

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, NATURALES Y AMBIENTALES

ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

MONOGRAFÍA PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE QUÍMICA

**Nombre del director de la monografía:** PhD. María Fernanda Pilaquinga

**Título de la monografía:** Extracción de aceites esenciales de *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum* y *Capsicum baccatum* como biocida con aplicados al control de plagas.

Área en la que se inscribe la investigación: Química Orgánica.

Nombre del estudiante: Estefany Lizeth Jurado Salas

Quito, 2025

## CERTIFICACIÓN

Certifico que la Monografía de la carrera de Química del Sr./Sra./Srta Estefany Lizeth Jurado Salas ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Firma del tutor de la monografía

PhD. María Fernanda Pilaquina

Quito, de julio de 2025

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios, a mis padres Robert Jurado y Natalia Salas que han sido un apoyo incondicional, a mi hermano Josué Jurado quien me ha acompañado en mis momentos más difíciles, a mis abuelitos que se encuentran en el cielo Guillermo Jurado y Rosa Batallas, ya que ellos fueron mi inspiración para seguir y culminar mi carrera. A mis mejores amigos de la carrera Avelina de la Torre y Josué Llumiquinga que también estuvieron ahí para mí en mis momentos tristes y alegres. A mis tías Jhoana y Maritza las cuales me ayudaron en las dificultades que se me presentaron. A mi tutora María Fernanda Pilaquina, que con paciencia me ayudó a finalizar mi trabajo de titulación. Finalmente, a mi perrito de apoyo emocional Luffy, por acompañarme en mis momentos de soledad al estar estudiando fuera de mi ciudad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. RESUMEN .....	1
2. ABSTRACT .....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	3
4. OBJETIVOS.....	7
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	7
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
5. DESARROLLO TEÓRICO.....	8
5.1 Aceites esenciales .....	8
5.2 Métodos de extracción de aceites esenciales.....	12
5.3 Perfil fitoquímico de especies vegetales .....	25
5.4 Discusión.....	32
5.5 Resultados de cada aceite esencial y dosis recomendada .....	38
6. CONCLUSIONES .....	45
7. RECOMENDACIONES.....	46
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de expresión.....	12
Figura 2. Método de destilación con vapor de agua.....	13
Figura 3. Método de extracción con solventes volátiles.....	14
Figura 4. Método de enfleurage.....	15
Figura 5. Método de extracción con fluidos supercríticos.....	16
Figura 6. Método de extracción por arrastre de vapor asistida por microondas.....	17
Figura 7. Método de maceración.....	18
Figura 8. Planta Matricaria chamomilla.....	20
Figura 9. Planta Ruta graveolens.....	22
Figura 10. Planta Allium sativum.....	23
Figura 11. Planta Capsicum baccatum.....	24
Figura 12 Fórmula química del óxido de bisabolol ( $C_{15}H_{26}O_2$ ).....	26
Figura 13 Fórmula química del fareseno ( $C_{15}H_{24}$ ).....	26
Figura 14 Fórmula química del mentol ( $C_{10}H_{20}O$ ).....	27
Figura 15 Fórmula química de la mentona ( $C_{10}H_{18}O$ ).....	27
Figura 16 Fórmula química del cinerol ( $C_{12}H_{18}O_3$ ).....	27
Figura 17 Fórmula química de 2- undecanona ( $C_{11}H_{22}O$ ).....	27
Figura 18 Fórmula química de 2-nonanona ( $C_9H_{18}O$ ).....	27
Figura 19 Fórmula química del trisulfuro de dialilo ( $C_6H_{10}S_3$ ).....	28
Figura 20 Fórmula química de capsaicinoides ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ).....	28

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Métodos de extracción, rendimiento, composición química de compuestos bioactivos y actividades biológicas del aceite esencial de *Matricaria chamomilla* (Manzanilla), *Mentha piperita* (Menta), *Allium sativum*, *Ruta graveolens* (Ruda), *Allium sativum* (Ajo) y *Capsicum baccatum* (Ají)..... 25

Tabla 2 Métodos y dosis recomendada para la extracción adecuada de los aceites esenciales de *Matricaria chamomilla* (Manzanilla), *Mentha piperita* (Menta), *Ruta graveolens* (Ruda), *Allium sativum* (Ajo) y *Capsicum baccatum* (Ají) ..... 38

## 1. RESUMEN

Los aceites esenciales son mezclas volátiles obtenidas de diversas plantas, formadas por hidrocarburos, compuestos oxigenados y moléculas con azufre y nitrógeno, que presentan propiedades antimicrobianas, insecticidas y repelentes. Este trabajo analiza cinco especies vegetales con potencial biocida: *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum* y *Capsicum baccatum*, evaluando métodos de extracción como hidrodestilación, maceración, arrastre de vapor, microondas y fluidos supercríticos. Cada técnica influye en el rendimiento, pureza y eficacia del aceite. Por ejemplo, la hidrodestilación mostró un buen desempeño para *Allium sativum* (0.8%), mientras que la extracción con fluidos supercríticos fue óptima para *Matricaria chamomilla* (0.87%). Se identificaron compuestos activos como óxido de bisabolol, mentol, alicina, 2-undecanona y capsaicinoides, los cuales actúan sobre hongos, bacterias, virus e insectos mediante mecanismos que afectan sus sistemas nerviosos o reproductivos. Las dosis efectivas concentración (CL<sub>50</sub> y CE<sub>50</sub>) varían según el compuesto y la plaga.

Además de ser eficaces, los aceites esenciales son biodegradables, de bajo impacto ambiental y compatibles con estrategias como el Manejo Integrado de Plagas (MIP), reduciendo hasta un 30% el uso de pesticidas químicos. Este estudio comparó diferentes métodos de extracción de aceites esenciales de cinco especies vegetales con potencial biocida y evaluó sus rendimientos, que variaron entre el 0.046 % y el 1.0 %, según la planta y el método. También se investigaron sus efectos sobre hongos, insectos, parásitos y virus mediante pruebas de toxicidad. Finalmente, se determinó el mejor método de extracción con etanol como disolvente, y se describió en detalle su preparación y aplicación adecuada con emulsionantes.

**Palabras clave:** aceites esenciales, compuestos activos, extracción, métodos, plantas medicinales.

## 2. ABSTRACT

Essential oils are volatile mixtures obtained from various plants, composed of hydrocarbons, oxygenated compounds, and molecules containing sulfur and nitrogen. They exhibit antimicrobial, insecticidal, and repellent properties. This study analyzes five plant species with biocidal potential: *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum*, and *Capsicum baccatum*, evaluating extraction methods such as hydrodistillation, maceration, steam distillation, microwave-assisted extraction, and supercritical fluids. Each technique influences the yield, purity, and effectiveness of the oil. For example, hydrodistillation performed well for *Allium sativum* (0.8%), while supercritical fluid extraction was optimal for *Matricaria chamomilla* (0.87%). Active compounds such as bisabolol oxide, menthol, allicin, 2-undecanone, and capsaicinoids were identified, which act on fungi, bacteria, viruses, and insects through mechanisms that affect their nervous or reproductive systems. Effective concentrations (LC<sub>50</sub> and EC<sub>50</sub>) vary depending on the compound and the pest.

In addition to being effective, essential oils are biodegradable, environmentally friendly, and compatible with strategies such as Integrated Pest Management (IPM), reducing chemical pesticide use by up to 30%. This study compared different extraction methods of essential oils from five plant species with biocidal potential and evaluated their yields, which ranged from 0.046% to 1.0%, depending on the plant and the method used. Their effects on fungi, insects, parasites, and viruses were also investigated through toxicity tests. Finally, the best extraction method using ethanol as the solvent was determined, and its preparation and proper application with emulsifiers were described in detail.

**Keywords:** essential oils, active compounds, extraction, methods, medicinal plants.

### 3. INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales son sustancias que contienen hidrocarburos, compuestos oxigenados y moléculas que incluyen azufre y nitrógeno. Son las primeras indagaciones sistemáticas sobre los componentes de los aceites esenciales, como menciona Baser & Buchbauer (2004), el químico francés Michel Jean Dumas (1800-1884); posteriormente, en 1859, el también francés Marcellin Berthelot estudió diversas sustancias naturales y sus productos de reordenamiento mediante técnicas de rotación óptica. No obstante, el trabajo más trascendental correspondió a Otto Wallach, discípulo de Kekulé, quien descubrió que numerosos terpenos, aunque se nombraban de manera distinta según la planta de origen, resultaban ser idénticos en estructura. Wallach se dedicó entonces a aislar cada uno de esos terpenos y a analizar sus propiedades fundamentales (Baser & Buchbauer, 2004).

Los aceites esenciales con mayor producción a nivel mundial son: *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum*, *Capsicum baccatum*. En el caso del aceite esencial de *Matricaria chamomilla*, en 2015 se registraron 1.5 toneladas a nivel mundial (Zamil, 2015); por otro lado, la *Mentha piperita* en su último registro mundial en 2022 de su exportación fue de 51.087 toneladas. De la *Ruta graveolens* no se encuentran registros precisos de exportación, sin embargo, los países líderes en esta planta son Marruecos, India y México (IndexBox, 2024). Finalmente, los aceites esenciales de *Allium Sativum* y *Capsicum Baccatum* en total se han exportado aproximadamente 220 toneladas al año y, de forma general, se exportan 175.000 toneladas de aceites esenciales a nivel mundial (Hot Chili Oil Exports from World, 2025). Estos aceites se extraen por hidrodestilación, maceración, destilación por arrastre

de vapor, enfleurage, fluidos supercríticos o por ultrasonido.

El aceite esencial de *Matricaria chamomilla* controla plagas como amastigotes intracelulares (parásitos), células mamíferas (ratas, ratones), y hongos resistentes como Anfotericina B. Por otro lado, el aceite de *Mentha piperita* se usa para eliminar plagas como microorganismos y metabolitos dañinos (hongos, insectos). El aceite esencial de *Ruta graveolens* ayuda a eliminar especies como *Anopheles quadrimaculatus* (mosquitos), *Aedes aegypti* (transmisor del virus del dengue) y *Culex quinquefasciatus* (vector de enfermedades virales). En el caso del aceite de *Allium sativum* y *Capsicum baccatum*, contribuyen a eliminar hongos e insectos, lo que evidencia su amplio potencial biocida.

Un biocida es una sustancia que, como menciona Patiño et al. (2018), por vías químicas o biológicas neutraliza y controla microorganismos. Su composición química es muy variada, pero a concentraciones elevadas despliega un mecanismo de acción microbicida con características semejantes. Se emplea de forma masiva en medicina, veterinaria, agronomía, industria y cuidado ambiental; sin embargo, su uso desmedido ha propiciado la aparición de cepas resistentes, lo que repercute de manera adversa en la salud pública mundial. Los biocidas como menciona Patiño et. al (2018) se agrupan según el objetivo sobre el que actúan y el tipo de efecto que provocan. Entre sus principales categorías se encuentran los conservantes, desinfectantes, antisépticos y esterilizantes. Los conservantes se incorporan en la fabricación de productos a base de agua para prevenir la proliferación de microorganismos. Por otro lado, los desinfectantes son compuestos químicos que eliminan bacterias en superficies inertes. Los antisépticos se utilizan para frenar el desarrollo de microorganismos en tejidos vivos o en la piel, al eliminar los agentes patógenos presentes. Finalmente, los esterilizantes tienen la capacidad de eliminar por completo todas las formas de vida microbiana, incluidas las esporas. Un biocida natural, por el contrario, se refiere a una mezcla de sustancias, en este caso aceites esenciales, para eliminar o prevenir el crecimiento de organismos nocivos (Patiño et al., 2018).

Los parásitos y plagas cumplen funciones importantes, como proteger a las plantas de la

radiación solar y facilitar su reproducción y dispersión. Además, contribuyen a atraer insectos polinizadores. Por ello, es importante que los pesticidas empleados sean lo menos perjudiciales posible (Carranza, 2019). En este contexto, se propone el uso de pesticidas orgánicos elaborados a partir de aceites esenciales, ya que, en cuanto a sostenibilidad, la implementación del Manejo Integrado de Plagas (MIP) ha reducido el uso de pesticidas en un 30 % y las pérdidas por plagas en un 20 % (MAG, 2021). Por esta razón, se presenta una alternativa de pesticidas orgánicos que controlan insectos y plagas con la misma efectividad que los químicos, destacando que los pesticidas vegetales presentan una gran ventaja: son compatibles con opciones de bajo riesgo aceptables tales como aceites, jabones, hongos entomopatógenos y parasitoides (Solórzano et al., 2019). Estos compuestos se acumulan en estructuras celulares especializadas del vegetal como glándulas, sacos, conductos o reservorios y son responsables del aroma distintivo de cada especie (Esau, 1985; Linde et al., 2016).

En la actualidad, se han estudiado varios métodos de extracción para obtener aceites esenciales de *Matricaria chamomilla*, una planta herbácea de la familia Asteráceas, cuyas hojas alternas son bipinnatisectas, con folíolos (López, 2020). *Mentha piperita* es una especie vegetal de uso terapéutico generalizado, ya que en sus órganos aéreos se han aislado e identificado numerosos compuestos bioactivos (Aguila et al., 2022). *Ruta graveolens* es una planta de marcado carácter femenino, empleada para aliviar la dismenorrea, actuar como emenagogo y favorecer la nutrición y el “cierre” del útero tras el parto, usos que se fundamentan en su capacidad para regular la contractilidad uterina (Martínez, 2008). *Allium sativum*, perteneciente a la familia de las Liliáceas, es muy resistente y raramente es atacada por plagas o enfermedades (Burba, 2003). *Capsicum baccatum* es un cultivo hortícola presente en prácticamente todas las zonas templado-tropicales; su picor se debe a un alcaloide llamado capsaicina ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ). Para su extracción se emplean métodos tales como expresión, destilación con vapor de agua, extracción por solventes volátiles o hidrodestilación, enfleurage y fluidos supercríticos.

