedades transmitidas por alimentos en donde tiene como principal reservorio al ganado bovino, aunque también infecta a otros rumiantes, animales domésticos y aves. Su transmisión al ser humano ocurre principalmente por el consumo de alimentos contaminados, como carne picada o leche cruda, y por contaminación cruzada durante la preparación. También se asocia al consumo de frutas y vegetales expuestos a heces animales y al contacto con agua contaminada en pozos o estanques. La transmisión persona a persona por vía oral-fecal es relevante, especialmente a través de portadores asintomáticos, y el contacto directo con animales en granjas es un factor de riesgo adicional. [30]

*Escherichia coli* posee varios grupos que generan patogenicidad y por lo tanto diferentes mecanismos de acción e interacción de las células diana. [31]

## E. COLI DIARREOGÉNICAS

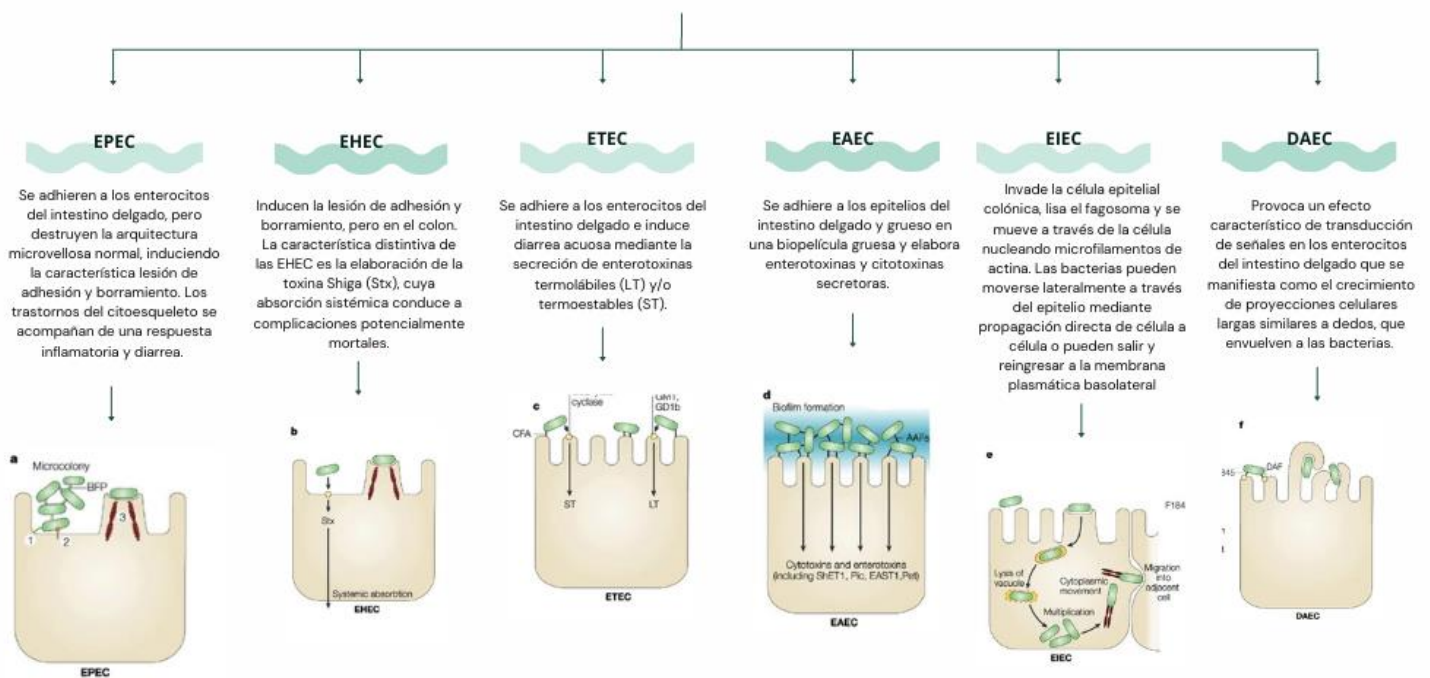


Figura 4. Mecanismo de patogenicidad *E.coli* Diarreogénicas

Fuente: Autoría propia

### 2.7.3 Sintomatología

Dentro de la sintomatología de *E. coli* productora de toxina Shiga se caracteriza por presentar dolores abdominales, diarrea, fiebre y vómitos, que se manifiestan después de 3-4 días en el periodo de incubación. En casos poco frecuentes, generalmente en personas inmunosuprimidas o en extremos de las edades, la infección por este microorganismo llegar a desencadenar un síndrome hemolítico urémico, en donde se observa una insuficiencia renal aguda, anemia hemolítica y trombocitopenia llegando a ser mortal en ciertos caso. [30]

### 2.7.4 Resistencia a medicamentos

Se ha observado un aumento de cepas de *E. coli* multi-resistentes a antimicrobianos como penicilinas, aminoglucósidos, tetraciclinas, sulfonamidas y fluoroquinolonas, debido a mutaciones cromosómicas espontáneas o transferencia horizontal de genes mediante plásmidos, transposones, integrones o bacteriófagos. El uso de antibióticos en el ganado bovino

puede favorecer esta resistencia, incrementando el riesgo en humanos. A nivel epidemiológico, los perfiles de resistencia ayudan a optimizar el manejo de antibióticos, aunque no se recomienda el uso de antimicrobianos en infecciones por *E. coli* O157, especialmente en casos de diarrea sanguinolenta, ya que aumentan el riesgo de síndrome urémico hemolítico (SHU). Esto se atribuye a la lisis bacteriana y la liberación de la toxina Shiga o a la inducción de bacteriófagos productores de toxina. Además, el uso de antidiarreicos y agentes antimotilidad puede retrasar la eliminación del microorganismo y aumentar la absorción de toxinas, incrementando así el riesgo de SHU.[30]

