

Review of the extraction methods of the essential oil of *lippia alba*.

Merlin Villamizar-Véliz ^{*,a} , Yalitzza Aular ^b 

^aDepartamento de Ciencias Morfológicas y Forenses. Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Valencia, Venezuela.

^bInstituto de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo-IIMBUC. Facultad de Ciencias de la Salud. Valencia, Venezuela.



<https://doi.org/10.54139/revinguc.v29i1.90>

Abstract.- Essentials oils (EA) are secondary metabolites produced by plants, complex mixtures of volatile components, which are formed in the cytoplasm of odoriferous plants. They are very numerous, are distributed in the different parts of the plant and are extracted by physical methods from the intercellular glands of the plant tissue. The majority presence of these heterogeneous volatile compounds directly affects the type of biological and / or therapeutic activity that these extracts could possess. *Lippia alba* (*L. alba*), is a shrub of the verbenaceous family that produces a variety of effects (antioxidant, antimicrobial, sedative, anesthetic, and anxiolytic); that are related to the chemical constitution of the EAs of their various chemotypes, which are differentiated by some factors, among which are the part used for extraction and the extraction method used. This work represents an updated review of the extraction methods of the essential oil of *Lippia alba*, which showed the various methods of extraction of the essential oil of *L. alba*: simple hydrodistillation (HD), hydrodistillation with Clevenger trap, distillation microwave-assisted, steam-stripped distillation, ultrasound-assisted extraction, Soxhlet extraction and supercritical fluid. In conclusion, the most common method is HD with a Clevenger type device, due to its low cost, good performance, and environmental friendliness. However, the supercritical flow, although more expensive, offers some advantages, among them, shorter extraction time and higher yield.

Keywords: *Lippia alba*; essential oils; extraction methods.

Revisión de los métodos de extracción del aceite esencial de *lippia alba*.

Resumen.- Los aceites esenciales (AE) son metabolitos secundarios producidos por las plantas, mezclas complejas de componentes volátiles, los cuales se forman en el citoplasma de las plantas odoríferas. Son muy numerosos, están distribuidos en las distintas partes de la planta y son extraídos por métodos físicos de las glándulas intercelulares del tejido de las plantas. La presencia mayoritaria de estos compuestos volátiles heterogéneos incide directamente en el tipo de actividad biológica y/o terapéutica que estos extractos podrían poseer. La *Lippia alba* (*L. alba*), es un arbusto de la familia verbenácea que produce una variedad de efectos (antioxidante, antimicrobiano, sedante, anestésico, y ansiolítico); que están relacionados con la constitución química de los AE de sus diversos quimiotipos, los cuales, son diferenciados por diversos factores, entre los que se tienen la parte empleada para la extracción y método de extracción utilizado. Este trabajo representa una revisión actualizada de los métodos de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*, entre los que se tienen: hidrodestilación simple (HD), hidrodestilación con trampa de Clevenger, destilación asistida por microondas, destilación por arrastre de vapor, extracción asistida por ultrasonido, extracción por Soxhlet y fluido supercrítico. En conclusión, el método más habitual es la HD con aparato tipo Clevenger, por su bajo costo, buen rendimiento y amigable con el ambiente. Sin embargo, el flujo supercrítico, aunque es más costoso ofrece algunas ventajas, entre ellas, menor tiempo de extracción y mayor rendimiento.

Palabras clave: *Lippia alba*; aceites esenciales; métodos de extracción.

Recibido: 28 de septiembre, 2021.

Aceptado: 16 de febrero, 2022.

1. Introducción

Los aceites esenciales (AE) son las fracciones líquidas volátiles que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas [1, 2]. Son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes, tales como compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, al-

* Autor para correspondencia:

Correo-e: mvillami@uc.edu.ve (M. Villamizar)

dehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos. Se encuentran ampliamente distribuidos en unas 60 familias, en diferentes partes de la planta (hojas, raíces, pericarpio del fruto, semillas, tallo, flores y en los frutos) [3] y son extraídos por métodos físicos de las glándulas intercelulares del tejido de las plantas [4].

La presencia mayoritaria de estos compuestos volátiles heterogéneos incide directamente en el tipo de actividad que estos extractos podrían poseer y que pueden ser importantes para la utilización en algunas industrias como la farmacéutica, alimentaria, cosmética entre otras [5], siendo los responsables de la actividad biológica (antiinflamatoria, antioxidante, antimicrobiana, entre otras), de los principios activos terapéuticos [6]. Entre las especies de plantas de las cuales se pueden extraer AE, se encuentran las aráceas, geraniáceas, anacardiáceas, moráceas, lauráceas, anonáceas y verbenáceas, entre otras [7].

La *L. alba*, es un arbusto de la familia verbenácea que está compuesta por alrededor de 175 géneros y 2.800 especies [8]. Esta planta crece entre 0,5 a 2 m de alto. Sus ramas son arqueadas, ascendentes y eventualmente trepadoras. Las hojas lanceoladas, ternadas o decusadas, ásperas. Su inflorescencia consta de espigas o cabezuelas cortas que pueden medir 25 mm de largo por 10 de ancho, las mismas que pueden estar unidas por un tubo blanquecino con garganta blanca o amarilla, lóbulos de matices azules o razados incluyendo tonalidades moradas y lilas [9].

Es una planta ampliamente distribuida en América, desde Texas hasta Argentina a alturas de 1.800 m s.n.m, recibe diferentes nombres comunes como: bálsamo de limón (Brasil), Juanilama (Costa Rica), quita dolor (Cuba), salvia santa (Guatemala), hierba buena (México), prontoalivio (Colombia), salvia morada (Argentina), hierba luisa, Cidrón y poleo (Venezuela) [10].

Diversos autores han mostrado que los AE de *L. alba* producen una variedad de efectos, tales como antiparasitario [11], antimicrobiano [12], insecticida [13], sedante, anestésico [14], y ansiolítico [15]. Estos efectos están relacionados con su constitución química.