Las principales ventajas de estos métodos son su alto rendimiento y la pureza del aceite

esencial obtenido; además, están catalogados como procesos amigables con el ambiente (Piña-Barrera, 2019). En particular, la hidrodestilación es muy utilizada a nivel industrial debido a su alto rendimiento, la pureza del aceite obtenido y porque no requiere tecnología sofisticada (Muthumperuma et al., 2016). En este estudio se pretende investigar los diferentes métodos de extracción, comparando los porcentajes de rendimiento de aceites esenciales de *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum* y *Capsicum baccatum*, como biocidas con aplicación sobre plagas. El análisis se aplica a varios métodos de extracto de aceites esenciales, como resistencia a vapor, hidrodestilación, maceras, uso de solventes orgánicos, líquidos súper críticos, microondas y ultrasonido. Se evaluaron los resultados obtenidos mediante el uso de métodos que varían de 0.046 % a 1.0 %, dependiendo de la fábrica y el método utilizado. Del mismo modo, sus efectos biológicos se analizan en diferentes organismos, como hongos, insectos, parásitos intracelulares y de virus, informes tóxicos (CL<sub>50</sub> y CE<sub>50</sub>) a diferentes concentraciones. Finalmente se detalló el mejor método con el disolvente común etanol, y la preparación de la extracción del aceite con emulsionantes y la forma correcta de aplicarlo.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los diferentes métodos de extracción de aceites esenciales de *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum* y *Capsicum baccatum* como biocida aplicados al control de plagas.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Revisar los estudios realizados de los métodos de extracción de aceites esenciales en el campo de porcentaje de rendimiento de cada uno de ellos.

Recopilar información bibliográfica de *Matricaria chamomilla*, *Mentha piperita*, *Ruta graveolens*, *Allium sativum*, *Capsicum baccatum* y su actividad pesticida.

Comparar los diferentes métodos de extracción de aceites esenciales, escogiendo el mejor para cada una de las plantas utilizadas.

## 5. DESARROLLO TEÓRICO

### 5.1 Aceites esenciales

Los aceites son mezclas líquidas y volátiles, que como menciona (Martínez, 1993) son fácilmente destilables, que concentran los compuestos aromáticos de las plantas hasta más de un centenar de sustancias y se emplean en perfumería, alimentación y farmacia; contienen desde compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos) hasta monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropano. Se clasifican según su textura: se distinguen las esencias fluidas (líquidas y muy volátiles), los bálsamos (viscosos, poco volátiles y propensos a polimerizar) y las oleorresinas (muy viscosas o semisólidas, con aroma concentrado, como la gutapercha o la de pimienta); por su procedencia pueden ser naturales (extraídas directamente sin modificaciones, de alto costo), artificiales (esencias naturales enriquecidas con algunos de sus componentes, como rosa con linalool) o sintéticas (compuestos aromáticos obtenidos por síntesis química, más económicos y comunes en saborizantes).

Desde el punto de vista químico, la composición de los aceites esenciales está determinada por diversos factores como la especie vegetal, el órgano de la planta utilizado (hojas, flores, raíces, corteza, etc.), las condiciones edafoclimáticas, el momento de la cosecha, así como el método de extracción empleado. Esta variabilidad en la composición puede influir significativamente en las propiedades biológicas y comerciales del producto final. En la industria farmacéutica y cosmética, por ejemplo, los aceites con mayor proporción de alcoholes y ésteres suelen tener mayor valor debido a su fragancia y estabilidad.

En relación con los métodos de extracción, se han desarrollado diversas técnicas que permiten obtener los aceites esenciales con diferentes niveles de pureza y eficiencia. Entre las más comunes se encuentran la destilación por arrastre de vapor, la hidrodestilación, la presión en frío, la extracción con disolventes y, más recientemente, métodos ecoamigables como la

extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico o la extracción asistida por microondas. Cada una de estas técnicas presenta ventajas y limitaciones en cuanto a rendimiento, costo, conservación de los compuestos volátiles y sostenibilidad ambiental.

Por ejemplo, la destilación por arrastre de vapor es una técnica tradicional ampliamente utilizada por su sencillez y capacidad para conservar la integridad de los compuestos volátiles. Sin embargo, requiere un tiempo prolongado y puede ocasionar la degradación térmica de algunos componentes sensibles. La extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico, en cambio, permite obtener aceites esenciales de alta pureza y con un perfil químico muy parecido al natural, gracias a que opera a temperaturas moderadas y sin residuos de solventes orgánicos. Este método, aunque más costoso, ha ganado popularidad en la industria debido a su eficiencia y menor impacto ambiental.

Además, el rendimiento y la calidad del aceite esencial dependen en gran medida del manejo post-cosecha de la materia prima. La forma y tiempo de almacenamiento, así como el transporte, deben garantizar la preservación de la calidad del material vegetal para evitar la oxidación o pérdida de compuestos aromáticos importantes. En este sentido, el uso de tecnologías adecuadas de conservación y la reducción del tiempo entre la cosecha y la extracción son prácticas recomendadas para maximizar la calidad del producto final.

Se calculó la participación de cada país en las exportaciones mundiales de aceites esenciales, según datos del International Trade Centre. En 2021, el 50 % del total correspondió a solo seis naciones, cada una con más del 4 % de la cuota: India (16.10 %), Estados Unidos (14.28 %), Francia (8.30 %), China (5.76 %), Brasil (4.60 %) e Indonesia (4.10 %) (Piñeta, 2020). Ecuador exporta este producto en mayor volumen hacia Estados Unidos conociéndose las esencias de menta piperita y hierbabuena, marginalizando las esencias de otros orígenes naturales. De enero a octubre del 2018, las exportaciones de aceites esenciales en el Ecuador registraron 1.73 millones (García, 2017).

En el contexto global, la creciente demanda de productos naturales y orgánicos ha

impulsado un notable interés en los aceites esenciales por sus propiedades terapéuticas y funcionales. No sólo son valorados en la industria cosmética y alimentaria, sino también en la farmacéutica, donde se investigan sus actividades antimicrobianas, antiinflamatorias y antioxidantes. Estas propiedades atribuidas a los compuestos activos contenidos en los aceites esenciales, como los terpenos y fenilpropanoides, han abierto nuevas oportunidades en el desarrollo de productos para la salud y bienestar.

Un campo emergente que también ha demostrado interés en los aceites esenciales ha sido la agricultura, considerando que dentro de este se están evaluando las alternativas naturales para crear pesticidas sintéticos, tomando en cuenta su capacidad para actuar como repelentes o inhibidores del crecimiento de plagas y hongos fitopatógenos. Dicho enfoque, además de reducir los residuos tóxicos en los cultivos, promueve prácticas agrícolas más sostenibles; a pesar de ello, es esencial continuar con estudios que validen la eficacia y seguridad de estos productos en distintas condiciones agronómicas (Castro et al., 2020).

Además, de que algunos de los aceites esenciales poseen propiedades alelopáticas, es decir, que poseen la capacidad de influir en el crecimiento de otras plantas a través de la liberación de compuestos químicos; este aspecto ha despertado el interés en el diseño de bioherbicidas que podrían ofrecer soluciones innovadoras y ecológicas para el manejo de malezas, sin embargo, a pesar de encontrarse en una fase experimental, este uso potencial representa una línea prometedora en cuanto a su investigación.

Por otra parte, García, et al., (2023), menciona que la industria alimentaria también se ha sumado, y ha comenzado a integrar a los aceites esenciales en el desarrollo de envases activos, considerado que estos materiales no solo cumplen funciones de protección mecánica y conservación, sino que también pueden liberar compuestos antimicrobianos de forma controlado, permitiendo la prolongación de la vida útil de los alimentos sin recurrir a aditivos sintéticos. Estas innovaciones demuestran que los aceites esenciales poseen un amplio espectro de aplicaciones, los cuales van más allá de su uso tradicional, por ende, el reto para los investigadores, industrias

y entes regulares, se centra en garantizar que estas aplicaciones desarrollen bajo estrictos criterios de seguridad, eficacia y sostenibilidad (Furche, 2023).

Así también, cabe destacar que el mercado global de aceites esenciales ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, impulsado principalmente por el aumento en la demanda de productos naturales y la expansión del mercado de la aromaterapia, la cosmética natural y los biopesticidas. Este auge ha motivado a muchos países productores a diversificar sus cultivos y a invertir en tecnologías de extracción más eficientes y sostenibles. Sin embargo, este crecimiento también ha generado una mayor presión sobre los ecosistemas, lo que plantea la necesidad de establecer regulaciones que aseguren una recolección y producción responsable.

El control de calidad en la industria de aceites esenciales representa otro reto fundamental. La adulteración y la variabilidad en la composición química pueden afectar la efectividad y seguridad del producto final. Por ello, se ha desarrollado un riguroso marco regulatorio que incluye análisis físico-químicos, cromatográficos y sensoriales para certificar la autenticidad y pureza de los aceites esenciales comercializados. Este control es indispensable para mantener la confianza del consumidor y garantizar la sostenibilidad del sector.

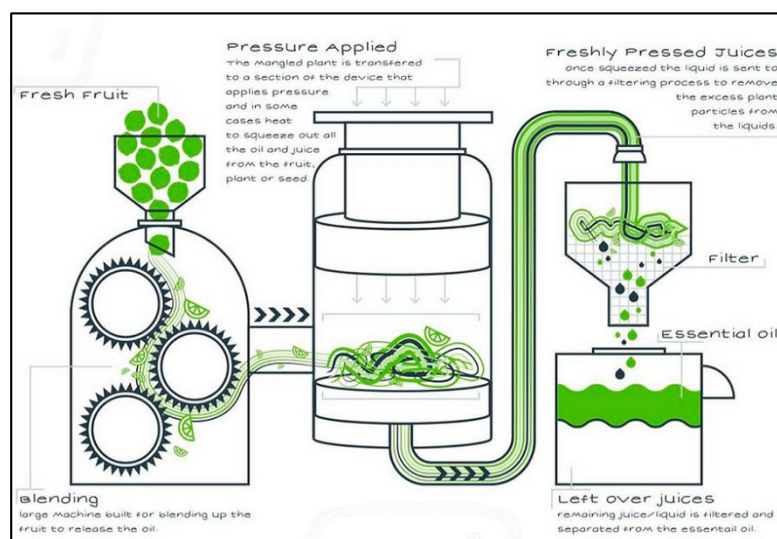
En este contexto, Ecuador, por su ubicación geográfica privilegiada y su diversidad vegetal, posee un gran potencial para desarrollar una industria competitiva de aceites esenciales. No obstante, para consolidarse como un actor relevante en el mercado internacional, es fundamental superar desafíos relacionados con la estandarización de la calidad, la certificación de origen y prácticas sostenibles de manejo de los recursos naturales. La implementación de programas de capacitación técnica y el fortalecimiento de alianzas público-privadas podrían contribuir significativamente al aprovechamiento racional de este recurso.

Finalmente, la investigación científica aplicada al estudio de los aceites esenciales provenientes de la biodiversidad ecuatoriana puede facilitar la identificación de nuevas especies con potencial comercial y biológico. Esto permitiría diversificar la oferta y mejorar la

competitividad en los mercados internacionales, además de promover el desarrollo económico local y la conservación de la biodiversidad.

## 5.2 Métodos de extracción de aceites esenciales

Tal como menciona Alvarado (2007), se puede usar el método de expresión (Figura 1) para la obtención de aceites esenciales, especialmente en frutas cítricas como el limón, la naranja y el pomelo. En este proceso, el material vegetal se somete a presión mecánica para liberar el aceite contenido en las cáscaras o pericarpios. Posteriormente, el líquido obtenido se filtra cuidadosamente para separar los aceites esenciales de otros componentes como jugos o partículas sólidas. Este método destaca por no requerir el uso de calor, lo cual evita la degradación de los compuestos aromáticos termolábiles, aunque presenta el inconveniente de ser aplicable solo a materiales con estructuras especiales como las cáscaras de cítricos.