## **2.8 Métodos de susceptibilidad**

### **2.8.1 Concentración mínima inhibitoria(CMI)**

Es la menor concentración de un antimicrobiano necesaria para inhibir completamente el crecimiento visible de un microorganismo después de un tiempo específico de incubación. La CMI se utiliza para evaluar la efectividad de los antibióticos y determinar la dosis adecuada para el tratamiento de infecciones. Este parámetro permite clasificar las bacterias como sensibles, intermedias o resistentes a un antibiótico, y es fundamental en el desarrollo de antibiogramas y en la selección de terapias antimicrobianas adecuadas. Dentro de esta técnica se manejan dos términos:[32]

#### **2.8.1.1 Microdilución en caldo**

La microdilución en caldo es una técnica utilizada para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de antimicrobianos frente a microorganismos. Se realiza en placas de poliestireno con celdillas, cada una conteniendo una pequeña cantidad de caldo (0.1 mL) con diferentes diluciones del antimicrobiano. Algunas celdillas funcionan como controles: positivo (caldo más microorganismo) y negativo (solo caldo). El caldo Mueller-Hinton es el

medio preferido, con un pH ajustado entre 7.2 y 7.4 y niveles controlados de cationes ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ).[32]

### **2.8.1.2 Macrodilución en caldo**

Es un método para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de un antimicrobiano mediante la preparación de diluciones seriadas del antibiótico en tubos con un volumen mínimo de 1 mL por dilución. Tras estandarizar el inóculo bacteriano, se añade 1 mL del mismo a cada tubo, los cuales se agitan y se incuban a 35°C durante 16 a 20 horas. La CMI se determina como la menor concentración del antimicrobiano que inhibe completamente el crecimiento bacteriano, en donde a diferencia de la micro dilución proporciona resultados comparables, pero con mayores volúmenes. [32]

### **2.8.2. Difusión en disco.**

El método de difusión en disco, conocido también como antibiograma disco-placa, es una técnica recomendada para determinar la sensibilidad de bacterias a diferentes antimicrobianos. Consiste en colocar discos de papel impregnados con antibióticos sobre la superficie de una placa de agar previamente inoculada con el microorganismo en estudio.

Al entrar en contacto con el agar húmedo, el antibiótico se difunde radialmente formando un gradiente de concentración. Tras 18-24 horas de incubación, se observan zonas de inhibición alrededor de los discos, cuyo diámetro se mide para evaluar la sensibilidad del microorganismo. Aunque este método no proporciona directamente la concentración mínima inhibitoria (CMI), permite inferir mediante la comparación con datos obtenidos de cepas con CMI conocida. Según el tamaño de los halos de inhibición, los resultados se interpretan como sensible (S), intermedia (I) o resistente (R), de acuerdo con los estándares establecidos. [32]

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Universo, población, muestra**

##### **3.1.1 Universo**

El universo de este estudio acoge los Aceites esenciales de 3 especies de la familia Asteraceae con capacidad antimicrobiana reportada en cepas ATCC de *Escherichia coli*.

##### **3.1.2 Población.**

La población de estudio son los documentos sobre el aceite esencial extraído de las 3 especies de la familia Asteraceae: *Austroeupatorium inulifolium*, *Artemisia absinthium*, *Calendula officinalis*.

##### **3.1.3 Muestra.**

Cantidad documentos seleccionados sobre estudios con actividad antimicrobiana del aceite esencial especies de la familia Asteraceae: *Austroeupatorium inulifolium*, *Artemisia absinthium* y *Calendula officinalis*.

#### **3.2. Hipótesis, variables, indicadores.**

##### **3.2.1 Hipótesis**

Los aceites esenciales de plantas pertenecientes a la familia Asteraceae comparten compuestos bioactivos con estructuras químicas similares, tales como los terpenos y fenoles, que podrían ser responsables de un efecto bactericida significativo frente a *Escherichia coli*. La presencia recurrente de estos compuestos en diversas especies sugiere que estos aceites esenciales poseen una actividad antimicrobiana similar, lo que facilita su aplicación potencial como tratamiento alternativo o complementario para infecciones causadas por este microorganismo.

##### **3.2.2 Variables e indicadores**

- Se realizó la revisión de artículos científicos en bases de datos como PubMed, Google académico, Scielo, Scopus, y elsevier relacionados con estudios fitoquímicos de aceites esenciales de la familia Asteraceae y sus efectos antimicrobianos.

- Priorización de estudios publicados en los últimos 10 años, revisiones científicas, investigaciones in vitro y reportes específicos sobre *Escherichia coli* y las plantas de Asteraceae.
- Una vez realizada la búsqueda se hizo la selección de especies de la familia Asteraceae conocidas por su uso medicinal, como *Calendula officinalis*, *Artemisia absinthium*, entre otras.