En este sentido, para el AE de *L. alba* se han descrito diversos quimiotipos, los cuales son diferenciados por la presencia y variedad de componentes mayoritarios [11]. En Brasil se han descrito tres quimiotipos clasificados por la esencia extraída de las hojas, siendo los componentes mayoritarios citral (geranial y neral), carvona y linalol [8]. En Uruguay, dos quimiotipos han sido reportados: el primero contiene alcanfor y 1,8-cineol y el segundo posee linalol como constituyente principal. En América Central, México, los marcadores reportados son mircenona y alfa-terpineol [7].

Además, en Colombia, se han identificado tres quimiotipos diferentes de *L. alba*: carvona, citral/geranial y carvona/citral [16]. En Venezuela, un estudio realizado en la región central mostró la presencia mayoritaria de geranial y neral, quimiotipo citral, en el AE de *L. alba*, [17] lo que estaría relacionado con diferentes factores, como el estado de desarrollo de la planta, la ubicación geográfica, las características fisicoquímicas del suelo, el clima (humedad, concentración de oxígeno, intensidad lumínica), dónde se desarrolla la planta, la parte empleada para la extracción y el método de extracción [18].

En cuanto al método de extracción, es importante conocer las propiedades físico – químicas del AE, la técnica de recolección del material vegetal y tiempo de extracción lo que permitirá un buen rendimiento del aceite esencial obtenido [10]. Este trabajo representa una revisión actualizada del estado de arte de los métodos de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*.

2. Métodos de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*

Para obtener un aceite esencial de calidad hay que tomar en cuenta los diferentes factores que pueden alterar su composición; son varios los aspectos fundamentales que determinan la estructura química, que incluye el estado de desarrollo de la planta o sus órganos, la variedad genética, factores geográficos y ambientales como temperatura, humedad relativa, luminosidad, prácticas culturales, composición del suelo, corte

y operaciones post-cosecha, y el método de extracción, siendo este último el más importante de todos los puntos mencionados [19].

En este sentido, la extracción es el paso analítico para la obtención de aceites esenciales a partir de las materias primas, y para ello se emplean diferentes métodos. Los métodos de extracción tradicionales, que incluyen la maceración, la percolación y la extracción por reflujo. También, son utilizados métodos de extracción más modernos y amigables con el medio ambiente, tales como la hidrodestilación simple, la hidrodestilación con trampa de Clevenger, destilación por arrastre de vapor, extracción asistida por ultrasonido, método de extracción por Soxhlet y fluido supercrítico [20]. Además, existen otros métodos de extracción, como la sublimación, la presión del expulsor y el enfleurage, pero rara vez se utilizan en la investigación fitoquímica actual [21].

2.1. Hidrodestilación (HD)

Este método tiene como principio llevar a ebullición una suspensión compuesta por agua y el material vegetal con el fin de que los vapores sean condensados y recolectados en una fase fría; posteriormente se separa el AE, que es inmisible en agua [22], [23]. Se caracteriza por el contacto directo entre el agua en ebullición y el material vegetal lo que evitaría el sobrecalentamiento del material de extracción. Además, su eficacia se ha relacionado con parámetros operacionales, tales como tiempo, temperatura de la extracción y cantidad de agua empleada, entre otros [24]. Los AE obtenidos presentan notas más fuertes y un color más oscuro con respecto a los producidos por otros métodos [25].

Entre los métodos de HD se han descrito la hidrodestilación con trampa de Clevenger y la hidrodestilación asistida con microondas; que pueden ser complementada con técnicas como el ultrasonido lo que puede influir en su rendimiento y composición [25].

Según algunos autores, entre las ventajas de la Hidrodestilación es su bajo costo y de equipamiento sencillo, por otro lado, entre sus desventajas están: largos tiempos de extracción, degradación de los

componentes volátiles y alto consumo energético [26, 27, 28].

2.1.1. Hidrodestilación con trampa de Clevenger

Aunque existen diversos métodos de extracción, el método más habitual (escala laboratorio) para obtener el aceite esencial de *L. alba* es por HD con aparato tipo Clevenger mostrado en la Figura 1, el cual es un sistema cerrado en donde el AE extraído es retornado al balón de destilación en un proceso que se repite hasta la total extracción [29]. En la Hidrodestilación con Trampa de Clevenger, no existe una estandarización del tiempo de extracción, en el uso de las distintas partes de la planta siendo más común el uso de hojas, flores y tallos, tanto secos como frescos. Otro aspecto para tener en cuenta es la falta de descripción o de estandarización de las condiciones del cultivo, del tipo de suelo, régimen hídrico, altitud, tiempo de cosecha y otros factores que pueden afectar la cantidad y la calidad de los aceites esenciales de *L. alba*. Así, con el fin de obtener aceites esenciales de composición química con baja variación hay que hacer la extracción siempre en las mismas condiciones, a partir del mismo material biológico y controlando la composición final del aceite esencial [30]. El tiempo total de destilación va en función de los componentes presentes en el aceite esencial. Si el aceite contiene compuestos de alto punto de ebullición, el tiempo de destilación deberá ser mayor. Sin embargo, se ha determinado que el producto obtenido por hidrodestilación es generalmente diferente de la mezcla de constituyentes inicialmente presentes en los órganos secretores del vegetal, debido a la labilidad de los constituyentes del aceite esencial [31].

En la Tabla 1 se muestra el rendimiento y los constituyentes mayoritarios del AE de *L. alba* según la parte de la planta utilizada para la obtención, donde las condiciones agroclimáticas como: latitud, altitud, humedad influyen en la misma. [32].