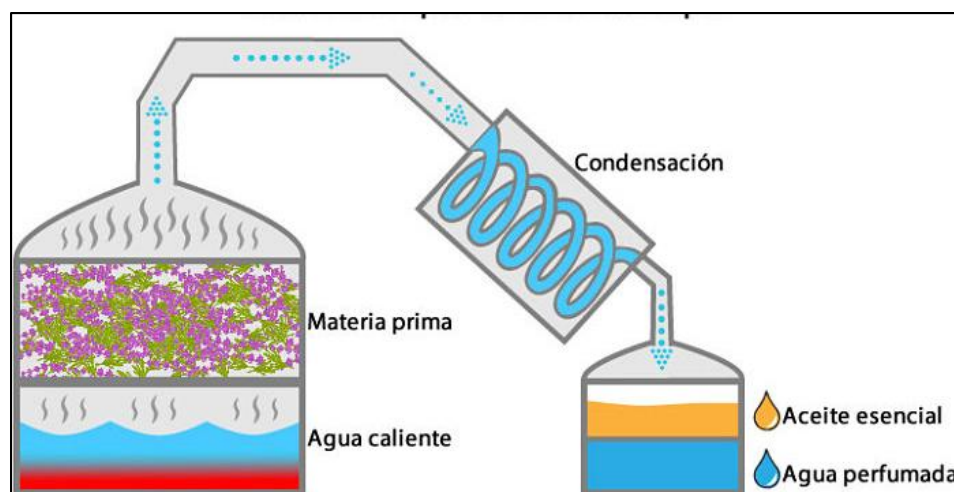
**Figura 1. Método de expresión**

Fuente: (Alvarado, 2007)

Otro método ampliamente utilizado es la destilación con vapor de agua (Figura 2). En este proceso, la planta fresca, picada en trozos pequeños y depositada en una cámara inerte, es sometida a la acción de vapor de agua sobrecalentado. El vapor atraviesa el material vegetal, arrastrando consigo los aceites esenciales, los cuales se condensan en un sistema de

refrigeración posterior. Finalmente, se recoge el líquido resultante, compuesto por agua y aceite, que se separa por decantación. Este procedimiento es comúnmente utilizado en la industria de la perfumería debido a su eficiencia, pureza del producto y la relativa simplicidad del equipamiento necesario. Su aplicación se ha extendido a escala industrial para especies como lavanda, eucalipto y romero.

Además, se ha observado que el ajuste de presión y temperatura del vapor puede influir en la proporción de los componentes extraídos, permitiendo que se optimicen los perfiles aromáticos específicos para aplicaciones farmacológicas o cosméticas. Así también, en investigaciones recientes, se ha combinado la técnica con procesos de vacío, con la intención de reducir los puntos de ebullición y minimizar la degradación térmica, incrementando la calidad del aceite esencial resultante (Puca et al., 2024).



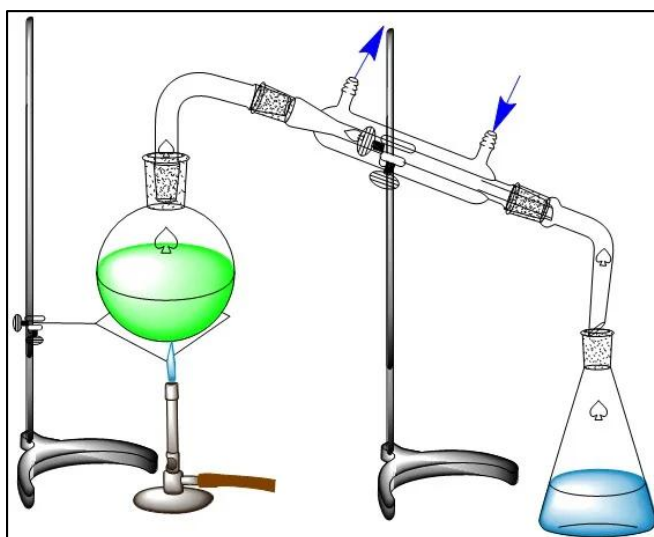
**Figura 2.** Método de destilación con vapor de agua

Fuente: (Puca et al., 2024)

La extracción con solventes volátiles o hidrodestilación (Figura 3), tal como se describe en Rotary Evaporation (2019), es una técnica especializada de laboratorio que permite la recuperación de aceites esenciales a bajas presiones y temperaturas moderadas. Este método es ideal para compuestos sensibles al calor. Utiliza un equipo rotatorio en el cual la muestra, mezclada con un solvente como etanol o éter, se calienta suavemente hasta que el solvente se

evapora. Posteriormente, se condensa y se recoge por separado, dejando el aceite esencial concentrado. Este procedimiento es particularmente útil para separar aceites esenciales de plantas con baja concentración de compuestos volátiles o de flores delicadas.

A pesar de los beneficios, este método deriva distintos riesgos que se relacionan con la toxicidad de algunos solventes, por lo cual, es importante que se empleen sustancias permitidas por normativas internacionales y desarrollar un proceso de purificación posterior. En el sector de los cosméticos, esta técnica se ha empleado para lograr obtener extractos exclusivos, sobre todo en perfumes de alta gama en el cual la complejidad aromática como un valor agregado (León et al., 2021).



**Figura 3.** Método de extracción con solventes volátiles

Fuente: (León et al., 2021)

El método de enfleurage (Figura 4), descrito también por Alvarado (2007), es una técnica tradicional empleada principalmente en la obtención de esencias florales de jazmín, rosa y tuberosa. En este método, los pétalos frescos se colocan sobre una grasa inodora que absorbe los aceites esenciales durante varios días. La grasa saturada se recoge y se somete a una extracción con alcohol para separar los aceites. Aunque es un método costoso y lento, permite preservar la fragancia natural con un alto grado de fidelidad, lo cual es altamente valorado en la

industria de la alta perfumería.

Cabe destacar que esta técnica, a pesar de que ha sido desplazada en gran medida por otros métodos más modernos y eficientes, todavía se emplea en laboratorios artesanales y en producciones limitadas, en las cuales se prioriza la calidad sensorial sobre la cantidad; además, de que su valor histórico y cultural ha motivado la conservación de este conocimiento tradicional, especialmente en regiones como Francia, la cual se considera como la cuna de la perfumería.

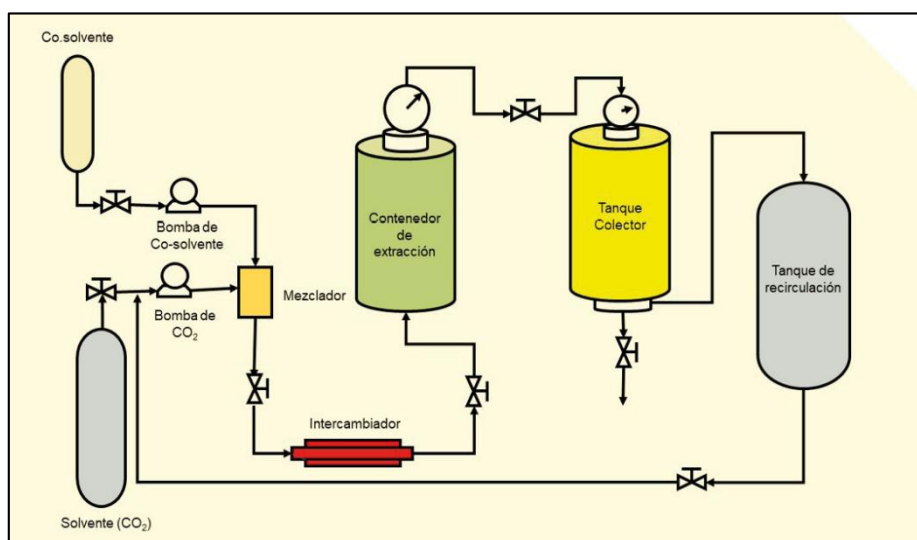


**Figura 4.** *Método de enfleurage*

Fuente: (Alvarado, 2007)

La extracción con fluidos supercríticos (Figura 5), ha ganado importancia en los últimos años por su eficiencia y bajo impacto ambiental. El uso de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) en estado supercrítico permite extraer compuestos aromáticos sin necesidad de elevadas temperaturas, lo cual es crucial para conservar la integridad de los componentes activos. Según Alvarado (2007), el  $\text{CO}_2$  supercrítico actúa como un solvente que atraviesa la matriz vegetal y arrastra los aceites esenciales. Luego, al disminuir la presión, el  $\text{CO}_2$  se separa fácilmente sin dejar residuos, lo cual es una ventaja significativa sobre los solventes orgánicos. Sin embargo, este método requiere equipos costosos, como bombas de alta presión y cámaras de extracción resistentes, lo que limita su uso a laboratorios o industrias especializadas.

Entre las ventajas adicionales que tiene este método, destaca la posibilidad de ajustar la presión para que se modifique a voluntad la solubilidad de los compuestos específicos, permitiendo que se obtengan fracciones particulares del aceite esencial, lo que abre la posibilidad de aplicarse en aspectos médicos de alta precisión, además, algunos estudios han demostrado que ciertos aceites extraídos con  $\text{CO}_2$ , tiene mayor actividad antimicrobiana en comparación con los aceites que se obtienen cuando se realiza destilación convencional (Cordova et al., 2020).

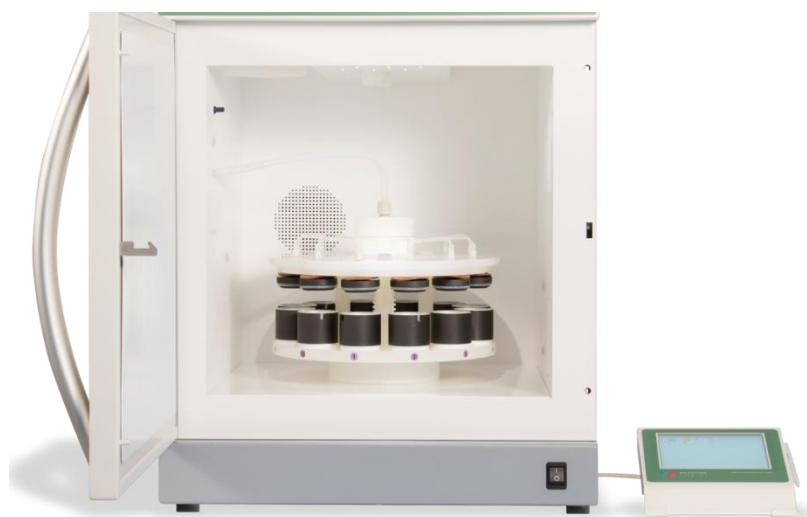


**Figura 5.** Método de extracción con fluidos supercríticos

Fuente: (Cordova et al., 2020)

La extracción por Arrastre de vapor asistida por microondas (Figura 6), ha sido reconocida como una técnica eco amigable emergente. De acuerdo con Torrenegra et al. (2015), este método permite una extracción más rápida, con menor consumo energético y mayor eficiencia en la recuperación de aceites esenciales. El procedimiento consiste en introducir el material vegetal en un horno microondas acoplado a un condensador y un sistema de recirculación de agua fría. Las microondas inducen la evaporación de los compuestos volátiles, que son arrastrados por el vapor y posteriormente condensados. Cardoso-Ugarte et al. (2013) señalan que ajustar parámetros como la potencia (70%-80%) y el tiempo (20-30 minutos) es clave para optimizar el rendimiento sin comprometer la calidad del aceite.

Adicionalmente, este método ha generado un gran interés que se relaciona a su adaptabilidad a pequeña escala, siendo una opción válida y viable para productores artesanales que buscan eficiencia sin tener que recurrir a tecnologías complejas, además de que, su bajo nivel de impacto ambiental lo convierten en una alternativa compatible con las políticas de producción sostenible que promueven distintas certificaciones como orgánicas o comercio justo (Torrenegra, et al, 2015).



**Figura 6.** *Método de extracción por arrastre de vapor asistida por microondas*

Fuente: (Torrenegra, et al, 2015)

La maceración (Figura 7), como expone López (2024), es un método útil para infundir aceites portadores con propiedades vegetales. Aunque no permite obtener el aceite esencial puro, sí es eficaz para preparar extractos aromáticos. El proceso consiste en sumergir el material vegetal, como flores o raíces, en un solvente como etanol durante un tiempo prolongado a temperaturas controladas entre 62 °C y 72 °C. Esta temperatura favorece la liberación de compuestos activos, aunque su exceso puede causar degradación. Un periodo de 30 minutos o más puede aumentar el rendimiento, pero también incrementa el riesgo de pérdida de compuestos volátiles.

Este método es particularmente popular en la fabricación de productos cosméticos

naturales, tales como aceites de masaje, bálsamos y tónicos. Ciertamente, a pesar de ser un método sencillo, la elección adecuada del disolvente y del tiempo de contacto son fundamentales para que se preserve el perfil químico deseado, considerando que la maceración representa una opción accesible y versátil, especialmente cuando se trata de emprendedores que inician en el sector de la cosmética vegetal o la herbolaria artesanal (López, 2024).



**Figura 7. Método de maceración**

Fuente: (López, 2024)

La elección del método de extracción adecuado depende no solo de la planta y la parte de la planta utilizada, sino también de los objetivos específicos del proceso y la aplicación final del aceite esencial. Por ejemplo, en la industria cosmética y farmacéutica, la pureza y preservación de compuestos sensibles son cruciales, por lo que se prefieren técnicas como la extracción con CO<sub>2</sub> supercrítico o la destilación por arrastre de vapor asistida por microondas. Por otro lado, para la producción a gran escala y con bajo costo, métodos tradicionales como la destilación por vapor o la expresión mecánica siguen siendo predominantes.

La planta *Matricaria chamomilla* (Figura 8), comúnmente conocida como manzanilla, es ampliamente valorada por sus propiedades farmacológicas, incluyendo efectos antiespasmódicos, antivirales y calmantes (Guerrero et al., 2020). Es una de las especies

aromáticas más cultivadas en Guatemala, representando el 2.68% de las exportaciones de productos aromáticos del país. Su aceite esencial es ampliamente utilizado en las industrias cosmética, alimentaria y farmacéutica. Además, posee una rica composición química que incluye óxido de bisabolol, camazuleno y farneseno, responsables de sus propiedades bioactivas. Investigaciones recientes también han sugerido su potencial en el tratamiento de trastornos inflamatorios y digestivos. La eficacia de su aceite depende del método de extracción, siendo los fluidos supercríticos uno de los más eficaces, aunque costosos, para preservar su perfil químico completo.