### **3.3. Técnicas y procedimientos.**

Inicialmente se realizó un proceso de investigación para identificar las principales especies de la familia *Asteraceae* asociadas a efectos medicinales, en donde se identificaron determinados extractos de especies que tenían un efecto significativo en una gran variedad de microorganismos. A partir de eso se empezó a filtrar la búsqueda en diferentes bases de datos, teniendo como criterio de análisis el tipo de extracto a trabajar y un microorganismo en específico, que en este caso sería *Escherichia coli*, al ser una de las bacterias involucradas en enfermedades gastrointestinales.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Inicialmente, el objetivo de esta investigación era determinar el efecto bactericida en *Escherichia coli* mediante la extracción de aceites esenciales y extractos acuosos de un ejemplar de *Austroeuatorium inulifolium* (Kunth) RM King y H. Rob., recolectado en octubre de 2023 en la finca La Onda, vereda La Cajita, Tibacuy, Cundinamarca; registrado en el Herbario Nacional bajo el número COL 624589 (A. Ramírez-2023). Esta planta ha sido tradicionalmente utilizada en la región para tratar enfermedades gastrointestinales. Se realizó un proceso de identificación taxonómica para confirmar la especie, como se detalla en el *Anexo 1*. Sin embargo, durante el proceso de extracción, el aceite esencial presentó un rendimiento extremadamente bajo, y aunque se intentó estandarizar el método de extracción,

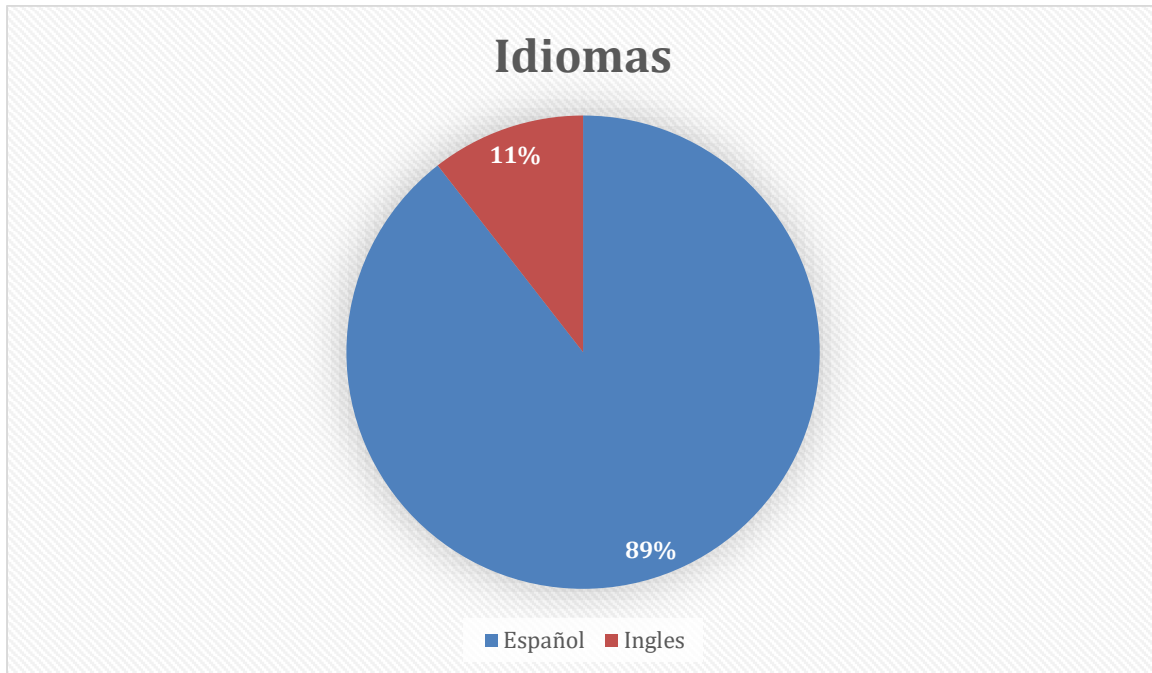
la cantidad obtenido no fue suficiente para realizar las pruebas in vitro. Por otro lado, el extracto acuoso no mostró una efectividad específica frente a *E. coli*. Además, factores externos relacionados con la disponibilidad de espacios y materiales en las instalaciones de la universidad impidieron continuar con la investigación. No obstante, se propuso realizar una revisión bibliográfica sobre otros ejemplares de la familia Asteraceae con propiedades medicinales para ampliar el estudio.