Tabla 1: Comparación de partes de la planta, rendimiento y constituyentes mayoritarios presentes en el aceite esencial de *Lippia alba*

Partes de la Planta	Rendimiento	Constituyentes	Autores	Año
Hojas frescas	1 %	Artemisa cetona 43 %, citral geranial 18 %	Turbay [4]	2018
Hojas y flores frescas de la planta	0,83 %	Geranial 45,30 %; neral 30,22 %	Aular y cols [17]	2016
Hojas frescas	1 %	Nerol /geraniol 27,09 %; citral 21,87 %	Dos Santos NOD [32]	2016

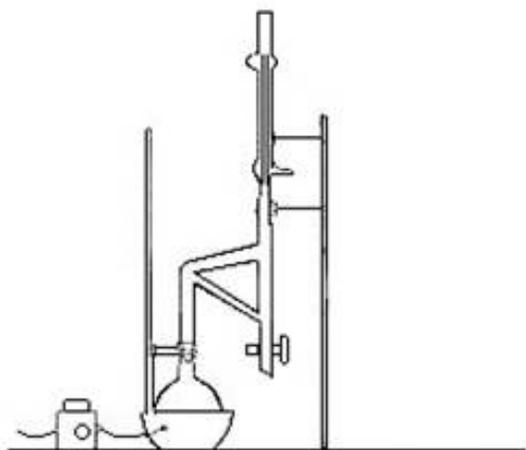


Figura 1: Hidroddestilación con Trampa de Cleverger [33]

2.1.2. Hidroddestilación asistida por la radiación con microondas

La técnica de hidroddestilación asistida por la radiación con microondas (MWHD) (Figura 2), es una alternativa avanzada que usa la energía de microondas para extraer agua de los compuestos principales de la planta en estudio: en este sentido el AE que se encuentra generalmente en bolsas (glándulas secretoras) que contienen diferentes cantidades de agua, son irradiadas por ondas que interactúan selectivamente con agua y causan calentamiento localizado [25]. Para la *Lippia alba*, la parte de la planta empleada son las hojas y tallos [34, 35]. El agua es usada como un solvente para absorber la energía de las microondas, el cual incrementa la temperatura y presión, esto a su vez, provoca que los compuestos de interés sean transferidos muy rápidamente desde la muestra a la fase acuosa del sistema. Asimismo, se puede adaptar un equipo para convertirlo en un método

independiente, como la extracción por microondas sin solvente [36]. La extracción por microondas sin solvente, SFME (solvent free microwave extraction) por sus siglas en inglés, combina el calentamiento por microondas y la destilación seca. No se necesita agregar ningún solvente o agua si se emplea material fresco. En caso de que el material esté seco, este se rehidrata remojándolo en agua y drenando el exceso antes de la extracción. Los equipos para llevar a cabo esta técnica se pueden adaptar modificando un horno y un matraz de fondo plano con un aparato de refrigeración (un condensador conectado a un tubo de separación por gravedad, por el que pasa corriente de agua fría), sellando la conexión con el horno para evitar la fuga de microondas [37].

Algunos autores [38, 39, 40], han definido el método de extracción asistida con microondas como una herramienta más efectiva para la extracción de los metabolitos secundarios volátiles que la HD porque presenta algunas ventajas destacables en cuanto a la disminución del tiempo de proceso, igualmente hay mejoría en la cantidad de calentamiento efectivo requerido y el tamaño del equipo es reducido, resaltado que las microondas involucran un flujo de calor más eficiente, que el obtenido por los métodos clásicos de calentamiento conductivo, estas pueden calentar toda la muestra casi simultáneamente y a un ritmo muy alto, generando un menor consumo de energía y de alto rendimiento [36, 37, 41]. Este método puede realizarse a gran escala con reactores de microondas, no obstante, se requieren altos niveles de seguridad [42].

2.2. Destilación con arrastre de vapor

En la destilación por arrastre de vapor de agua se lleva a cabo la vaporización selectiva

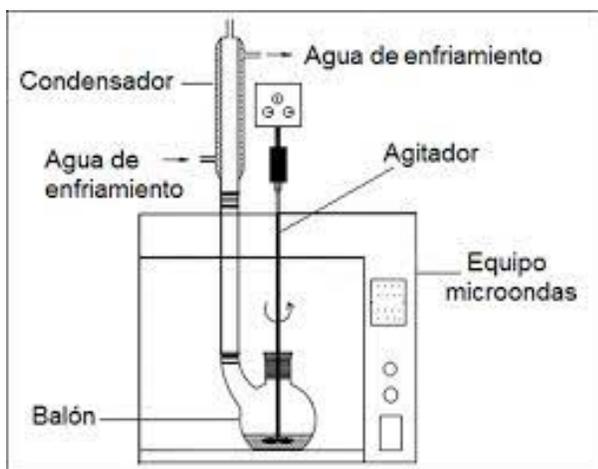


Figura 2: Hidroddestilación asistida con microondas [43]

del componente volátil de una mezcla formada por éste y otros “no volátiles”. Este proceso se logra por medio la inyección de vapor de agua directamente en la mezcla, denominándose este “vapor de arrastre”, pero en realidad su función no es la de “arrastrar” el componente volátil, sino condensarse formando otra fase inmiscible que cederá su calor latente a la mezcla a destilar para lograr su evaporación. En este caso se tendrá la presencia de dos fases inmiscibles a lo largo de la destilación (orgánica y acuosa), por lo tanto, cada líquido se comportará como si el otro no estuviera presente. Es decir, cada uno de ellos ejercerá su propia presión de vapor y corresponderá al del líquido puro a una temperatura de referencia [44].