Estudios fitoquímicos avanzados han revelado que la manzanilla también contiene flavonoides como la apigenina, luteolina y quercetina, los cuales poseen efectos antioxidantes significativos, considerando que la combinación de estos compuestos ha demostrado sinergias terapéuticas, generalmente en el alivio del síndrome de colon irritable, la ansiedad y afecciones de tipo dermatológica. En relación a los productos cosméticos, se ha evidenciado su capacidad para reducir irritaciones cutáneas, siendo empleada para la creación de cremas, lociones y champús naturales; por otro lado, el uso tradicional de la manzanilla como infusión continúa siendo uno de los más populares a nivel mundial, especialmente por su facilidad de preparación y baja toxicidad. Así también, en el ámbito agrícola, se han realizado investigaciones sobre el uso como bio-estimulante y repelente de insectos, lo que amplía su valor económico como cultivo de rotación o en sistemas agroecológicos (Meneses et al., 2020).



**Figura 8.** *Planta matricaria chamomilla*

Fuente: (Meneses et al., 2020)

*Mentha piperita* o menta es una especie herbácea de la familia *Lamiaceae*, reconocida por su aroma fresco y su alto contenido de mentol. Como señalan Domínguez (2024) y Vieyra et al. (2023), esta planta posee aplicaciones en la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antivirales. India es el principal país exportador de su aceite esencial, representando el 38.48% del comercio global según Piñeta (2020). Su aceite esencial también es empleado como repelente natural de insectos y en formulaciones para aliviar dolores musculares y cefaleas, reforzando su valor económico y terapéutico.

La menta de igual manera se cultiva de forma exitosa en climas templados y húmedos, a pesar de que su rendimiento óptimo depende de factores como la altitud, luminosidad y contenido del suelo. Las hojas frescas contienen mentona, isomentona y eucaliptol, componentes que logran potenciar el efecto refrescante de esta, además, recientemente, la nanotecnología ha facilitado el desarrollo de micro emulsiones con aceite de menta, logrando mejoras en su estabilidad y absorción de productos farmacéuticos y cosméticos. Por otra parte, en fitoterapia, se han documentado su utilidad en el tratamiento del síndrome de intestino irritable, migrañas

tensionales y cuadros gripales; mientras que a nivel industrial, la menta es empleada como saborizante en chicles, pastas dentales, enjuagues bucales y productos de higiene, adicionalmente, se está explorando su uso como componente natural en recubrimientos alimentarios activos, extendiendo la vida útil de frutas y vegetales mediante la inhibición de microorganismos (Domínguez, 2024).

*Ruta graveolens*, o ruda como se observa en la (Figura 9) es una hierba perenne cuyas hojas contienen compuestos como 2-undecanona y cineol. Esta planta ha sido utilizada tradicionalmente en tratamientos de la diabetes mellitus, y su aceite esencial ha demostrado actividades antimicrobianas notables (Fernandez & Reascos, 2022). México y Ecuador, particularmente la provincia de Cotopaxi, se destacan por la calidad de esta planta (Véliz et al., 2019), aunque no se cuenta con datos precisos sobre su rendimiento de extracción. La ruda también ha sido objeto de estudios etnobotánicas por su uso en rituales tradicionales y su capacidad de repeler insectos, lo que ha incentivado su inclusión en programas de manejo integrado de plagas.

Más allá de su utilidad farmacológica, la ruda contiene compuestos con actividad alelopática, lo que la convierte en una planta útil para controlar malezas de manera natural. En la medicina ancestral andina, se le atribuyen propiedades protectoras espirituales, y su cultivo se asocia a prácticas de curanderismo y medicina alternativa, debido a la presencia de flavonoides como la rutina contribuye a sus efectos antiinflamatorios y vaso protectores, siendo objeto de estudios sobre hipertensión y circulación sanguínea; sin embargo, su aceite debe ser utilizado con precaución, ya que en dosis elevadas puede presentar efectos tóxicos. En cosmética, se ha incorporado en formulaciones para el tratamiento de pieles con tendencia acnecica y como desodorante natural por su aroma fuerte y propiedades bactericidas. Y desde el punto de vista ecológico, su resistencia a plagas la convierte en una opción ideal para cultivos orgánicos diversificados (Fernández y Reascos, 2022).



**Figura 9.** *Planta ruta graveolens*

Fuente: (Fernández y Reascos, 2022)

El *Allium sativum*, conocido como ajo, es una planta de la familia Amaryllidaceae como se muestra en la (Figura 10) con fuerte presencia en la cocina y la medicina tradicional por sus propiedades antibacterianas y antifúngicas. Según Luján et al. (2010), y Enríquez et al. (2022), representa el 30% del aceite esencial extraído a nivel mundial. Es común en la región amazónica de Ecuador, así como en Colombia y Venezuela. Su composición incluye alicina, ajoeno y otros compuestos sulfurados con gran potencial en el control de hongos fitopatógenos. A nivel experimental, se han desarrollado formulaciones con ajo para el tratamiento de enfermedades respiratorias y como complemento en terapias antivirales, dado su perfil de bajo impacto ambiental y buena biodegradabilidad.

Investigaciones recientes como la desarrollada por Guillamón (2020), han demostrado que la alicina tiene efectos quimiopreventivos en diversos tipos de cáncer, especialmente gástrico y colorectal, al inducir apoptosis celular. En agricultura, los extractos de ajo se están utilizando como biofungicidas para combatir mildiu y oídio en cultivos como la vid y la papa. En la industria alimentaria, el ajo se incorpora como ingrediente funcional en aceites comestibles, aderezos y suplementos nutricionales, además, su aceite esencial ha sido encapsulado en polímeros

biodegradables para su liberación controlada en ambientes agrícolas o como aditivo en empaques activos. Su adaptabilidad climática lo convierte en un cultivo estratégico, con ciclos cortos de producción y alta demanda en mercados étnicos y gourmet, por lo cual, se está evaluando el potencial del ajo negro, fermentado a altas temperaturas, como una fuente enriquecida de compuestos bioactivos con alta estabilidad y sabor dulce.



**Figura 10.** *Planta allium sativum*

Fuente: (Guillamón, 2020)

Por último, *Capsicum Baccatum*, o ají, es una especie originaria de Perú, donde existen más de 30 variedades, aunque no todas están documentadas formalmente (Trujillo, 2021). Además de su uso culinario, este fruto contiene capsaicina, un compuesto con propiedades insecticidas, antioxidantes y antivirales. A nivel global, México es el principal exportador de su aceite esencial, representando el 3% del mercado (Mendoza, 2006). Debido a su amplio potencial, el ají está siendo cada vez más estudiado en aplicaciones biocidas, cosméticas y farmacéuticas. Estudios recientes apuntan a su efecto repelente en plagas agrícolas y a su posible acción como coadyuvante en productos dermatológicos. Asimismo, la capacidad de los capsaicinoides para inducir apoptosis en células cancerosas ha motivado investigaciones

farmacológicas en fase inicial.

El ají como se muestra en la (Figura 11) es también un objeto de estudio en el campo de la neurociencia, ya que la capsaicina actúa sobre los receptores TRPV1, relacionados con la percepción del dolor. Esta interacción ha sido explotada en la formulación de parches analgésicos de uso tópico para el tratamiento de neuropatías. Desde la perspectiva de la biotecnología vegetal, se están desarrollando cultivos de *Capsicum* con mayor concentración de capsaicinoides mediante técnicas de selección asistida por marcadores moleculares, además, los extractos de ají han mostrado propiedades antimicrobianas frente a cepas resistentes a antibióticos convencionales, posicionándolo como una alternativa natural frente a la creciente amenaza de la resistencia bacteriana. Su inclusión en productos cosméticos como geles reductores y cremas estimulantes circulatorias lo convierte en un ingrediente versátil y también destaca por su capacidad para mejorar el metabolismo y regular los niveles de glucosa, lo que ha generado interés en su uso como suplemento dietético en pacientes con obesidad o diabetes tipo II (Trujillo, 2021).



**Figura 11.** *Planta capsicum baccatum*

Fuente: (Trujillo, 2021)

Además de las propiedades químicas y farmacológicas, la sostenibilidad en la producción

de aceites esenciales es un aspecto que cobra cada vez más relevancia. La extracción responsable, que considera el impacto ambiental y social, incluye la selección cuidadosa de fuentes vegetales, la implementación de técnicas que minimicen el uso de recursos y la valorización de subproductos generados durante la producción. Estos aspectos no solo contribuyen a la conservación de la biodiversidad, sino que también mejoran la aceptación de estos productos en mercados internacionales exigentes.

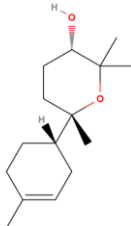
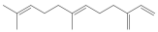
Así, cada método de extracción ofrece ventajas y desventajas que deben ser evaluadas en función del tipo de planta, el compuesto de interés, la viabilidad económica y los objetivos del producto final. Es importante continuar con investigaciones que permitan estandarizar los procesos, optimizar rendimientos y garantizar la estabilidad de los compuestos activos. Además, la integración de estos aceites esenciales en prácticas agrícolas sostenibles y en productos naturales representa una vía prometedora para reemplazar agentes químicos nocivos, reducir impactos ambientales y promover alternativas más saludables en múltiples industrias.

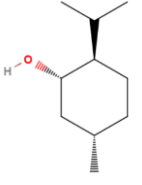
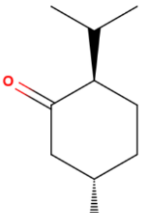
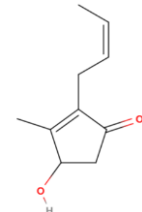
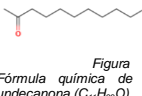
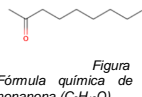
### 5.3 Perfil fitoquímico de especies vegetales

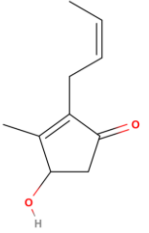
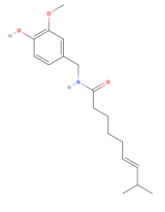
La información resume cinco plantas aromáticas y medicinales relevantes: *Matricaria chamomilla* (manzanilla), *Mentha piperita* (menta), *Ruta graveolens* (ruda), *Allium sativum* (ajo) y *Capsicum baccatum* (ají). Estas especies pertenecen a diferentes familias botánicas (*Asteraceae*, *Lamiaceae*, *rutaceae*, *Amaryllidaceae* y *Solanaceae*) y han sido ampliamente estudiadas por su contenido en aceites esenciales y compuestos bioactivos con propiedades terapéuticas, pesticidas y farmacológicas, tal como se muestra en la tabla a continuación:

*Tabla 1 Métodos de extracción, rendimiento, composición química de compuestos bioactivos y actividades biológicas del aceite esencial de Matricaria chamomilla (Manzanilla), Mentha piperita (Menta), Allium sativum Ruta*

*graveolens* (Ruda), *Allium sativum* (Ajo) y *Capsicum baccatum* (Ají)

Nombre Científico	NOMBRE COMÚN	Familia	Tipo de extracción	% de rendimiento	Plaga/s	Dosis	Compuestos bioactivos	Estructura de los principales compuestos bioactivos	Referencias
<i>Matricaria chamomilla</i>	Manzanilla	Asteraceae	destilación con arrastre de vapor maceración hidrodestilación solvente orgánico fluidos supercríticos	0.046 % 0.05 % 0.34 % 0.31 % 0.87 %	amastigotes intracelulares (parásitos) células mamíferas (ratas, ratones) Anfotericina B (hongos)	Concentración de 2.87 y 10.30 µg/mL  Concentración CL <sub>50</sub> de 30.21 µg/mL  L <sub>50</sub> de 31.39 µg/mL	enindicioéter, β-farneseno, óxido de bisabolol, cineol, linaol, terpineol, borneol, pulegona, chamazuleno, cariofileno, farneseno y nerolidol	 <p>Figura 12 Fórmula química del óxido de bisabolol (C<sub>15</sub>H<sub>22</sub>O<sub>2</sub>)</p>  <p>Figura 13 Fórmula química del farneseno (C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>)</p>	(Qriselda et., al 1984)  (Guerrero et., al 2020)

<i>Mentha piperita</i>	Mentha	Lamiaceae	hidrodestilación fluidos supercríticos (CO <sub>2</sub> ) arrastre de vapor por microondas	0.065 % 0.8 % 1.0 %	microorganismos metabolitos (hongos, insectos)	Concentración L <sub>50</sub> de 71.36 µg/mL Concentración L <sub>50</sub> = 11.25 µg/mL	mentol, mentona, acetato de mentilo, cinerol, carvona, pino, limoneno, timolico o valerianico	 <p>Figura 14 Fórmula química del mentol (C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O)</p>  <p>Figura 15 Fórmula química de la mentona (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O)</p>  <p>Figura 16 Fórmula química del cinerol (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O<sub>3</sub>)</p>	(Articabio, 2025) (Vieyra et., al 2023) (Aguila, 2020)
<i>Ruta graveolens</i>	Rudra	Rutaceae	hidrodestilación destilación por arrastre de vapor enfleurage supercrítico	0.3 % 0.14% 0.15% 0.11 %	An.quadrimalatus (mosquitos) Ae. aegypti (virus) Cx. Quinquifasciatus (virus)	CL <sub>50</sub> de 1.8 µg/mL L <sub>50</sub> de 1.76 µg/mL L <sub>50</sub> de 136 µg/mL	(2-undecano na y nonanona) , cineol, pineno, limoneno, etil éster de ácido hexadecanoico	 <p>Figura 17 Fórmula química de 2-undecanona (C<sub>11</sub>H<sub>22</sub>O)</p>  <p>Figura 18 Fórmula química de 2-nonanona (C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>O)</p>	(Pino et al., 2014) (Fernandez & Reascos, 2022) (Ochoa et.al 2017).