#### 4.1 Búsqueda y recopilación de información:

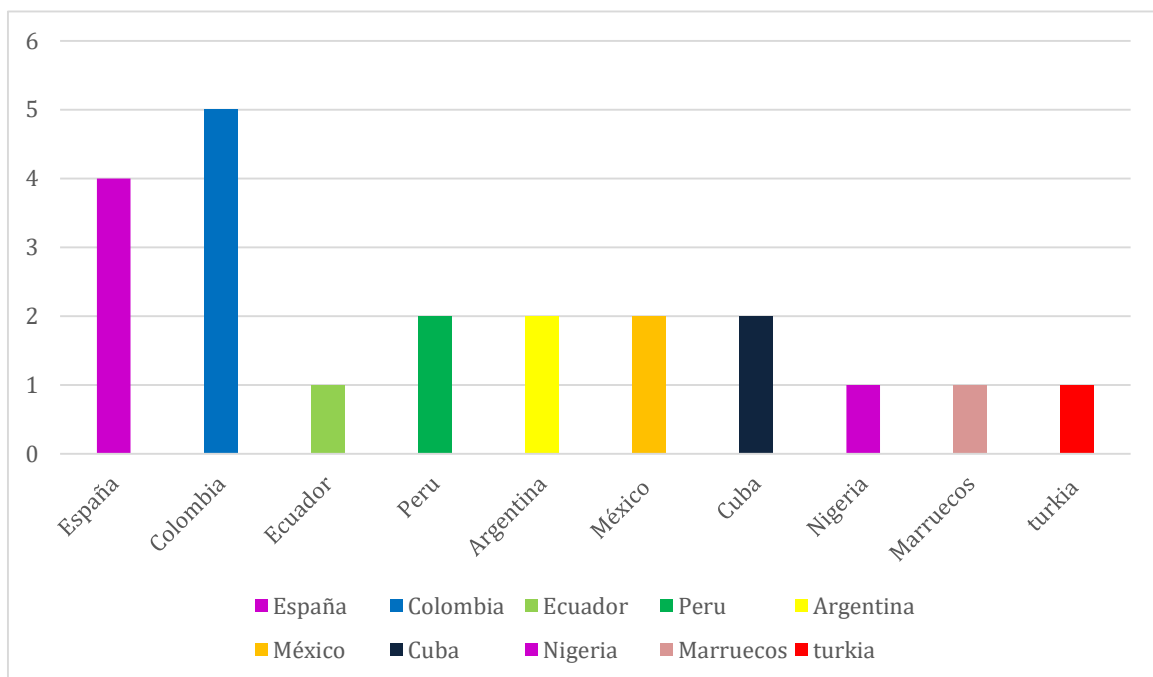
Durante la revisión se identificaron 34 artículos relevantes, seleccionados con base en criterios como año de publicación, idioma, país de origen, aceites esenciales de especies Asteraceae y su efecto bactericida en *E. coli* como se logra observar en la Figura 5, 6 y 7. Sin embargo, la información sobre los extractos de aceites esenciales de la familia Asteraceae fue escasa; aunque algunos estudios reportan resultados sobre su actividad antimicrobiana con relación a varios microorganismos, no incluyen un análisis detallado de la composición de los extractos obtenidos. Destacando así, la importancia de profundizar en la investigación de estos aceites esenciales para aprovechar su potencial como agentes antimicrobianos efectivos y naturales.



Figura 5. Año de publicación



*Figura 6. Idiomas*



*Figura 7. País de los artículos investigados*

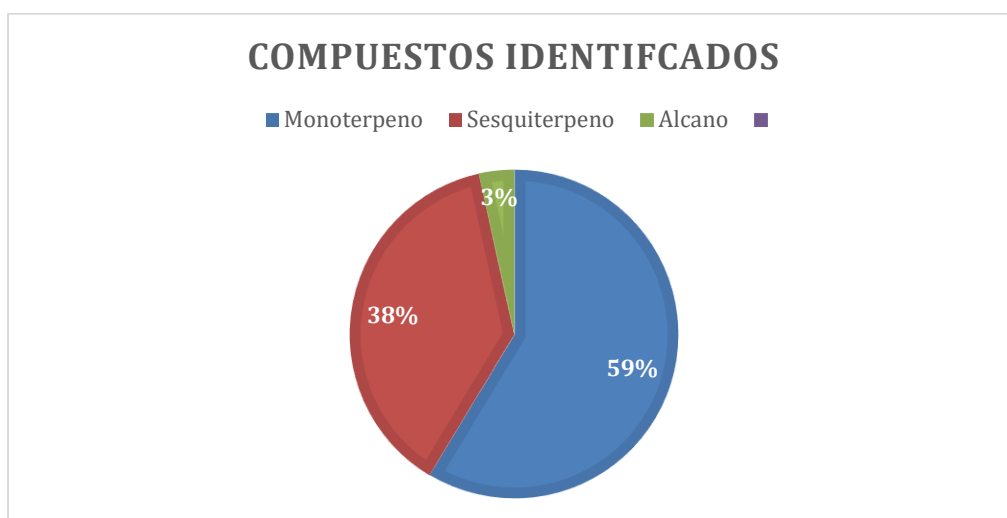
#### 4.2 Compuestos presentes en los aceites esenciales de las 3 plantas de la familia Asteraceae

Dentro de la revisión bibliográfica de varias investigaciones realizadas de los aceites de especies las 3 especies de plantas de la familia Asteraceae se logró identificar varios compuestos que pueden influir con respecto a su acción antimicrobiana. En donde se resalta principalmente que la mayoría de compuestos identificados hacen parte de la familia de los hidrocarburos principalmente terpenos y alcanos, compuestos que generalmente son relacionados la actividad antimicrobiana, como se observan en la Figura 7. y en la Tabla 5. que muestran en qué porcentaje se encuentran estos en los aceites esenciales resaltando la presencia en mayor porcentaje de monoterpenos , seguido de los sesquiterpenos y en menor porcentaje alcanos. Así mismo, en la Tabla 5. Se presenta un mayor porcentaje de inhibición en el caso de *Caléndula Offcinalis* L. con relación a los otros ejemplares analizados .