Es el método más antiguo y sencillo para obtener aceites esenciales, a partir del material vegetal: flores, hojas, lo más fresco posible [45]. Es un procedimiento utilizado para separar sustancias insolubles en agua y de elevado punto de ebullición, que permite destilar sustancia a menor temperatura evitando su descomposición. Los vapores del producto volátil son arrastrados por vapor de agua sobrecalentado, que permite extraer los compuestos volátiles orgánicos de los vegetales que los producen, separándoles y purificándoles de otros compuestos sin que lleguen a modificarse. Esta técnica, mostrada en la Figura 3 es particularmente útil cuando la sustancia en cuestión hierve por encima de los 100 °C a presión

atmosférica y se descompone a la temperatura de ebullición, ya que la presión de sus vapores junto al vapor del agua, sumadas vencen a la presión atmosférica y dan lugar a la destilación [46].

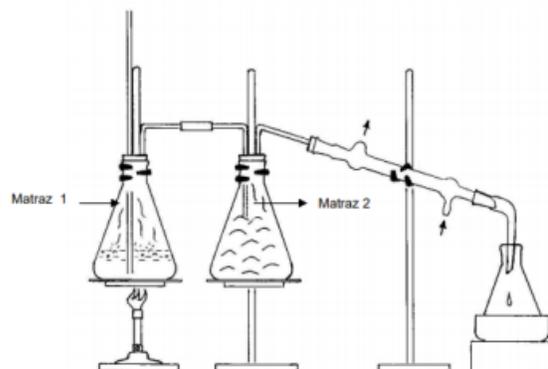


Figura 3: Destilación con arrastre de vapor [47].

2.3. Extracción con disolventes orgánicos

La extracción con Soxhlet es un método de extracción convencional basado en el poder de extracción de los diferentes solventes usados y la aplicación de calor a la mezcla [48]. La Figura 4 muestra un ejemplo de este método en el que los solventes penetran en la materia vegetal y disuelven las sustancias, que son evaporadas y concentradas a baja temperatura. Posteriormente, se elimina el disolvente, obteniendo la fracción deseada. La selección del disolvente busca que sea capaz de disolver rápidamente todos los principios con la menor cantidad de materia inerte, que tenga un punto de ebullición bajo y uniforme que permita eliminarlo rápidamente, pero evitando pérdidas por evaporación, químicamente inerte, para no reaccionar con los componentes de los aceites, no inflamable y económico. Este disolvente ideal no existe, los más empleados son el éter de petróleo (con punto de ebullición de 30 a 70 °C), benceno y alcohol. Se emplea cuando hay componentes de peso molecular elevado que no son lo suficientemente volátiles [49].

2.4. Extracción con gases en condiciones supercríticas

Consiste en utilizar como material de arrastre sustancias químicas en condiciones especiales

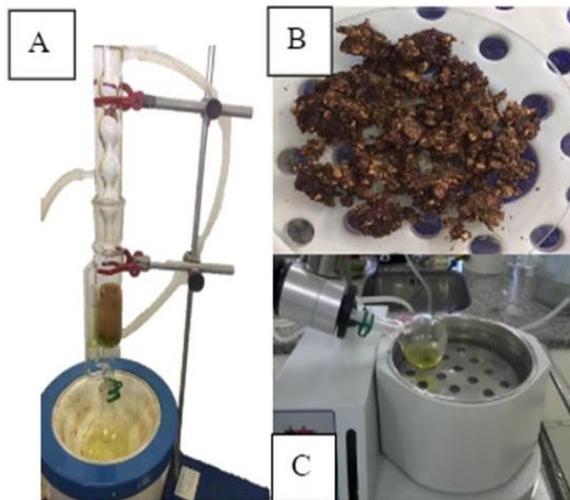


Figura 4: Extracción de aceite esencial de material vegetal por Soxhlet, [50].

de temperatura y presión como se muestra en la Figura 5. Son utilizados diversos fluidos para la EFS, entre otros, metano, etileno, clorotrifluorometano, dióxido de carbono, etano, óxido nitroso, hexafluoruro de azufre, propileno, propano, amoníaco, triclorofluorometano, n-hexano, isopropanol, etanol, tolueno, agua y xenón. El dióxido de carbono es el solvente supercrítico más investigado, debido a que no es un elemento tóxico ni inflamable, no perjudica la naturaleza y no requiere de un equipo demasiado sofisticado para cumplir su misión de arrastre de aceites esenciales. Además, presenta propiedades fisicoquímicas propias de los gases y los líquidos, lo que lo convierte en un solvente muy versátil en procesos de separación [51].

En el método de extracción con fluidos supercríticos, el material vegetal: flores, hojas, se corta en trozos pequeños, se licua y se muele, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico. Los aceites esenciales se solubilizan y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, y finalmente se obtiene un aceite puro, sin residuos de disolvente [52].

Este proceso presenta varias ventajas como alto rendimiento, ecológicamente limpio, el solvente

se elimina fácilmente e inclusive se puede reciclar, y las bajas temperaturas que se utilizan para la extracción no cambian químicamente los componentes de la esencia, esto obliga al empleo de instalaciones y equipos complejos, con altos costos y elevados niveles de seguridad, que afectan la rentabilidad de los procesos, ya que se requieren bombas de alta presión y sistemas de extracción que también sean resistentes a las altas presiones [53].

Por ello, las aplicaciones comerciales se enfocan en la generación de productos con alto valor agregado, relacionados principalmente con las industrias alimentaria, farmacéutica, de química fina y de materiales avanzados, así como técnicas de destrucción de contaminantes o residuos altamente tóxicos o peligrosos [53].

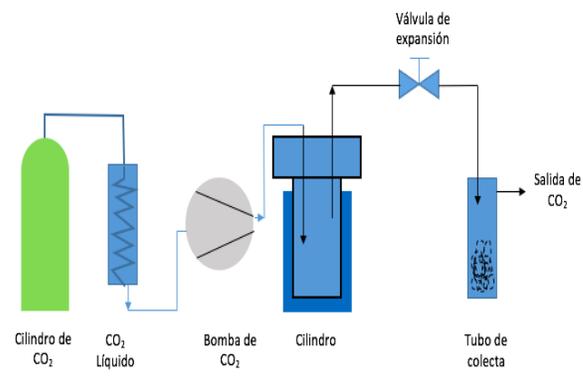


Figura 5: Extracción por fluido supercrítico [54].