<p><i>Allium Sativum</i></p>	<p>Ajo</p>	<p>Amryllidaceae</p>	<p>ultrasonido arrastre de vapor hidrodestilación</p>	<p>0.2 % 0.3 % 0.8 %</p>	<p>hongos</p>	<p>L<sub>50</sub> de 4.37 mg</p>	<p>33 compuestos sulfurados, entre ellos: alíina, alicina, alixina, ajoeno, trisulfuro, disulfuro de dialilo y trisulfuro de metilalilo</p>	 <p>Figura 19 Fórmula química del trisulfuro de dialilo (C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>S<sub>3</sub>)</p>	<p>(Muy-Rangel et., 2017). (Enriquez et. al 2022)</p>
<p><i>Capicum baccatum</i></p>	<p>Ají</p>	<p>Solanaceae</p>	<p>maceración hidrodestilación</p>	<p>0.3 % 0.2 %</p>	<p>hongos e insectos</p>	<p>Concentración L<sub>50</sub> de 1.0 µg/mL</p>	<p>amidas denominadas capsaicinas, compuestos fenólicos como: luteolina, catequina y ácidos fenólicos como: ácido gálico, cumárico</p>	 <p>Figura 20 de Fórmula química capsaicinoides (C<sub>18</sub>H<sub>27</sub>NO<sub>3</sub>)</p>	<p>(Conde et al., 2021) (Salazar, 2020)</p>

De acuerdo a la información presentada, el tipo de extracción utilizado en la obtención de aceites esenciales es determinante en la calidad, rendimiento y estabilidad de los compuestos bioactivos obtenidos. En el caso de la *Matricaria chamomilla*, esta especie presenta una gran variedad de métodos de extracción, incluyendo destilación con arrastre de vapor, maceración, hidrodestilación, extracción con solventes orgánicos y fluidos supercríticos, siendo el método más eficiente el de fluidos supercríticos, con un rendimiento del 0.87 %, lo que indica una buena capacidad de recuperación de compuestos volátiles sin degradarlos.

En relación a la *Mentha piperita*, en esta planta, los métodos empleados incluyen la hidrodestilación, fluidos supercríticos y arrastre de vapor asistido por microondas. Esta última tecnología es destacable por su eficiencia y sostenibilidad, permitiendo alcanzar rendimientos de hasta 1.0 %, superiores al promedio, lo cual la convierte en una de las especies más productivas.

Así también, en el caso de *Ruta graveolens*, esta planta fue sometida a procesos como la hidrodestilación, el enfleurage, la destilación por arrastre y los fluidos supercríticos, con rendimientos más bajos (entre 0.11 % y 0.3 %), valores que, aunque modestos, deben ser interpretados considerando la alta potencia bioactiva de sus compuestos, que compensa su bajo rendimiento en términos de eficacia. La *Allium sativum*, se ha extraído mediante métodos como ultrasonido, arrastre de vapor e hidrodestilación, con un rendimiento de hasta 0.8 %, destacando la técnica por ultrasonido debido a su capacidad de mantener la integridad de compuestos sulfurados, que son muy sensibles a la temperatura.

En el caso de la *Capsicum baccatum*, extraído por maceración e hidrodestilación, presentó rendimientos menores, de entre 0.2 % y 0.3 %; sin embargo, la concentración de capsaicinoides y compuestos fenólicos es lo suficientemente significativa como para otorgarle valor agregado en diversas industrias.

Por tanto, comparativamente en términos de eficiencia, *Mentha piperita* y *Matricaria chamomilla* encabezan la lista, mientras que *Capsicum baccatum* y *Ruta graveolens* requieren

mayores volúmenes de materia vegetal por unidad de aceite, lo cual puede limitar su escalabilidad sin tecnologías avanzadas.

También se presentan los compuestos bioactivos: composición química y estructuras, en las cuales se destaca el valor terapéutico y funcional de estas plantas radica en la diversidad y especificidad de sus compuestos bioactivos.

La manzanilla, por su parte, contiene una combinación rica en sesquiterpenos y éteres cíclicos como el óxido de bisabolol ( $C_{15}H_{26}O_2$ ) como se muestra en la (Figura 12), farneseno y camazuleno, estas moléculas han sido ampliamente documentadas por su actividad antiinflamatoria, calmante y cicatrizante, además, el cineol y el borneol también aportan efectos antisépticos y descongestionantes.

La menta, muestra que entre sus principales principios activos destacan el mentol ( $C_{10}H_{20}O$ ), la mentona ( $C_{10}H_{18}O$ ) y el cinerol ( $C_{12}H_{18}O_3$ ), estos compuestos terpénicos poseen acción analgésica, mucolítica y antiséptica, lo que justifica su aplicación en jarabes, pomadas y bálsamos respiratorios. Asimismo, la ruda produce cetonas alifáticas como la 2-undecanona ( $C_{11}H_{22}O$ ) y la 2-nonanona ( $C_9H_{18}O$ ), con alta toxicidad para insectos. El cineol, limoneno y ésteres etílicos le aportan actividad antiviral y repelente y su estructura química favorece la volatilidad y permeabilidad en membranas celulares.

De igual forma, el ajo contiene hasta 33 compuestos sulfurados, como la alicina, ajoeno, trisulfuro de dialilo ( $C_6H_{10}S_3$ ), disulfuro de dialilo y metil-alilo, mientras que su mecanismo de acción está relacionado con la inhibición enzimática de microorganismos patógenos y la estimulación del sistema inmune y finalmente el ají posee capsaicinoides, como la capsaicina ( $C_{18}H_{27}NO_3$ ), junto con fenólicos como el ácido gálico, la luteolina y la catequina, actúan como antioxidantes potentes, por lo cual, su estructura permite interacciones con receptores TRPV1, responsables de la percepción del calor y del dolor.

En este sentido, las estructuras presentadas revelan una rica diversidad de familias químicas: desde monoterpenos oxigenados hasta compuestos fenólicos y sulfurados, diversidad

que es clave para su aplicabilidad múltiple y sinérgica.

Con respecto a la actividad biológica y toxicidad, los valores de  $CL_{50}$  y  $CE_{50}$  permiten estimar la potencia biológica de los aceites y extractos, ya que, cuanto más bajo es el valor, mayor es la toxicidad o efectividad frente a un organismo objetivo.

En relación a la eficacia contra plagas y patógenos, la *Ruta graveolens* muestra una toxicidad excepcional con  $CL_{50}$  de 1.76  $\mu\text{g/mL}$  contra mosquitos como *Aedes aegypti*, vectores de enfermedades virales, mientras que *Capsicum baccatum* presenta  $CL_{50}$  de 1.0  $\mu\text{g/mL}$  frente a hongos e insectos, lo que la convierte en una excelente opción como bioinsecticida y antifúngico. De igual manera, la *Matricaria chamomilla* también destaca con  $CE_{50}$  de 2.87  $\mu\text{g/mL}$  frente a amastigotes intracelulares, implicando actividad leishmanicida potencial.

En torno a la toxicidad celular, el aceite de *Mentha piperita* mostró  $CL_{50}$  de 11.25  $\mu\text{g/mL}$ , indicativo de una acción fuerte pero moderadamente segura en formulaciones humanas, mientras que *Allium sativum*, con un  $CL_{50}$  de 4.37 mg (4370  $\mu\text{g/mL}$ ), es considerablemente menos tóxico en comparación, pero útil en tratamientos crónicos y preventivos por su alta selectividad y baja toxicidad en humanos.

Por tanto, la toxicidad selectiva de algunas especies, como la ruda y el ají, abre posibilidades para sustituir agroquímicos sintéticos. En cambio, especies como el ajo pueden ser empleadas con mayor seguridad en terapias humanas.

Con relación a las aplicaciones industriales, terapéuticas y ecológicas, en la cosmética y cuidado personal el aceite de manzanilla es usado en lociones calmantes, cremas para pieles sensibles y champús para cuero cabelludo irritado, mientras que el mentol de la menta es insustituible en productos de higiene bucal, bálsamos labiales y geles musculares y la capsaicina se incorpora en cremas analgésicas de liberación lenta.

En la medicina natural y fitoterapia, el *Allium sativum* es recetado por sus propiedades hipocolesterolémicas, antimicrobianas y antivirales, mientras que la *Ruta graveolens* se usa para mejorar la circulación y aliviar espasmos musculares, aunque debe manejarse con precaución, y

la *Mentha piperita* se indica en terapias para síndrome del colon irritable, dispepsia funcional y cefaleas.

En aplicaciones de Agroecología y control biológico, los extractos de ajo, ruda y ají se investigan como biopesticidas y biofungicidas en cultivos como tomate, pimiento y vid, además de que, la inclusión de estas especies en cultivos asociados o barreras vivas reduce la incidencia de plagas sin recurrir a agroquímicos.

En las aplicaciones alimentarias, la menta y ajo son ampliamente usados como saborizantes naturales, mientras que los extractos de manzanilla y ají se aplican en recubrimientos comestibles y productos nutracéuticos.

En torno a ello, se establece que las especies estudiadas presentan un alto valor terapéutico, agroecológico e industrial, cada una con fortalezas distintas, ya que la menta es la más eficiente en términos de rendimiento y versatilidad industrial, mientras que la ruda y el ají presentan los compuestos más potentes frente a plagas e insectos. El ajo, aunque con menor toxicidad directa, es uno de los más completos en acción antimicrobiana y la manzanilla, con su compleja composición, destaca en el área de cosméticos y productos dermatológicos. Por lo que, la consolidación de estas especies como insumos industriales requiere inversión en tecnologías de extracción limpias, investigación fitoquímica continua y regulación de calidad para mercados exigentes.

#### **5.4 Discusión**

En la *Tabla 1* se observa que los principales componentes identificados en el aceite esencial de *Matricaria chamomilla* (manzanilla) de la familia de Asteraceae fueron, enindicloéter, el  $\beta$ -farneseno y el óxido de bisabolol, cineol, linaol, terpineol, borneol, pulegona, chamazuleno, cariofileno, farneseno, nerolidol (Qriselda et.,al 1984) de los cuales los principales compuestos como: óxido de bisabolol se encuentra en un 52% del aceite esencial cuya estructura química se

presenta en la (Figura 12) , farneseno con un 10% y finalmente  $\beta$ -farneseno con su estructura de la (Figura 13) con un 2.5% (Qriselda et.,al 1984) Así mismo, se determinó que el aceite esencial de esta planta presenta una actividad antioxidante destacada, siendo superior a la de otras especies aromáticas como: el cedrón y orégano. (Guerrero et.,al 2020). Sus compuestos pueden combatir plagas como; amastigotes intracelulares (parásitos), células mamíferas (ratas, ratones), anfotericina B (hongos), los cuales se deben encontrar a concentración de ( $CE_{50}$  de 2.87 y 10.30  $\mu\text{g}/\text{ml}$ ,  $CL_{50}$  de 30.21  $\mu\text{g}/\text{mL}$  y  $CL_{50}$  de 31.39  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) respectivamente.

El mecanismo de acción de los compuestos activos de la manzanilla ha sido objeto de diversos estudios. El óxido de bisabolol, por ejemplo, posee una notable capacidad para modular procesos inflamatorios mediante la inhibición de mediadores proinflamatorios como las prostaglandinas y el óxido nítrico; asimismo, el chamazuleno ha demostrado un efecto antioxidante significativo, gracias a su capacidad para neutralizar radicales libres, lo que le otorga potencial terapéutico en enfermedades crónicas relacionadas con el estrés oxidativo. En la industria cosmética, estos compuestos son empleados en formulaciones de cremas calmantes, lociones antialérgicas y productos para piel sensible. Además, en la medicina natural se utilizan infusiones y extractos de manzanilla como coadyuvantes en el tratamiento de problemas gastrointestinales y alteraciones del sistema nervioso central como la ansiedad y el insomnio.

Para extraer este aceite esencial se pueden utilizar varios métodos como: destilación con arrastre de vapor, maceración, hidrodestilación, solvente orgánico y fluidos supercríticos, en los cuales se verificó el porcentaje de rendimiento de cada uno de ellos obteniendo (0.046 %, 0.05 %, 0.34 %, 0.31 % y 0.87 %) respectivamente, por lo cual se considera que el mejor método para realizar dicha extracción es por fluidos supercríticos, sin embargo, existen desventajas que se deben tomar en cuenta como que requiere equipos costosos y capaces de trabajar a altas presiones por lo cual la segunda opción podría ser la hidrodestilación por su porcentaje de rendimiento llegando casi al porcentaje deseado.

A nivel comercial, la manzanilla también representa una oportunidad para países

productores como Ecuador, donde su cultivo puede adaptarse a diversas altitudes y climas templados, pues la estandarización de procesos de cosecha, secado y extracción permitiría obtener productos de mayor valor agregado, especialmente si se cuenta con certificaciones orgánicas o de comercio justo; además, la integración de cooperativas campesinas en la cadena de valor podría fortalecer el desarrollo local y la sostenibilidad del cultivo.

La *Mentha piperita* o (menta) de la familia de Lamiaceae, como se menciona en la *Tabla 1* es una planta aromática rica en compuestos activos tales como: mentol, mentona, acetato de mentilo, cinerol, carnona, pineo, limoneno, timolyácido veleriano (Articabio, 2025), cuyos compuestos principales constituyentes a identificar principalmente de 30% a 50% de mentol con su respectiva estructura química de la (Figura 14), mentona de 15% a 30% con su estructura en la (Figura 15) y cinerol de 2.5% a 10% con su estructura en la (Figura 16) (Meloni et al.,2019).