**Tabla 4. Comparación de los aceites esenciales de las plantas de la familia Asteraceae**

Aceite esencial	Compuestos identificados
<i>Artemisia absinthium</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <math>\beta</math>-tuyona ,<math>\alpha</math>-tuyona,<math>\beta</math>-Mirceno, Linalol, Sabineno , Limoneno , <math>\alpha</math>-pineno, 1,8 cineol</li> </ul>
<i>Austroeupatorium inulifolium</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Sabineno, Mirceno, 3-careno, Trans-b-ocimeno, <math>\alpha</math>-terpinoleno, Terpinen-4-ol,<math>\alpha</math>-copaneno, b-bourboneno, b-elemeno, b-cariofileno, <math>\gamma</math>-elemeno, <math>\alpha</math>-humuleno, <math>\gamma</math>-muuroleno, <math>\alpha</math>-muuruleno, <math>\alpha</math>-cadinol, <math>\alpha</math>-cadinene</li> </ul> <p>Volátiles: Germacreno D, <math>\beta</math>-cariofileno, <math>\beta</math>-pineno, <math>\alpha</math>-pineno</p>

<i>Caléndula officinalis L.</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• a-cubebeno, Copaneo, Isoledeno, Alfa amorfeno, Germacreno D, Cadineo, Seycheleno, Muuroleno, Icosano, Hepradecano, <math>\alpha</math>--cadinol, T-cadinol, <math>\alpha</math>-cadineno, 1,8 cineol, limoneno</li> </ul>
---------------------------------	--



*Figura 8. Identificación de compuestos*

*Tabla 5. Halo de inhibición en Escherchia coli.*

Aceite esencial	Concentración	Halo de inhibición
<i>Artemisia absinthium</i>	5000 ppm	Diámetros, 15, 14, 13 mm
	2500 ppm	Diámetros 11, 10 mm
	1250 ppm	Diámetros 10,9,8 mm
<i>Austroeupatorium inulifolium</i>	De acuerdo con el estudio realizado se obtuvo una concentración mínima inhibitoria de 78 $\mu$ g/mL.	
<i>Caléndula officinalis L.</i>	100 a 70 %	Diámetros de 30, 28, 27 y 26 mm.
	60- 40 %	Diámetros de de 23, 20 y 16 mm.

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales radica principalmente en su capacidad de alteración de la estructura y función de la membrana celular de las bacterias. En el caso de las bacterias Gram positivas, los componentes lipofílicos de los aceites esenciales, como lo son los terpenoides, presentan mayor afinidad por los ácidos lipoteicoicos de la membrana, lo que facilita su ingreso y así mismo una alteración en los lípidos que componen la membrana, aumentando su permeabilidad y provocando una fuga de iones y otros metabolitos esenciales. En el caso de las Gram negativas, la pared celular y la membrana externa con lipopolisacáridos y proteínas le confieren una mayor resistencia en cuanto a la entrada de estos compuestos hidrofóbicos, lo cual puede limitar su efectividad. Sin embargo, en cuanto estos logran atravesar esta membrana, los compuestos de estos aceites logran afectar su estructura, alterando así el transporte de iones y provocando una pérdida de metabolitos y coagulación del citoplasma, lo que con lleva una desnaturalización de proteínas y por consiguiente, la muerte celular. Por tal motivo la eficacia de estos mecanismos puede variar dependiendo de la concentración de compuestos específicos de los aceites esenciales de cada especie, especialmente de aquellas que poseen un alto contenido de compuestos fenólicos, además de factores como lo son la hidrofobicidad de estos compuestos, el pH y la temperatura. [33,34]

Durante el análisis de los aceites esenciales de *Artemisia absinthium*, *Austro eupatorium inulifolium* y *Calendula officinalis L.* revela la presencia de varios compuestos comunes que podrían ser clave en la actividad bactericida contra *Escherichia coli*. Aunque cada especie presenta su perfil único de metabolitos y se presenta en porcentajes y concentraciones diferentes, la coincidencia de ciertos compuestos entre ellas sugiere un posible mecanismo sinérgico o aditivo para la inhibición de esta bacteria.

Dentro de los compuestos identificados que se observan en la Tabla 4. se resaltan varios que se repiten entre las diferentes plantas.

- **Sabineno** (*Artemisia absinthium* y *Austro eupatorium inulifolium*): Este mono terpeno tiene actividad antimicrobiana ya que afectan la integridad de las membranas celulares bacterianas.
- **$\alpha$ -pineno y  $\beta$ -pineno** (*Artemisia absinthium*, *Austro eupatorium inulifolium* y en menor medida como volátil en *Calendula officinalis*): Estos compuestos se utilizan como antibacterianos debido a sus efectos tóxicos sobre las membranas [35]
- **Limoneno** (*Artemisia absinthium* y *Calendula officinalis*): Hace parte del grupo de los terpenoides, los cuales poseen una capacidad antimicrobiana, en donde se ha reportado que este efecto se debe al carácter lipofílico, que ocasiona cambios/daños en la composición de ácidos grasos en la membrana exterior de bacterias e incrementan la permeabilidad causando pérdidas de ATP, y por lo tanto provoca una fuga de iones generando una lisis celular. [36]
- **1,8-cineol** (*Artemisia absinthium* y *Calendula officinalis*): Posee un efecto disruptivo en las membranas citoplasmáticas, interrumpiendo sus estructuras y permeabilizándolas [37]
- **Germacreno D y  $\beta$ -cariofileno** (*Austro eupatorium inulifolium* y *Calendula officinalis*): Al igual que los componentes anteriores poseen la capacidad de alterar la membrana citoplasmática, generando así un efecto bactericida en los microorganismos de estudio.