Stashenko y cols [55], compararon la eficacia de la extracción de aceites esenciales de hojas y tallos frescos de *L. alba* colombiana por hidrodestilación, destilación simultánea mediante extracción con solvente, hidrodestilación asistida por microondas y extracción con CO_2 supercrítico. Los resultados mostraron que el método de extracción afecta el rendimiento y la composición química del aceite obtenido. En este sentido, en los aceites esenciales obtenidos por hidrodestilación (2 h) o por hidrodestilación asistida por microondas (30 min) se obtuvieron el mismo número de componentes con rendimientos similares de 0,7 %; la irradiación con microondas aceleró el proceso de extracción, pero sin causar considerables cambios en la composición del aceite esencial. Concluyendo que, entre los cuatro métodos de extracción

empleados, la extracción con solvente y la extracción de fluido supercrítico (CO_2) produjeron mayores rendimientos del aceite esencial. Sin embargo, la extracción con solvente aisló una mayor cantidad de hidrocarburos de monoterpenos y la extracción por fluido supercrítico (CO_2) aisló una mayor cantidad de compuestos más pesados, incluyendo sesquiterpenoides e hidrocarburos.

Asimismo, otros autores [56] compararon la extracción supercrítica con CO_2 con los métodos convencionales; extracción por hidrodestilación, etanol baja presión y etanol con calentamiento (Soxhlet), obteniendo el mayor rendimiento con la extracción con CO_2 en condiciones de 318 K y 100 bar, concluyendo que el método de extracción afectó el rendimiento de la extracción y la composición química del aceite esencial obtenido.

2.5. *La extracción asistida con ultrasonidos (Ultrasound Assisted Extraction, UAE)*

Se considera una tecnología prometedora para la industria de procesamiento de alimentos [57]. Su utilidad en la extracción de compuestos orgánicos de plantas se atribuye a una intensificación de la transferencia de masa debido al fenómeno de cavitación producido en el disolvente por el paso de una onda ultrasónica o sonora y al efecto mecánico que produce el ultrasonido permitiendo una mayor penetración de disolvente en el cuerpo de la planta [58].

El principio de funcionamiento de la extracción por ultrasonidos es la implosión de burbujas generadas por la cavitación ultrasónica (Figura 6). La implosión de burbujas genera micro chorros que destruyen las glándulas de lípidos en el tejido celular de la planta. De este modo, la transferencia de masa entre la célula y el disolvente se mejora y el aceite esencial se libera [59].

Medina-López [60], comparó dos diferentes metodologías para el proceso de extracción: hidrodestilación y extracción con disolventes volátiles en baño ultrasónico. La extracción con disolventes volátiles en baño ultrasónico mostró un tiempo menor de extracción que el método de hidrodestilación. Se concluyó que la precisión de

la extracción por ultrasónico es mayor que con el método de hidrodestilación.

Una ventaja importante a nivel industrial de los extractores de ultrasonidos modernos es el control preciso de los parámetros de funcionamiento, tales como, intensidad de ultrasonidos, temperatura, tiempo de tratamiento, presión, tiempo de retención, entre otros); aumentando el rendimiento de los aceites esenciales, así como la degradación térmica más baja, de alta calidad y un buen sabor [61]. Otra ventaja es que mientras otras técnicas de extracción modernas ofrecen sólo una capacidad limitada para la ampliación de la producción industrial, la potencia de ampliar la extracción con ultrasonidos a nivel industrial ya está demostrado. Por ejemplo, el rendimiento de extracción de los aceites esenciales de cítricos se incrementó en un 44 % en comparación con los métodos de extracción tradicionales [61].

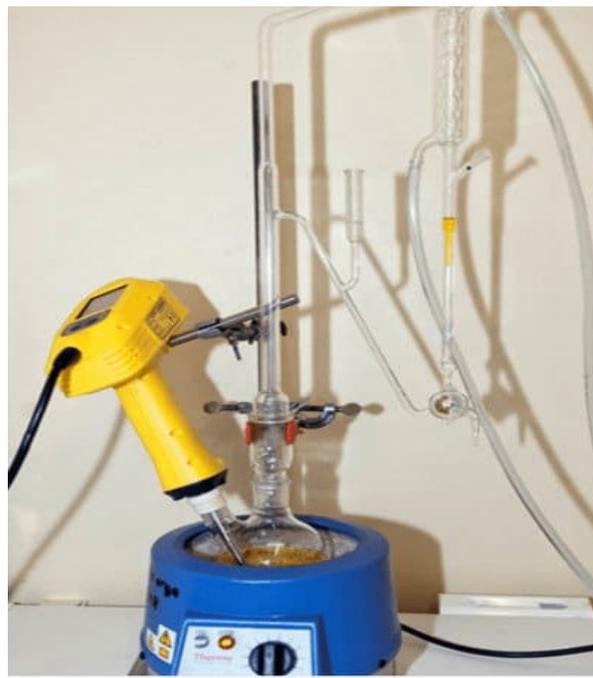


Figura 6: Extracción de aceites esenciales de material vegetal asistida por ultrasonido [62].

En la Tabla 2 se muestra un resumen de los métodos de extracción previamente descritos.