El mentol, principal compuesto de la menta, actúa como analgésico tópico y descongestionante nasal, pues su acción refrescante es atribuida a la activación del receptor TRPM8, lo que explica su amplio uso en pastillas para la garganta, ungüentos y productos de higiene bucal; además, estudios recientes han demostrado que el aceite esencial de *Mentha piperita* tiene propiedades repelentes de insectos, similar a la DEET, pero con menor toxicidad. En el ámbito agrícola, se ha evaluado su potencial como biofungicida y pesticida natural en cultivos de hortalizas.

Esto ayuda para que pueda combatir plagas como: microorganismos y metabolitos (hongos, insectos) siempre y cuando se encuentren a la dosis correcta, las cuales son: concentración (CL<sub>50</sub> de 71.36 µg/mL y CL<sub>50</sub> = 11.25 µg/mL) respectivamente. Para obtener este aceite esencial se puede hacerlo con diferentes métodos de extracción tales como: hidrodestilación, fluidos supercrítico (CO<sub>2</sub>) y arrastre de vapor por microondas, con los cuales se identificó porcentajes de rendimiento de (0.065 %, 0.8 % y 1.0 %) respectivamente, por lo que el mejor método es el de arrastre de vapor asistida por microondas ya que se obtiene el rendimiento deseado, además esta técnica es reconocida por mejorar la calidad de los aceites esenciales,

disminuir el uso de solventes y, en consecuencia, reducir tanto la contaminación ambiental como los costos asociados a la recuperación del producto final (Torrenegra et al., 2015).

Este método tiene, además, la ventaja de mantener la integridad de compuestos termolábiles, aumentar la velocidad del proceso y permitir un mayor control de variables como temperatura y presión, lo que se traduce en extractos más homogéneos, siendo especialmente útil en la industria farmacéutica donde la uniformidad de los lotes es fundamental para el desarrollo de formulaciones con eficacia garantizada.

En los extractos de *Ruta graveolens* o ruda perteneciente a la familia de *rutaceae*, se ha identificado la presencia de cetonas alifáticas como se ve en la *Tabla 1*, (2-undecanona y nonanona) cineol, pineno, limoneno etil éster de ácido hexadecanoico los componentes que predominaron son las cetonas alifáticas; las de mayor abundancia relativa fueron 2-undecanona (35 %) con su estructura que se observa en la (Figura 17) y 2-nonanona (25%) como se muestra en la (Figura 18).

La ruda ha sido ampliamente utilizada en la medicina tradicional de América Latina, especialmente por sus efectos emenagogos, antiespasmódicos y antisépticos, sin embargo, algunos de sus componentes, como la 2-undecanona, presentan una toxicidad moderada en altas concentraciones, lo que obliga a un uso controlado. De igual forma, su capacidad para repeler insectos ha sido validada en estudios de campo, donde se ha observado una disminución en la presencia de mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue y la malaria, razón por la cual, se ha considerado como parte de estrategias de manejo integrado de plagas en zonas tropicales.

En la composición del aceite de ruda prevalecen los compuestos oxigenados y las propiedades antimicrobianas (Pino et al., 2014), por lo cual puede combatir a distintas plagas como: *an.quadrimaculatus* (mosquitos), *ae. aegypti* (virus) y *cx. quinquefasciatus* (virus) si se encuentra a las dosis adecuadas como: concentración ( $CL_{50}$  de 1.8  $\mu\text{g/mL}$ ,  $CL_{50}$  de 1.76  $\mu\text{g/mL}$  y  $CL_{50}$  de 136  $\mu\text{g/mL}$ ). Para poder extraer este aceite se puede hacer a través de varios métodos

tales como: hidrodestilación, destilación por arrastre de vapor, enfleurage y fluidos supercrítico, sin embargo, existen diferencias en el porcentaje de rendimiento, ya que se obtuvo (0.3 %, 0.14%, 0.15%, 0.11 %) para cada método por lo que el mejor método es la hidrodestilación por su mayor porcentaje de rendimiento sin embargo al ser tan bajo se pudo deber a las características de la planta, al igual que presenta ventajas como: su simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de diferente densidad (Chávez, 2007).

Cabe destacar que la calidad del aceite también puede estar influenciada por factores como la época de recolección y el estado fenológico de la planta, además se ha observado que la mayor concentración de cetonas se da cuando la planta se encuentra en floración completa, por lo que una cosecha mal programada puede afectar la eficacia del producto final. Así también, en estudios recientes se ha evidenciado el potencial de la ruda como agente antiviral, especialmente frente a virus de ARN como el Zika y el chikungunya, gracias a su capacidad de inhibir la replicación viral en las primeras etapas del ciclo infeccioso, propiedad que, combinada con su bajo costo de cultivo, la posiciona como una alternativa prometedora para el desarrollo de productos naturales en salud pública y medicina veterinaria.

El *Allium sativum* (ajo) de la familia de Amryllidaceae, como observa en la *Tabla 1* contiene 33 compuestos sulfurados, entre ellos: alíina, alicina, alixina, ajoeno, trisulfuro, disulfuro de dialilo y trisulfuro de metil alilo y entre sus principales compuestos se identifica el trisulfuro de dialilo con 37% como se puede observar en la (Figura 19), disulfuro de dialilo con 18% y trisulfuro de metil alilo (Muy-Rangel et., 2017).

La alicina es el compuesto más estudiado del ajo y se genera cuando se rompe la célula vegetal, activando la enzima alinasa. Este compuesto tiene un fuerte efecto bactericida y fungicida, y ha mostrado eficacia contra cepas resistentes a antibióticos como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, además, el ajo ha sido evaluado por sus propiedades anticancerígenas, debido a su capacidad para inducir apoptosis en células tumorales sin afectar las células sanas y es importante enfatizar que su aplicación en medicina alternativa incluye

tinturas, cápsulas, pomadas y extractos hidroalcohólicos.

Estos tienen la capacidad antifúngica y compuestos azufrados con actividad antimicrobiana con potencial para ser utilizados en el control de hongos, inhibiendo la germinación de esporas, crecimiento radial y la producción de biomasa (Muy-Rangel et., 2017) teniendo la dosis adecuada de concentración ( $CL_{50}$  de 4.37 mg), para obtener este aceite esencial se identificaron varios métodos como: ultrasonido, arrastre de vapor e hidrodestilación con los cuales se obtuvieron los siguientes porcentajes de rendimiento: (0.2 %, 0.3 % y 0.8 %) respectivamente, sin embargo, el método más adecuado por su alto porcentaje de rendimiento es la hidrodestilación, además de que este reduce el tiempo de extracción y el uso de solventes (Rojas, 2009).

Cabe destacar que el ajo también posee un importante rol en la agroindustria, ya que sus extractos han sido utilizados como biopesticidas naturales para controlar nematodos, bacterias del suelo y hongos como *Fusarium* y *Alternaria*. En algunos cultivos orgánicos, se emplea como tratamiento preventivo en forma de infusiones diluidas o bioformulados, además, se han realizado estudios sobre la encapsulación de extractos de ajo en matrices poliméricas para su liberación lenta y controlada, lo cual aumenta su eficacia y duración en el entorno agrícola.

Finalmente, el aceite esencial de *Capsicum Baccatum* o (ají) de la familia de Solanaceae, se utiliza como repelente debido a la liberación de una toxina (extracto etanólico) que también actúa como inhibidor de virus. Su acción se manifiesta al ser ingerido, reduciendo el apetito de los insectos por la actividad antioxidantes como se observa en la *Tabla 1* con la dosis de concentración  $CL_{50}$  de 29.08  $\mu\text{g}/\text{mL}$  al igual que los combate a los hongos, con la dosis de concentración  $CL_{50}$  de 1.0  $\mu\text{g}/\text{mL}$ . El fruto contiene una serie de amidas denominadas capsaicinoides, entre las cuales destaca la capsaicina (8-metil-N-vanillil-6-nonenamida) como se muestra en la (Figura 20), compuestos fenólicos como: luteolina, catequina y ácidos fenólicos como: ácido gálico, cumárico (Conde et al., 2021).

Ciertamente, la capsaicina es responsable de la sensación de picor característica del ají,

pero también posee propiedades bioactivas muy valiosas, puesto que actúa como agonista del receptor TRPV1, lo que le confiere efecto analgésico al inducir la desensibilización de terminaciones nerviosas. Por esta razón, se emplea en cremas para el tratamiento de neuralgias, artritis reumatoide y dolores musculares crónicos, además, investigaciones recientes han demostrado que este compuesto tiene un efecto apoptótico en células tumorales de próstata, mama y colon, lo que abre una nueva línea de investigación en oncología.

Además, se sabe que posee propiedades insecticidas, repelentes y antivirales (Salazar, 2020). Para esta extracción se pueden utilizar métodos como: maceración e hidrodestilación, se identificaron el porcentaje de rendimiento de (0.3% y 0.2%) respectivamente, los cuales son realmente bajos, esto puede deberse a la madurez del fruto o condiciones del cultivo (Conde et al., 2021), pero en este caso el método más óptimo es el de maceración la cual tiene como ventajas su simplicidad, bajo costo y la preservación de las propiedades de las plantas.

En cuanto a aplicaciones agrícolas, los extractos de ají se están utilizando en cultivos tropicales como control biológico de plagas como *Spodoptera frugiperda* y *Bemisia tabaci*, mediante pulverizaciones foliares o incorporación en biofermentos. En regiones andinas, el uso tradicional del ají como repelente en almacenamiento de granos ha sido reconocido por comunidades indígenas, quienes lo mezclan con ceniza o tierra para evitar infestaciones por gorgojos y otros insectos. Asimismo, se está explorando la combinación de capsaicinoides con otros compuestos botánicos para aumentar la eficacia sin generar resistencia en las plagas.

## 5.5 Resultados de cada aceite esencial y dosis recomendada

Tabla 2 Métodos y dosis recomendada para la extracción adecuada de los aceites esenciales de *Matricaria chamomilla* (Manzanilla), *Mentha piperita* (Menta), *Ruta graveolens* (Ruda), *Allium sativum* (Ajo) y *Capsicum baccatum* (Ají)

Especie	Tipo	de	Preparación	Dosis	Bibliografía
---------	------	----	-------------	-------	--------------

	<b>Extracción</b>		<b>recomendada</b>	
<i>Matricaria chamomilla</i>	fluidos supercríticos	140 g de manzanilla molida, CO <sub>2</sub> sumergido en (etilenglicol), almacenar en un vial de vidrio	20–30 gotas de aceite esencial de manzanilla, 20 gotas de jabón negro o Solubol, y completa con agua para 1L y se aplica cada 3 días.	(Guerrero et.al 2020) (Lamedada, 2024)
<i>Mentha piperita</i>	arrastre de vapor asistida por microondas	1 kg de menta (ramas pequeñas y follaje) molidas, disolvente hexano o propanol horno de microondas de 1000 W durante dos horas, filtrar al vacío, enfriado a 13	10-15 gotas de aceite esencial de menta, 40 gotas de jabón suave como emulsionante en 240 mL de agua y se aplica una o dos semanas.	(Castellanos, 2019) (Miller, 2024) (Jones, 2022)

		°C		
<i>Ruta graveolens</i>	hidrodestilación	1 kg de las hojas de ruda (trozadas), 6 L de agua con 80 min de calor moderado, secado con sulfato de sodio anhidro, filtración	0.65 mL de aceite esencial por 1L de agua, 20 gotas de jabón suave y se rocía durante 2 semanas cada 3 días.	(Apak, 2022) (Torres, 2014)
<i>Allium sativium</i>	hidrodestilación	200 g de hojas, flores y bulbos frescos de ajo, 1 L de agua, calentamiento durante 8 min a 80 °C, reposa 1 min, destilación, se deshidrata con 0.5 g de	5 gotas de aceite esencial por 300 mL de agua se añade finalmente 10 gotas de jabón líquido neutro y cada 3 días por una semana.	(López, 2016) (Johnstone, 2025)

		sulfato de sodio anhidro, filtrar y refrigerar a 4 °C.		
<i>Capsicum baccatum</i>	maceración	4 gramos de venas de ají, 30 mL de etanol como solvente, extracción por 25 horas a 60°C y agitación de 270 rpm.	1 mL de aceite esencial de ají por 1 L de agua, 10 gotas de jabón suave y se puede aplicar durante tres semanas, cada tres días.	(Uribe et. al 2019) (Gavilan, 2016)

Para llevar a cabo la extracción del aceite esencial de *Matricaria chamomilla*, como menciona Guerrero et al. (2020), se cargaron 140 g de flores secas de manzanilla molida en la columna del extractor. A continuación, el CO<sub>2</sub> circuló a través de un serpentín sumergido en etilenglicol refrigerado a 2 °C, de modo que permaneciera en fase líquida y no se gasificara. Empleando una bomba de alta presión, se elevó la presión del CO<sub>2</sub> entre 90 y 210 bar, mientras que la temperatura interna del extractor se reguló entre 35 y 65 °C. Una vez establecidas estas condiciones, se fijó un flujo continuo de 30 g de CO<sub>2</sub> por minuto durante 150 minutos para arrastrar los componentes oleosos de las flores. Esta técnica, conocida como extracción con fluidos supercríticos, permite obtener extractos más puros al evitar el uso de solventes orgánicos,

lo que resulta especialmente beneficioso en productos destinados a la agricultura ecológica. Finalizada la extracción, se despresurizó la unidad; el CO<sub>2</sub> se vaporizó y se evacuó al exterior, mientras que el aceite esencial se separó y se conservó en un vial de vidrio ámbar a 4 °C hasta su posterior caracterización.