La coincidencia de estos compuestos sugiere que la acción bactericida no se debe únicamente a un compuesto aislado, sino a la combinación de varios que atacan diferentes sistemas bacterianos simultáneamente, lo que permite así su actividad en la pared bacteriana. Como se ha observado en varios estudios, por ejemplo, el trabajo de Luciana de Souza Prestes y Co., quienes realizaron una evaluación de la actividad bactericida de aceites esenciales de hojas de guayabo, pitango y arazá, destacando la actividad del aceite obtenido de hojas de guayabo, en

el cual se identifican compuestos similares a los encontrados en los aceites de los tres ejemplares analizados de la familia Asteraceae: *p-cimeno* , limoneno, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -terpineol,  $\alpha$ -copaeno,  $\beta$ -cariofileno, aromadendreno y  $\alpha$ -humuleno [38]. Asimismo, una investigación realizada sobre el aceite esencial de *Mentha spicata* [3] identificó compuestos como limoneno,  $\alpha$ - y  $\beta$ -pineno, y cineol, los cuales también coinciden con los compuestos identificados en aceites esenciales de otros ejemplares de la familia Asteraceae como en el caso de *Achillea schischkinii* , *Achillea teretifolia* [39] , *Acanthospermum hispidum*[40] de las cual se realizó un estudio acerca de su composición química de estos aceites y su evaluación antimicrobiana, resaltando su inhibición frente a varios microorganismos, dentro de ellos *Escherchia coli*. Mientras que en el caso de la composición de los aceites, se sigue manteniendo ese común denominador frente a los presencia de los monoterpenos y sesquiterpenos encontrados en estas especies y a los cuales varios autores atribuyen su efecto antimicrobiano debido a la interacción entre uno o varios compuestos presentes en ellos , resaltando en algunos casos una alta concentración de compuestos como  $\alpha$ - y  $\beta$ -pineno, sabineno, 1,8-cineol , Germacreno D,  $\alpha$ -humuleno, limoneno, linalol, entre otros compuestos, que varían en concentración dependiendo de la ubicación y condiciones externas a las que se ven enfrentadas estas especies durante su ciclo de vida. Estos resultados refuerzan la hipótesis de que la combinación de estos compuestos puede generar un efecto sinérgico, mejorando significativamente su efectividad bactericida.

## 5. CONCLUSIONES

Finalmente, durante la revisión se observó que existen pocos estudios que demuestren la capacidad antimicrobiana de los aceites esenciales de algunas especies de la familia Asteraceae, en particular de *Austroeuatorium inulifolium*, una planta utilizada con fines medicinales en varias regiones del país. La falta de investigaciones limita el conocimiento sobre su efectividad frente a un mayor número de microorganismos patógenos y su potencial terapéutico. Sin

embargo, los aceites esenciales de estas plantas comparten varios compuestos clave con propiedades antimicrobianas, lo que refuerza la hipótesis de que estos metabolitos son fundamentales en la inhibición de *Escherichia coli*. La combinación de monoterpenos como el limoneno, pineno y cineol, junto con sesquiterpenos como el  $\beta$ -cariofileno, sugiere un posible efecto sinérgico entre ellos. Sin embargo, la presencia de metabolitos exclusivos en cada especie también indica que la efectividad total depende del perfil químico completo del aceite esencial. Esto resalta la importancia de estudiar no solo los compuestos individuales, sino también sus interacciones para maximizar la actividad antimicrobiana, lo que abre el campo para continuar investigando acerca de las posibilidades terapéuticas que pueden llegar a otorgar estos compuestos mediante el uso de estas plantas medicinales.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. (S/f). Gov.co. Recuperado el 10 de mayo de 2024, de [https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/BoletinEpidemiologico/2024\\_Bolet%C3%ADn\\_epidemiologico\\_semana\\_3.pdf](https://www.ins.gov.co/buscadoreventos/BoletinEpidemiologico/2024_Bolet%C3%ADn_epidemiologico_semana_3.pdf)
2. inocuidad de los alimentos [Internet]. Organización Mundial de la Salud. 2020. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>.
3. Repositorio Continental: Home [Internet]. Repositorio Continental: Efecto antibacteriano del aceite esencial de *Mentha spicata* L. sobre *Escherichia coli* Realizado en el laboratorio de Blue Medical, Arequipa 2022; [consultado el 17 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13493>
4. Lucena ME, Escalante M, González V. Composición y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Austroeupatorium inulifolium* (Kunth) King & Robinson (Asteraceae) . Revista Cubana de Farmacia [Internet]. 2019 [citado 27 agosto 2023];. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revcubfar/rcf-2019/rcf194e.pdf>.
5. Rodriguez López VA. DSpace Home [Internet]. EFECTO ANTIMICROBIANO DEL ACEITE ESENCIAL DE Calen; 27 de febrero de 2019 [consultado el 14 de octubre de 2024]. Disponible en: [http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3203/Rodriguez\\_Lopez\\_VA\\_MC\\_Botanica\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3203/Rodriguez_Lopez_VA_MC_Botanica_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
6. RODRÍGUEZ LEMA PA. ANÁLISIS ANTIMICROBIANO DE LOS ACEITES DE *Artemisia absinthium* y *Borago officinalis* FRENTE A *Escherichia coli* Y *Klebsiella pneumoniae* [Trabajo Experimental]. Riobamba-Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO; 2023. 87 p.