Tabla 2: Métodos de extracción, fundamento, ventajas y desventajas y el rendimiento

Método de Extracción	Fundamento	Ventajas/Desventajas	Rendimiento	Referencias
Hidrodestilación (HD)	Ebullición de una suspensión de agua y material vegetal, condensación de los vapores, recolección en una fase fría y separación del AE inmiscible [22, 23]	Ventajas: bajo costo y equipamiento sencillo. Desventajas: largos tiempos de extracción, degradación de componentes volátiles y alto consumo energético [26, 27, 28].	Bajo	Bandoni [22], Jirovets y Buchbauer, [23], Bampouli <i>et al.</i> , [26], Morsy [27], Stanojevic <i>et al.</i> [28].
HD con Trampa de Clevenger	Sistema cerrado en donde el AE extraído es retornado al balón de destilación en un proceso que se repite hasta la total extracción [29]	Ventajas: bajo costo y poco equipamiento y amigable con el ambiente. Desventajas: ausencia de estandarización [30]. El tiempo total de destilación depende de los componentes presentes en el AE [31].	Medio	Lawerence [29], Linde, [30] Álvarez, y cols. [31].
HD asistida por la radiación con microondas	Uso de la energía de microondas para extraer los compuestos de interés y transferirlos rápidamente desde la muestra a la fase acuosa [25, 38]	Ventajas: corto tiempo de extracción, equipamiento reducido y calor eficiente. Puede realizarse a gran escala [38, 39, 40]. Desventaja: requiere altos niveles de seguridad [42].	Medio	Torrenegra <i>et al.</i> , [25], Golmakani [38], Petrakis [39], Gavahian [40], Kusuma [42].
Extracción con disolventes orgánicos	Basado en el poder de extracción de los diferentes solventes usados y la aplicación de calor a la mezcla [48].	Ventajas: se usan bajas temperaturas, útil cuando hay componentes de peso molecular elevado que no son lo suficientemente volátiles. Desventajas: pueden quedar residuos o impurezas de los solventes utilizados [49]	Alto	Palma [48], Vargas [49].
Extracción con gases en condiciones supercríticas	Utiliza como material de extracción, sustancias químicas en condiciones especiales de temperatura y presión [51].	Ventajas: ecológicamente limpio. Solvente de eliminación sencilla y/o reciclable. Temperaturas de extracción bajas, no cambian químicamente los componentes de la esencia. Desventajas: El equipo requerido es costoso (bombas de alta presión y sistemas de extracción que sean resistentes a las altas presiones) [53].	Alto	Kerrola [51], Esquivel [53].
Extracción asistida con ultrasonidos	La implosión de burbujas generadas por la cavitación ultrasónica destruye las glándulas de lípidos en el tejido celular de la planta, produciendo transferencia de masa entre la célula y el disolvente y la liberación del AE [58, 59, 60].	Ventajas: gran potencial a nivel industrial. Control de parámetros de funcionamiento (intensidad de ultrasonidos, temperatura, tiempo de tratamiento, presión, tiempo de retención, entre otros). Extracción de AE con baja degradación térmica, alta calidad y buen sabor [61].	Alto	Barrazueta [58], Albu [59], Medina-López [60], Mason [61].

3. Conclusiones

Existen diversos métodos de extracción del aceite esencial de *L. alba*, de los cuales el más habitual (a escala laboratorio) es la HD con aparato tipo Clevenger, por su bajo costo y amigable con el ambiente. El rendimiento y la composición del AE es similar a la extracción asistida por microondas. Sin embargo, no existe una estandarización del tiempo de extracción con el uso de las distintas partes de la planta siendo más común el uso de hojas, flores y tallos, tanto secos como frescos.

Los métodos de extracción asistidos por ultrasonido y utilizando fluido supercrítico, aunque son consideradas de mayor rendimiento, pueden tener algunas inconvenientes como requerir altos niveles de seguridad, la proporción en la composición de los extractos y el rendimiento de éstos (ultrasonido) depende de la temperatura a la que se lleve a cabo el proceso; además el uso de disolventes orgánicos o mezclas de ellos, pueden alterar la calidad al agregar impurezas al AE. Además, la extracción con fluido supercrítico, aunque presenta varias ventajas como alto rendimiento, ecológicamente

limpio, el solvente se puede reciclar y utiliza bajas temperaturas para la extracción; el equipo requerido es altamente costoso, ya que se necesitan bombas de alta presión y sistemas de extracción que también sean resistentes a las altas presiones.