Cabe destacar que el rendimiento obtenido bajo estas condiciones para *Matricaria chamomilla* fue de aproximadamente 0.87 %, lo cual indica una eficiencia notable en comparación con otros métodos tradicionales como la hidrodestilación. Este tipo de extracción no solo permite recuperar los compuestos más volátiles y termolábiles, sino que también conserva principios activos que podrían degradarse a altas temperaturas, lo que lo convierte en un método altamente competitivo en términos de calidad.

Antes de aplicar el aceite esencial de *Matricaria chamomilla*, debe diluirse para evitar dañar las plantas, como se menciona en la *Tabla 2*. Lo ideal es mezclar entre 20 y 30 gotas en un litro de agua, junto con un poco de jabón negro líquido orgánico para lograr una emulsión adecuada. Como alternativa al jabón, puede utilizarse Solubol, un dispersante 100 % natural, y siempre conviene hacer una prueba previa en una pequeña zona de la planta para comprobar la tolerancia foliar (Lameda, 2024). Esta prueba es esencial para evitar reacciones adversas como quemaduras o clorosis.

Se utiliza un kilogramo de ramas finas y hojas de *Mentha piperita* (menta), previamente trituradas, para extraer el aceite esencial. Como menciona Castellanos (2019), se emplean solventes de origen petroquímico como éter dietílico, ciclohexano, hexano, acetato de metilo o propanol. Estos disolventes permiten una extracción más completa de los compuestos lipófilos y terpenoides presentes en la menta. Los extractos obtenidos suelen presentar un color más oscuro debido a la disolución de pigmentos, y su solubilidad en alcoholes diluidos es reducida, aunque permiten recuperar numerosos compuestos aromáticos. A continuación, la mezcla de solvente y aceite esencial se somete a calentamiento en microondas de 1000 W durante dos horas; luego se filtra y se evapora por completo bajo presión atmosférica o al vacío, recuperando

los restos de solvente a baja temperatura, como se menciona en la *Tabla 2*. El producto resultante, de consistencia viscosa y con ceras, resinas y pigmentos, se purifica mediante extracciones sucesivas con alcohol, enfriamiento a 13 °C, filtrado y evaporación final del alcohol, obteniéndose así el aceite esencial limpio.

Se debe mezclar 20 gotas del aceite esencial de *Mentha piperita* con 40 gotas de jabón líquido de castilla en un pulverizador de vidrio de 120 mL. Deja reposar la mezcla unos minutos antes de añadir 240 mL de agua, agita bien y rocía el suelo alrededor de tus plantas. Se debe evitar aplicar directamente sobre insectos beneficiosos y no pulverizar en las horas de sol intenso o calor extremo. Es importante cubrir tanto el haz como el envés de las hojas, e incluso humedecer ligeramente la tierra circundante para maximizar el efecto repelente y antifúngico.

Para extraer el aceite esencial de *Ruta graveolens*, como menciona Torres (2014), se utiliza un kilogramo de hojas frescas, que se introducen en seis litros de agua, sometiéndolas a calor moderado durante ochenta minutos para mantener un flujo de condensación constante. Posteriormente, se aumenta la temperatura para generar un flujo rápido, facilitando la liberación del aceite esencial. Este se seca con sulfato de sodio anhidro y, tras filtrarlo, queda listo para los análisis posteriores. A continuación, se deposita 1 mL de este aceite en un vial, se cierra herméticamente y se deja reposar durante treinta minutos.

En cuanto a su aplicación, se recomienda utilizar 0.65 mL de aceite esencial de *Ruta graveolens* con veinte gotas de jabón suave que funciona como emulsionante (puede ser Castilla o Solubol). El rocío debe aplicarse durante una o dos semanas cada tres días, mencionado en la *Tabla 2*. y se recomienda probar primeramente en unas pocas hojas antes de tratar toda la planta o cultivo, como sugiere Apak (2022), debido a que algunas especies vegetales pueden ser más sensibles a los compuestos presentes en este aceite, particularmente las cumarinas y alcaloides.

Para obtener el aceite esencial de *Allium sativum* (ajo), como menciona López (2016), se emplean 200 g de material vegetal junto con 1 litro de agua destilada. Se aplica un calentamiento

durante ocho minutos, tras lo cual la muestra reposa por un minuto; la temperatura máxima registrada alcanza los 80 °C. Durante la destilación, se forma una emulsión de agua y aceite que se separa por decantación utilizando un aparato de Clevenger. El aceite esencial obtenido se recoge en un vial ámbar y se deshidrata añadiendo 0.5 g de sulfato de sodio anhidro, agitando la mezcla durante quince minutos; finalmente se filtra, se traslada a un frasco ámbar y se conserva a 4 °C hasta su uso.

Se debe aplicar cinco gotas del aceite esencial de ajo en 300 mL de agua y 10 gotas de jabón líquido neutro para mejorar la emulsión, como se menciona en la *Tabla 2*. Se rocía cada tres días por una semana, y se recomienda hacerlo en la noche para minimizar el riesgo de fototoxicidad. Además, es aconsejable aplicar inicialmente en unas pocas hojas durante 24 horas para descartar quemaduras u otros efectos indeseados (Johnstone, 2025). Este aceite es especialmente eficaz frente a plagas del suelo y hongos como *Phytophthora*.

Para obtener el aceite esencial de *Capsicum baccatum* (ají), como menciona Gavilán (2016), se deben pesar 4 g de venas de ají y extraer con 30 mL de etanol durante 25 horas a 60 °C con agitación a 270 rpm. Posteriormente, se realiza una re-extracción. El solvente se evapora a 40 °C bajo 500 mmHg, obteniéndose la oleoresina destinada al análisis, mencionado en la *Tabla 2*. Paralelamente, se compara la concentración de capsaicinoides en las distintas partes del fruto para identificar en cuál se encuentra la mayor cantidad y así optimizar la obtención del aceite esencial.

Finalmente, para la aplicación del aceite esencial de *Capsicum baccatum*, se usa una emulsión al 0.1 % (p/v), es decir, 1 mL de aceite por litro de agua. Se agregan 10 gotas de dispersante, que en este caso puede ser jabón suave. Se rocía cada tres días durante tres semanas, preferentemente en zonas con poca radiación (Uribe et al., 2019), ya que los compuestos fenólicos como los capsaicinoides pueden degradarse rápidamente bajo exposición directa a la luz UV.

## **6. CONCLUSIONES**

Los aceites esenciales presentan una amplia diversidad química y modos de acción que los convierten en biocidas naturales efectivos contra hongos, insectos y parásitos; su aplicación adecuada, basada en dosis y frecuencias precisas, garantiza un control significativo de plagas con menor impacto toxicológico que los plaguicidas sintéticos.

Los métodos de extracción más avanzados, fluidos supercríticos y microondas asistidos por vapor ofrecen mayor rendimiento y respetan mejor la integridad de los compuestos bioactivos, aunque su implementación a escala industrial requiere alta inversión; la hidrodestilación sigue siendo una alternativa viable por su equilibrio entre eficiencia y costo.

La integración de aceites de distintas especies (combinaciones sinérgicas) y el empleo de dispersantes naturales mejora la estabilidad de las emulsiones y potencia la acción biocida, abriendo posibilidades de formulaciones más eficaces y sostenibles.

Los resultados obtenidos indican que el rendimiento del aceite esencial varía significativamente según la especie vegetal y el método de extracción empleado. Por ejemplo, *Matricaria chamomilla* alcanzó un rendimiento del 0.87% mediante fluidos supercríticos, mientras que *Allium sativum* presentó un 0.8% mediante hidrodestilación. Estos valores reflejan la importancia de seleccionar no solo la planta con mayor potencial biocida, sino también la técnica de extracción más adecuada para maximizar la eficiencia del proceso.

Las dosis efectivas determinadas, expresadas como  $CL_{50}$  y  $CE_{50}$ , demuestran que compuestos como la alicina y los capsaicinoides pueden actuar con gran potencia a concentraciones relativamente bajas. En algunos estudios, las dosis letales medianas se encontraron por debajo de 100  $\mu\text{g/mL}$ , lo que evidencia una alta eficacia contra plagas específicas. Esta potencia permite reducir el volumen de aplicación, disminuyendo costos y el impacto ambiental.

## 7. RECOMENDACIONES

Realizar pruebas piloto en condiciones controladas para ajustar concentraciones

específicas y detectar posibles fitotoxicidades antes de la aplicación masiva, asegurando un protocolo seguro y efectivo para cada cultivo.

Promover la adopción de métodos de extracción ecoamigables (fluido supercrítico o microondas) en cooperativas y pequeñas industrias, mediante incentivos o asociaciones público-privadas que faciliten el acceso a la tecnología.

Desarrollar formulaciones comerciales que combinen aceites esenciales con dispersantes naturales e ingredientes sinérgicos, además de estudiar encapsulaciones que prolonguen la liberación de los compuestos activos y reduzcan la frecuencia de aplicación.

Se recomienda realizar estudios complementarios sobre la estabilidad de los aceites esenciales en formulaciones comerciales, especialmente en condiciones ambientales adversas (temperatura, luz solar, humedad), para asegurar una aplicación eficaz en campo y mantener sus propiedades biocidas durante el almacenamiento.

Es aconsejable fomentar programas de capacitación técnica para agricultores y productores en el uso seguro y adecuado de aceites esenciales, incluyendo temas como formulación, dosificación y aplicación foliar, promoviendo así una transición efectiva hacia métodos de control de plagas más sostenibles y responsables.

## **8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Aguila-Muñoz, D. G., Sarmiento-Tlale, E., & Jiménez-Montejo, F. E. (2022). meNta: uNa PlaNta

meNta: uNa PlaNta.

Alvarado, G. (2007). Determinación del rendimiento del aceite esencial de las flores de manzanilla (*matricaria recutita* L.) En función de la altura sobre el nivel del mar en que está cultivada, aplicando el método de extracción por arrastre con vapor a nivel laboratorio. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Álvarez, M. R., Meléndez, L. A., & Cosío, S. M. R. (2012). PROCEDIMIENTOS PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN PLANTAS AROMÁTICAS. *PROYECTO SAGARPA-CONACYT 126183, 1*.

Articabio. (2025, 3 marzo). *Aceite esencial de Menta Piperita. El más refrescante*. Ártica BioCosmética. <https://articabio.es/blog/aceite-esencial-de-menta-piperita-el-mas-refrescante/>

Apak, F. K., & Özdemir, H. İ. (2022, February). *Repellent effect of Ruta graveolens L. essential oil against larvae and individual of Trogoderma granarium Everts (Coleoptera: Dermestidae)* [Conference presentation]. 5th International Congress on Agriculture, Environment and Health, Aydın, Türkiye. [https://www.researchgate.net/publication/360384781\\_Repellent\\_Effect\\_of\\_Ruta\\_graveolens\\_L\\_Essential\\_Oil\\_Against\\_Larvae\\_and\\_Individual\\_of\\_Trogoderma\\_granarium\\_Everts\\_Coleoptera\\_Dermestidae](https://www.researchgate.net/publication/360384781_Repellent_Effect_of_Ruta_graveolens_L_Essential_Oil_Against_Larvae_and_Individual_of_Trogoderma_granarium_Everts_Coleoptera_Dermestidae)

Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2004). "Chapter 5: History and Sources of Essential Oil Research." *Handbook of Essential Oil Research*, Informa UK.

Carranza, N. N. E., & Estrada, A. R. (2019). Los aceites esenciales y su importancia. *Secretario General, 15(26), 7*.