7. Evaluación del efecto alelopático, potencial antimicrobiano y composición química de *Senecio anteuphorbium* L. Aceite esencial. ACG Publ. 2023:10.
8. A. Cakl , D. Usai , MG Donadu , J. Delgado Ospina , A. Paparella , C. Chaves-Lopez , A. Serio , C. Rossi , S. Zanetti & P. Molicotti. Actividad antimicrobiana de *Austroeupatorium inulaefolium* (HBK) contra organismos intracelulares y extracelulares. Investigación de productos Naturales [Internet]. 2017 [citado 22 septiembre 2022];(Volumen 32.).
9. Plantas y prácticas de conservación de la medicina tradicional en el suroriente de El Tambo, Cauca, Colombia. Botanical Sciences [Internet]. 2019 [citado 22 septiembre 2023];(Volumen 100.No.4 ). Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-42982022000400935](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982022000400935)
10. . Ramírez A, Isaza G, Pérez J. ESPECIES VEGETALES INVESTIGADAS POR SUS PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS, INMUNOMODULADORAS E HIPOGLICEMIANTES EN EL DEPARTAMENTO DE (COLOMBIA, SUDAMÉRICA). Biosalud [Internet]. 2013;(vol.12 no.1). Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502013000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1657-95502013000100007&script=sci_arttext).
11. NaturaLista Colombia [Internet]. Jarilla blanca (*Austroeupatorium inulifolium*); [consultado el 14 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/859233-Austroeupatorium-inulifolium>
12. A. Bua , D. Usai , MG Donadu , J. Delgado Ospina , A. Paparella , C. Chaves-Lopez , A. Serio , C. Rossi , S. Zanetti & P. Molicotti. Actividad antimicrobiana de *Austroeupatorium inulaefolium* (HBK) contra organismos intracelulares y

- extracelulares. Investigación de productos Naturales [Internet]. 2017 [citado 22 septiembre 2022];(Volumen 32.).
13. Dalguerre Zanon VA. EVALUACIÓN DE FORMULADOS NATURALES A BASE DE AJENJO (*Artemisia absinthium*), PARA EL CONTROL DE PULGÓN VERDE (*Macrosiphum* sp.) EN LECHUGA (*Lactuca sativa*). AREQUIPA - PERÚ: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA; 2015. 110 p.
  14. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [Internet]. [consultado el 14 de octubre de 2024]. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/iect\\_artemisia\\_absinthium\\_tcm30-164121.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/iect_artemisia_absinthium_tcm30-164121.pdf)
  15. de Medicamentos C de I y. D. Artículos de Revisión [Internet]. Sld.cu. 1999 [citado el 17 de octubre de 2024]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/far/v33n3/far07399.pdf>
  16. Muñoz LM. Plantas medicinales españolas *Calendula officinalis* L.(*Asteraceae*). Medicina Natur. 2004;5:1.
  17. repositorio.unal [Internet]. EL CULTIVO DE CALENDULA, *Calendula officinalis* L; 2007 [consultado el 13 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/8696/9789588095400.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  18. Editorial RBA Libros y Publicaciones. Editorial de ficción y no ficción adulta. [Internet]. [consultado el 13 de octubre de 2024]. Disponible en: [https://www.rbalibros.com/medio/2020/03/31/29\\_4\\_cultivatusplantasmedicinales\\_292aa23d.pdf](https://www.rbalibros.com/medio/2020/03/31/29_4_cultivatusplantasmedicinales_292aa23d.pdf)
  19. MONTOYA CADAVID GD. repositorio.unal [Internet]. ACEITES ESENCIALES Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero; 2010 [consultado el 14 de

- octubre de 2024]. Disponible en:  
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55532/9588280264.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
20. Charfuelan Laguna DM. Repositorio UCMC [Internet]. REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES ANTIMICROBIANAS DEL ACEITE ESENCIAL DE LIPPIA ALBA CONTRA MICROORGANISMOS PATÓGENOS CAUSANTES DE ENFERMEDADES EN HUMANOS.; 2019. Disponible en:  
<https://repositorio.unicolmayor.edu.co/bitstream/handle/unicolmayor/3718/MONOGRAFIA%20FINAL%20LIPPIA%20ALBA.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
21. Dr David K Hill. MANUAL DE QUÍMICA DE ACEITES ESENCIALES dōTERRA 2 [Internet]; [fecha desconocida]. Disponible en:  
<https://media.doterra.com/us/es/brochures/essential-oil-chemistry-handbook.pdf%7D>
22. CasadoVillaverde I. Universidad politécnica de Madrid [Internet]. Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor; febrero de 2018. Disponible en:  
[https://oa.upm.es/49669/1/TFG\\_IRENE\\_CASADO\\_VILLAVERDE.pdf](https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf)
23. Dellacassa E. Procesos de extracción aplicados a la obtención de productos aromáticos de origen vegetal [Internet]; [consultado el 15 de octubre de 2024]. Disponible en:  
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8784/1/Fpta-11-p.153-158.pdf>
24. Home | Museo Nacional de Ciencias Naturales [Internet]. [consultado el 18 de octubre de 2024]. Disponible en:  
[https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es\\_ES/investigacion/cromatografia/principios\\_de\\_cromatografia.pdf](https://www.mncn.csic.es/docs/repositorio/es_ES/investigacion/cromatografia/principios_de_cromatografia.pdf)
25. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura | FaCENA – UNNE [Internet]. [consultado el 12 de octubre de 2024]. Disponible en:

[https://exa.unne.edu.ar/quimica/quimica.analitica/qa\\_arch\\_matdid/arch\\_teoría/Temas%20teóricos/Profesorado/Cromatografía.pdf](https://exa.unne.edu.ar/quimica/quimica.analitica/qa_arch_matdid/arch_teoría/Temas%20teóricos/Profesorado/Cromatografía.pdf)

26. :: BIOTED :: – Teaching life sciences and biotech through experiments [Internet]. [consultado el 18 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.bioted.es/protocolos/PRINCIPIOS-CROMATOGRÁFIA-FILTRACION-GEL.pdf>
27. Antonio Méndez, José Guillermo Penieres Carrillo y Fernando Ortega Jiménez. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO [Internet]. CROMATOGRÁFIA EN CAPA FINA Y COLUMNA; septiembre de 2023 [consultado el 13 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://ru.cuautitlan.unam.mx/retrieve/16449c20-525d-4885-8526-9b526f0e937b>
28. Ledesma NR. Universidad Nacional de Santiago de estero [Internet]. TÉCNICAS DE ANÁLISIS EN QUÍMICA ORGÁNICA CROMATOGRÁFIA; 2019. Disponible en: <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-44-Cromatografía-CORZO.pdf>
29. Rodríguez G. Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. [Internet]. 2002;. Disponible en: [https://www.adiveter.com/ftp\\_public/E.coli.pdf](https://www.adiveter.com/ftp_public/E.coli.pdf)
30. World Health Organization (WHO) [Internet]. E. coli; [consultado el 10 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
31. Nature [Internet]. Pathogenic *Escherichia coli* - Nature Reviews Microbiology; [consultado el 9 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/nrmicro818>
32. PAHO/WHO | Pan American Health Organization [Internet]. [consultado el 11 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www3.paho.org/spanish/ad/th/s/ev/05.pdf>

33. Asociación Española de Ciencia Avícola - AECA - WPSA [Internet]. [consultado el 2 de noviembre de 2024]. Disponible en: [https://www.wpsa-aeca.es/aeca\\_imgs\\_docs/wpsa1182855355a.pdf](https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/wpsa1182855355a.pdf)
34. SciELO - Scientific Electronic Library Online [Internet]. [consultado el 2 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/odov/n35/1659-0775-odov-35-32.pdf>
35. PMC Home [Internet]. Therapeutic Potential of  $\alpha$ - and  $\beta$ -Pinene: A Miracle Gift of Nature - PMC; [consultado el 14 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6920849/#B7-biomolecules-09-00738>
36. Tropical and Subtropical Agroecosystems [Internet]. ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE CINCO COMPUESTOS TERPENOIDES: CARVACROL, LIMONENO, LINALOOL,  $\alpha$ -TERPINENO Y TIMOL†; 2019. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/334263317\\_ACTIVIDAD\\_ANTIBACTERIANA\\_DE\\_CINCO\\_COMPUESTOS\\_TERPENOIDES\\_CARVACROL\\_LIMONENO\\_LINALOOL\\_a-TERPINENO\\_Y\\_TIMOL\\_ANTIBACTERIAL\\_ACTIVITY\\_OF\\_FIVE\\_TERPENOID\\_COMPOUNDS\\_CARVACROL\\_LIMONENE\\_LINALOOL\\_a-TERPINENE\\_AND](https://www.researchgate.net/publication/334263317_ACTIVIDAD_ANTIBACTERIANA_DE_CINCO_COMPUESTOS_TERPENOIDES_CARVACROL_LIMONENO_LINALOOL_a-TERPINENO_Y_TIMOL_ANTIBACTERIAL_ACTIVITY_OF_FIVE_TERPENOID_COMPOUNDS_CARVACROL_LIMONENE_LINALOOL_a-TERPINENE_AND)
37. Repositorio institucional Séneca :: Inicio [Internet]. [consultado el 17 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/93171e9b-7da6-4c57-8cd3-007fa244239c/content>
38. Cherry S, Guava S. Evaluación de la actividad bactericida de aceites esenciales de hojas de guayabo, pitango y arazá [Internet]. Sld.cu. [citado el 11 de noviembre de 2024]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/pla/v16n4/pla03411.pdf>

39. GÖGER G, GÖREL ME, BİRTEK YB. Chemical composition of essential oil / volatiles and fatty acids, and antimicrobial evaluation of two endemic Achillea (Asteraceae) species: Achillea schischkinii Sosn. and Achillea teretifolia Willd. J Res Pharm. 2023.
40. Olubukola DS, Owolabi MS, Satyal P. Chemical composition, enantiomeric analysis, and bactericidal activities of sesquiterpene-rich essential oil of Acanthospermum hispidum DC. from northwestern Nigeria. J Essent Oil Amp Plant Compos. 2024.