4. Referencias

- [1] C. M. O. Simões, E. P. Schenkel, G. Gosmann, J. C. P. Mello, L. A. Mentz, and P. R. Petrovick, *Farmacognosia: da planta ao medicamento*, 5ta. ed. Porto Alegre, Brasil: UFRGS, 2013.
- [2] A. Barbar, N. Ali, S. Shans, A. Ahamad, S. Alam Khan, and F. Anwar, “Essential oils used in aromatherapy,” *Rev. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedice*, vol. 5, no. 8, pp. 601–611, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.05.007>
- [3] F. Bakkali, S. Averbeck, D. Averbeck, and M. Idaomar, “Biological effects of essentials oils—a review,” *Food and chemical Toxicology*, vol. 46, no. 2, pp. 446–475, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
- [4] C. J. Turbay-Bermúdez, “Composición química (volátiles), caracterización fisicoquímica y actividades biológicas del aceite esencial de *Lippia alba* de Ecuador,” Tesis de Maestría, Instituto Politécnico de Leiria, Ecuador, 2018.
- [5] S. Ochoa, L. Sánchez-Torres, V. Morillon, A. Camacho, y B. Nogueira-Torres, “Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades,” *Rev. Bio medica*, vol. 37, pp. 225–231, 2017.
- [6] V. R. Preedy, *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, 1st ed. London, UK: Academic Press, 2016.
- [7] L. Reyes-Solano, P. Breksa, B. Baldes-Torres, and J. Heredia, “Chemical composition and antioxidant activity of *Lippia alba* essential oil obtained by supercritical CO₂ and hydrodistillation,” *Rev. African Journal of biotechnology*, vol. 16, pp. 962–970, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJB2017.15945>
- [8] A. Fitzgerald, C. Alves, M. d. Arrigoni-Blanck, J. Baldin-Pinheiro, T. Mathos-Andrade, E. dos Santos Nicolau, and P. Barreto-Alves, “Chemical Diversity in *Lippia alba* (Mill.),” *Rev. The Scientific World Journal*, vol. 2015, pp. 1–11, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/321924>
- [9] M. Soto, P. Alvarado, y L. Rosales, “Composición química y efecto del aceite esencial de las hojas de *Lippia alba* (Verbenaceae) en los niveles de estrés académico de estudiantes universitarios,” *Arnaldoa*, vol. 26, no. 1, pp. 381–390, 2019. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26119>
- [10] J. Acero-Godoy, T. Guzmán-Hernández, y C. Muñoz-Ruíz, “Revisión documental de uso de los aceites esenciales obtenidos de *Lippia alba* (Verbenaceae), como alternativa antibacteriana y antifúngica,” *Tecnología en Marcha*, vol. 32, no. 1, pp. 3–11, 2019. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i1.4114>
- [11] B. V. Soares, L. R. Neves, M. S. B. Oliveira, F. C. M. Chaves, M. K. R. Dias, E. C. Chagas, and M. Tavares-Dias, “Antiparasitic activity of the essential oil of *Lippia alba* on ectoparasites of *Colossoma macropomum* (tambaqui) and its physiological and histopathological effects,” *Aquaculture*, vol. 452, pp. 107–114, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.10.029>
- [12] R. C. de Souza, M. M. da Costa, B. Baldisserotto, B. M. Heinzmann, D. Schmidt, B. O. Caron, and C. E. Copatti, “Antimicrobial and synergistic activity of essential oils of *Aloysia triphylla* and *Lippia alba* against *Aeromonas* spp,” *Microb. Pathogenesis*, vol. 113, pp. 29–33, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.10.013>
- [13] S. S. Vera, D. F. Zambrano, S. C. Méndez-Sánchez, F. Rodríguez-Sanabria, E. E. Stashenko, and J. E. D. Luna, “Essential oils with insecticidal activity against larvae of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae),” *Parasitol. Res.*, vol. 113, pp. 2647–2654, 2014. <https://doi.org/10.1007/s00436-014-3917-6>
- [14] C. de Freitas-Souza, M. D. Baldissera, A. E. Bianchini, E. G. da Silva, R. H. V. Mourão, L. V. F. da Silva, D. Schmidt, B. M. Heinzmann, and B. Baldisserotto, “Citral and linalool chemotypes of *Lippia alba* essential oil as anesthetics for fish: a detailed physiological analysis of side effects during anesthetic recovery in silver catfish (*Rhamdia quelen*),” *Fish Physiol. Biochem.*, vol. 44, pp. 21–34, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10695-017-0410-z>
- [15] V. Y. Hatano, A. S. Torricelli, A. C. C. Giassi, L. A. Coslope, and M. B. Viana, “Anxiolytic effects of repeated treatment with an essential oil from *Lippia alba* and (R)- (-)-carvone in the elevated T-maze,” *Braz. J. Med. Biol. Res.*, vol. 45, no. 3, pp. 238–243, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2012007500021>
- [16] J. Delgado-Ospina, M. S. Sánchez-Orosco, and C. Bonilla-Correa, “Efecto del secado y la edad de las plantas en la composición de los aceites esenciales de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson y *Lippia organoides* Kunth,” *Rev. Acta Agronómica*, vol. 65, no. 2, pp. 170–175, 2015. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.47576>
- [17] Y. Aular, M. Villamizar, Y. Pérez, y V. Pérez, “Composición química y toxicidad aguda oral del aceite esencial de *Lippia alba* en ratones,” *Salus*, vol. 20, no. 1, pp. 43–51, 2016.
- [18] J. Delgado, M. Sánchez, y C. Bonilla, “Efecto del secado y la edad de las plantas en la composición de los aceites esenciales de *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br and Britton and P. Wilson y *Lippia organoides* Kunth,” *Acta Agron.*, vol. 65, no. 2, pp. 170–175, 2015. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.47576>
- [19] M. Castaño, “Evaluación de la capacidad conservante