Cardoso-Ugarte, G. A., Juárez-Becerra, G. P., SosaMorales, M. E., & López-Malo, A. (2013). Microwave-assisted Extraction of Essential Oils from Herbs. *Journal Of Microwave Power And Electromagnetic Energy, 47(1), 63-72*. <https://doi.org/10.1080/08327823.2013.11689846>

- Castellanos Aguirre, N. (2019). Instalación de una planta de producción de aceites esenciales.
- Castro, E., Chávez, S., Auquiñivín, E., Fernández, A., Acha, O., Rodríguez, N., . . . Sepúlveda, D. (2020). Aceites esenciales de plantas nativas del Perú: Efecto del lugar de cultivo en las características fisicoquímicas y actividad antioxidante. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 17-20. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04>
- Conde, C. G., Tovar, C. T., & Mandoz, G. L. (2021). *Actividad antioxidante del extracto etanólico de Capsicum baccatum L.* <https://www.redalyc.org/journal/559/55971233010/html/>
- Cordova, C., Guillén, J., & Tuesta, T. (2020). Extracción por microondas libre de solvente del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*), y el efecto de las condiciones de proceso en su rendimiento, composición y actividad antimicrobiana. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 7-17. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000600965>
- Chavez, M. G. C. (2007). *Hidrodestilación de aceites esenciales: Modelado y caracterización* (Doctoral dissertation, Universidad de valladolid).
- Chemistry General Lab Techniques., 2019. Rotary Evaporation. [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary\\_Materials/Demos%2C\\_Techniques%2C\\_and\\_Experiments/General\\_Lab\\_Techniques/Rotary\\_Evaporation](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Ancillary_Materials/Demos%2C_Techniques%2C_and_Experiments/General_Lab_Techniques/Rotary_Evaporation)
- Gallego, A., & Rios, J. (2020). Extracción de Limoneno de *Citrus x sinensis* por método Soxhlet y arrastre de vapor.
- Domínquez, C. (2024). Plantas y Flores. *El mueble*. [https://www.elmueble.com/plantas-flores/asitienes-que-cuidar-tu-planta-menta-para-que-te-dure-mas-tiempo-puedas-aprovechar-sus-beneficios\\_56734](https://www.elmueble.com/plantas-flores/asitienes-que-cuidar-tu-planta-menta-para-que-te-dure-mas-tiempo-puedas-aprovechar-sus-beneficios_56734)
- Fernández Romero, L. T., & Reascos Flores, L. C. (2022). *Extracción de aceite esencial de Ruda (ruta graveolens) mediante la metodología de arrastre de vapor* (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Fernández, M. (1997). El consumo marca el futuro de la floricultura mundial. *Horticultura: Revista de Industria, Distribución y Socioeconomía Hortícola: Frutas, Hortalizas, Flores, Plantas, Árboles Ornamentales y Viveros*, 1, 79-84. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=170857>

- Furche, C. (2023). El futuro de la agricultura y la alimentación: apuntes para una discusión sobre nuevos requerimientos para la formación profesional en ciencias agronómicas. *Idesia (Arica)*, 41(2), 7-18. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292023000200105>
- García. (2017). Análisis de la producción y exportación de Aceites esenciales de uso terapéutico y su factibilidad de comercialización en el mercado Francés. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias administrativas . Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas.
- García, E., Meléndez, I., Pérez, A., & Camero, Y. (2023). Tendencias del procesamiento de alimentos en el contexto de la COVID-19 y la globalización mundial. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 21(2), 61-92. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v21.n2.2023.2182>
- Gavilan Guillen, N. J. (2016). Efecto de presión y temperatura en extracción por CO2-super crítico y etanol en capsaicinoides de venas de ají panca (*Capsicum chinense*).
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Manchano, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1- 20.
- Guerrero, M. C., Ortiz-Jurado, D. E., & Hurtado-Benavides, A. M. (2020). Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 845-856.
- Guillamón, E. (2020). Efecto de compuestos fitoquímicos del género *Allium* sobre el sistema inmune y la respuesta inflamatoria. *Ars Pharmaceutica (Internet)*, 59(3), 94-98. <https://doi.org/10.30827/ars.v59i3.7479>
- Hot Chili Oil Exports from World - Volza*. (2025, 5 marzo). [https://www.volza.com/p/hot-chili-oil/export/?utm\\_source=](https://www.volza.com/p/hot-chili-oil/export/?utm_source=)
- Esau K. 2016. Anatomía vegetal. Ediciones Omega, Barcelona, España. 779

- Enríquez, M., Torres, L. A., López, R., & Checa, X. (2022). COMPORTAMIENTO ANTIOXIDANTE Y POLIFENÓLICO DEL SACHA AJO (*MANSOA ALLICEA L*) EN EXTRACCIÓN SECA Y HÚMEDA. *FABICIB: Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Universidad Nacional del Litoral*, 26.
- IndexBox Inc. (2025, 5 abril). Global Essential Oils Market to Reach \$11B by 2035, With CAGR of +2.1%. *News And Statistics - IndexBox*. [https://www.indexbox.io/blog/essential-oils-world-market-overview-2024/?utm\\_sourc](https://www.indexbox.io/blog/essential-oils-world-market-overview-2024/?utm_sourc)
- Jones, J. (2022). *How to use essential oils in the garden*. Edens Garden. Retrieved from <https://www.edensgarden.com/blogs/news/how-to-use-essential-oils-in-the-garden>
- Johnstone, G. (2025, June 5). *We asked gardeners about using garlic in the garden—Here's what actually works*. The Spruce. <https://www.thespruce.com/how-to-use-garlic-for-plants-11739945>
- Landema. (2024, 12 de junio). *Essential oils, the natural weapon against pests and diseases for your crops*. <https://landema.com/en-us/blog/essential-oils-against-pests-diseases-crops>
- León, G., Osorio, M., & Ruby, S. (2021). Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus sinensis L.* *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 15-29. <https://doi.org/10.258558.59623>
- López, P. (2020). *Manzanilla* (1.ª ed., Vol. 2). Manzanilla.
- López Sornoza, S. K. (2024). *Comparación de los desafíos del proceso de extracción en aceites esenciales en plantas oleaginosas* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
- López Juan, F. (2016). Aislamiento y sensibilidad a aceites esenciales de *Phymatotrichopsis omnivora* (Duggar) Henebert e histopatología de raíces infectadas de *Mangifera indica L.*
- Luján, C. G., Martínez, A., Ortega, J. L., & Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2), 86-96.
- Martínez Medina, S. (2008). PODER CONOCIMIENTO Y CREENCIA: POR LOS CAMINOS DE LA RUDA EN LA LOCALIDAD SEPTIMA DE BOGOTÁ. *Antípoda. Revista de antropología*

- y arqueología*, (6), 153-170.
- Martínez, A. (1996). Aceites esenciales. *J. Nat. Prod*, 59(1), 77-79.
- Meloni, D. A., Lescano, J. A., Arraiza, M. P., & Beltrán, R. E. (2019). Yield, chemical composition and functional properties of essential oils from *Mentha spicata* (Lamiaceae) in Santiago del Estero, Argentina. *UNED Research Journal*, 11(3), 327-333. <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2624>
- Mena-Vásquez, P., Vos, J., Van Ommen, P., & Boelens, R. (2018). FLORES, ACAPARAMIENTO DEL AGUA y RESPONSABILIDAD EMPRESARIAL SOCIAL: CERTIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ROSAS y RECLAMOS POR LA JUSTICIA AMBIENTAL EN EL ECUADOR. *Cuadernos de Geografía de la Universitat de València*, 101, 189-214. <https://doi.org/10.7203/cguv.101.1372>.
- Mendoza, R. (2006). Sistemática e historia del ají" *Capsicum*" Tourn. *Universalia*, 11(2), 80-88.
- Meneses, J., Soto, R., Espinosa, T., & Ramírez, M. (2020). Optimización del proceso de extracción de flavonoides de flor de manzanilla (*Matricaria recutita* L.). *Agrociencia*, 42(4), 21-25. <https://doi.org/10.1405-3195>
- Miller, J. (2024). *Kiss bugs goodbye: Your complete guide to using peppermint oil for pests*. Dr. Killigan's. <https://drkilligans.com/blogs/pest-control/kiss-bugs-goodbye-your-complete-guide-to-using-peppermint-oil-for-pests>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2021). Informe de gestión del sector agrícola 2020-2021. Quito, Ecuador.
- MoyaGest (2016): Estudio de impacto ambiental ex post y plan de manejo ambiental finca florícola «Fiorentina Flowers S.A.», 300 pp., <http://fiorentinaflowers.com/wp-content/uploads/2017/05/Fio-rentina-Flowers-Environmental-Plan-EsIA-Ex-Post-FIORENTINA-2016-002.pdf>.
- Muthumperuma C., N. Stalin, K. Das and P. Sudhakar Swamy. 2016. Chemical profiling of leaf essential oil, antioxidant potential and antibacterial activity of *Syzygium lanceolatum*

- (Lam.) Wt. & Arn. (Myrtaceae). *Free Radicals and Antioxidants* 6(1):13-22.
- Muy-Rangel, M. D., Osuna-Valle, J. R., García-Estrada, R. S., Martín-Hernández, C. S., & Quintana-Obregón, E. A. (2017). Actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de ajo (*Allium sativum* L.) contra *Alternaria tenuissima*. *Revista Mexicana de Fitopatología(En Línea)/Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1708-3>
- Ochoa, S. Sanxhez, E. Nevárez, G. (2017). Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. Instituto Politécnico Nacional, *Ciudad de México*
- Patiño Bello, D. P., Pérez Acevedo, L. V., Torres Caycedo, M. I., Rosas Leal, D. A., & Di Filippo Iriarte, G. (2018). Uso de biocidas y mecanismos de respuesta bacteriana. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1-17.
- Piñeta Cuéllar, A. L. (2024). Propuesta de estrategias para fomentar la competitividad de la cadena de valor de los aceites esenciales naturales de Guatemala, a partir del análisis de países con mayor exportación y los cinco motores de desarrollo de la Organización Internacional de Trabajo.
- Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M. M., Abreu, Y., Correa, T. M., Martínez, D., & De Oca, R. M. (2014). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Ruta chalepensis* L. *Revista de Protección Vegetal*, 29(3), 220-225. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v29n3/rpv11314.pdf>
- Piña, C., & Marlith, S. (2021). Efecto de mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como herbicida natural en *Desmodium* sp y *Cyperus* L, distrito de Tarapoto.
- Piña-Barrera A.M. 2019. Desarrollo de nanoingredientes funcionales a base de productos naturales para preservar productos hortofrutícolas. Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Griselda, A. Bongioanni, M. Retamar, J. (1984). ACEITE ESENCIAL DE *Matricaria chamomilla*

- L. (MANZANILLA), 10, 22-25.
- Polco, A. M. (2024, 24 abril). *¿Qué es y para qué sirve el Rotavapor®?* Polco. <https://polco.com.co/que-es-y-para-que-sirve-el-rotavapor/>
- Puca, M., Ascue, M., Neira, M., & Girao, A. (2024). Extracción de aceite esencial de hojas de eucalipto (*eucalyptus globulus*) por destilación con vapor de agua y su caracterización fisicoquímica y microbiológica. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 30(4), 10-18. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v90i04.48>
- Rojas Olivos, A. (2009). Hidrodestilación y caracterización del aceite esencial de plantas medicinales de Santa María Huitepec, Oaxaca.
- Ruiz, V. (2024, 28 mayo). *La hidrodestilación: Una técnica ancestral con aplicaciones modernas*. Quimiclan. <https://www.quimiclan.com/la-hidrodestilacion-una-tecnica-ancestral-con-aplicaciones-modernas/>
- Salazar, L. (2020). *ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA DE ACEITES ESENCIALES SOBRE Colletotrichum gloeosporioides AISLADO DEL CULTIVO DE GUANÁBANA (Annona muricata L.)* (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR).
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). (2004). *Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas*. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1643>
- Solórzano, R. A., Rivadeneira, F. M., Alava, C. P., & Zambrano, P. V. (2019). Elaboración, aplicación y evaluación de pesticidas orgánicos en jardín ornamental. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 886. <https://doi.org/10.35381/r.k.v4i8.531>
- Soper, R. (2013) Reclaiming Development: Indigenous Community Organizations and the Flower Export Industry in the Ecuadorian Highlands. En M. Backer (Ed.): *Indigenous and Afro-Ecuadorians Facing the Twenty-First Century*. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne, pp. 128-149
- Sozoranga, H., & Vélez, M. (2016). La Floricultura en el Ecuador. *Revista Caribeña de Ciencias*

*Sociales.*

- Torres Rodriguez, Y. P., & Rubiano Bustos, E. H. (2014). Comparación de las técnicas de extracción de aceites esenciales de la ruda (*Ruta Graveolens* L.) y comprobación de su actividad antioxidante de acuerdo al tipo de extracción.
- Trujillo Sánchez, M. S. (2021). Densidad de siembra en la producción y calidad de ají escabeche (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum*), en cañete.
- Torrenegra, M. E., Granados, C., Osorio, M. R., & León, G. (2015). Comparación de la Hidro-destilación Asistida por Radiación de Microondas (MWHD) con Hidro-destilación Convencional (HD) en la Extracción de Aceite Esencial de *Minthostachys mollis*. *Información tecnológica*, 26(1), 117-122.
- Uribe Londoño, M., Romero-Tabarez, M., & Ortiz-Reyes, A. (2019). Bacterial extracts for the control of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae) and its symbiotic fungus *Leucoagaricus gongylophorus* (Agaricales: Agaricaceae). *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 1010–1022.  
[https://www.researchgate.net/publication/349949555\\_Bacterial\\_extract\\_for\\_the\\_control\\_of\\_Atta\\_cephalotes\\_Hymenoptera\\_Formicidae\\_and\\_its\\_symbiotic\\_fungus\\_Leucoagaricus\\_gongylophorus\\_Agaricales\\_Agarica](https://www.researchgate.net/publication/349949555_Bacterial_extract_for_the_control_of_Atta_cephalotes_Hymenoptera_Formicidae_and_its_symbiotic_fungus_Leucoagaricus_gongylophorus_Agaricales_Agarica)
- Vieyra, M. I. G., Chavez, M. S. G., Valadez, H. N. H., Martínez, R. A. G., Raquel, F. R. L. G. F., González, L., & García, J. A. G. (2023). Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de aceites esenciales y extractos de plantas aromáticas. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 21, 1-7.
- Véliz, González, & Martínez. (2019). Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales. *Tecnología Química*, 39(1), 207-220.
- Zabala, V. (2019). Ecuador es el tercer exportador mundial de flores. *Ekos Negocios y*

Economía. <https://ekosnegocios.com/articulo/ecuador-es-el-tercer-exportador-mundial-de-flores>.

Zambrano-Salazar, P. G., & Quinde–Alvear, A. G. (2023). Enfermedades por exposición a plaguicidas agrícolas en la empresa florícola “Fresh Market of Ecuador”. *MQRInvestigar*, 7(3), 2229-2258. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.7.3.2023.2229-2258>.

Zamil, N. M. (2015). *Monthly Report January 2015*. Scribd. [https://es.scribd.com/document/280387646/Monthly-Report-January-2015?utm\\_source=](https://es.scribd.com/document/280387646/Monthly-Report-January-2015?utm_source=)