- de los aceites de clavo (*Syzygium aromaticum*) y canela (*Cinnamomum verum*), sobre la levadura (*Rhodotorula mucilaginosa*) en leche chocolatada,” Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2012.
- [20] B. Liu, J. Fu, Y. Zhu, and P. Chen, “Optimization of microwave -assited extraction of essential oil from lavender using reponse surface methodology,” *Journal of oleo Science*, vol. 67, no. 10, pp. 1327–1337, 2018. <https://doi.org/10.5650/jos.ess18019>
- [21] Q. Zhang, L. Lin, and W. Ye, “Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review,” *Chin Med.*, vol. 13, no. 1, pp. 1–26, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>
- [22] A. Bandoni, *Los Recursos Vegetales Aromáticos en Latinoamérica*, 2da. ed. Buenos aires, Argentina: UNLP CYTED, 2000.
- [23] L. Jirovets and G. Buchbauer, *Processing of the essential oil plant, in Processing, Analysis and Application of Essential Oils*. India: Har Krishan Bhalla & Sons, 2005.
- [24] E. E. Stashenko, J. R. Martínez, C. Durán, A. Monsalve, C. N. Celis, y G. Gómez, “Estudio comparativo del aceite esencial de *Lippia alba*, proveniente de diferentes regiones de colombia,” en *Memorias del XIV Congreso Colombiano de Química*, Armenia, Colombia, 2006.
- [25] M. E. Torrenegra, C. Granados, M. Osorio, and G. León, “Method Comparison of Microwave Radiation-assisted Hydro-distillation (MWHd) with Conventional Hydro-distillation (HD) in the Extraction of Essential Oil of *Minthostachys mollis*,” *Información tecnológica*, vol. 26, no. 1, pp. 117–122, 2015. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100013>
- [26] A. Bampouli, K. Kyriakopoulou, G. Papaefstathiou, V. Louli, M. Krokida, and K. Magoulas, “Comparison of different extraction methods of *Pistacia lentiscus var. chia* leaves: Yield, antioxidant activity and essential oil chemical composition,” *J Appl Res Med Aromat Plants*, vol. 1, no. 3, pp. 81–91, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2014.07.001>
- [27] N. F. S. Morsy, “A short extraction time of high quality hydrodistilled cardamom (*Elettaria cardamomum L. Maton*) essential oil using ultrasounds a pretreatment,” *Ind Crops Prod.*, vol. 65, no. 3, pp. 287–292, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.12.012>
- [28] L. Stanojevic, N. Radulovic, T. Djokic, B. Stankovic, D. Ilic, M. Cacic, and V. Nikolic, “The yield, composition and hydrodistillation kinetics of the essentialoil of dill seeds (*Anethii fructus*) obtained by different hydrodistillation techniques,” *Ind Crops Prod.*, vol. 65, no. 3, pp. 429–436, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.067>
- [29] B. M. Lawrence, “The Isolation of Aromatic Materials from Natural Plant Products,” in *A Manual on the Essential Oil Industry*, T. De Silva, Ed. Vienna, Austria: United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), 1995.
- [30] G. A. Linde, “Quimiotipo, extracción, composición y aplicaciones del aceite esencial de *Lippia alba*,” *Rev. Bras. P.I. Md. Campinas*, vol. 18, no. 1, pp. 191–200, 2016. https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_037
- [31] I. J. Álvarez, C. A. Uribe, J. O. Acevedo, and R. Lesmes, “Análisis de la Producción de Aceite Esencial de *Lippia alba* por Destilación Mediante Arrastre de Vapor en Planta Móvil,” *Revista Integra. Senna Regional Santander*, vol. 2, pp. 7–34, 2015.
- [32] N. O. D. Dos Santos, R. C. Pascon, M. A. Vallim, C. R. Figueiredo, M. G. Soares, J. H. G. Lago, and P. Sartorelli, “Cytotoxic and Antimicrobial Constituents from the Essential Oil of *Lippia alba* (*Verbenaceae*),” *Medicines (Basel)*, vol. 3, no. 3, p. 22, 2016. <https://doi.org/10.3390/medicines3030022>
- [33] E. Segura, “Caracterización química e identificación de compuestos orgánicos volátiles de la guayaba mexicana (*Psidium guajava*) variedad “media china,”” Tesis de maestría, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México, 2017.
- [34] A. C. Kimbaris, N. G. Siatis, D. J. Daferera, P. A. Tarantilis, C. S. Pappas, and M. G. Polissiou, “Comparison of distillation and ultrasound-assited extraction methods for the isolation of sensitive aroma compounds from garlic (*Allium sativum*),” *Ultrasonics Sono Chemistry*, vol. 13, no. 1, pp. 54–60, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2004.12.003>
- [35] D. C. Durán, L. A. Monsalve, J. R. Martínez, y E. E. Stashenko, “Estudio comparativo de la composición química de aceites esenciales de *Lippia alba* provenientes de diferentes regiones de Colombia, y efecto del tiempo de destilación sobre la composición del aceite,” *Scientia et Technica*, vol. 1, no. 33, 2007. <https://doi.org/10.22517/23447214.6067>
- [36] B. Bayramoglu, S. Sahin, and G. Sumnu, “Solvent-free microwave extraction of essential oil from oregano,” *Journal of Food Engineering*, vol. 88, no. 4, pp. 535–540, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.03.015>
- [37] M. E. Lucchesi, J. Smadja, S. Bradshaw, W. Louw, and F. Chemat, “Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum L.*: a multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil,” *J Food Eng* , vol. 79, no. 3, pp. 1079–1086, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.03.029>
- [38] M.-T. Golmakani and K. Rezaei, “Comparison of microwave-assisted hydrodistillation with the traditional hydrodistillation method in the extraction of essential oils from *Thymus vulgaris L.*,” *Food Chemistry*, vol. 109, no. 4, pp. 925–930, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.12.084>
- [39] E. A. Petrakis, A. C. Kimbaris, D. C. Perdakis, D. P. Lykouressis, P. A. Tarantilis, and M. G. Polissiou, “Responses of *Myzus persicae* (Sulzer) to three Lamiaceae essential oils obtained by microwave-

- assisted and conventional hydrodistillation,” *Ind Crops Prod*, vol. 62, pp. 272–279, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.08.041>
- [40] M. Gavahian, A. Farahnaky, R. Farhoosh, K. Javidnia, and F. Shahidi, “Extraction of essential oils from *Mentha piperita* using advanced techniques: microwave versus ohmic assisted hydrodistillation,” *Food Bioprod Process*, vol. 94, pp. 50–58, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.01.003>
- [41] N. Bousbia, M. A. Vian, M. A. Ferhat, E. Petitcolas, B. Y. Meklati, and F. Chemat, “Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: hydrodistillation and microwave hidrodifusión and gravity,” *Food chemistry*, vol. 114, no. 1, pp. 355–362, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.106>
- [42] H. Kusuma, K. Taufik, I. Rohadi, E. Daniswara, A. Altway, and M. Mahfud, “Preliminary Study: Comparison of Kinetic Models of Oil Extraction from Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*) by Microwave Hydrodistillation,” *Korean Chemical Engineering Research*, vol. 55, no. 4, pp. 574–577, 2017. <https://doi.org/10.9713/kcer.2017.55.4.574>
- [43] F. Sefidkon, K. Abbasi, and G. BakhshiKhaniki, “Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of *Satureja hortensis*,” *Food chemistry*, vol. 99, no. 1, pp. 19–23, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.026>
- [44] N. Quintero-Chacón, América; González de Colmenares y E. Stashenko, “Aceite esencial de las hojas de *Hyptis umbrosa* salzm extraído por diferentes técnicas,” *Acta cient. venez.*, vol. 55, no. 2, pp. 181–187, 2004.
- [45] J. M. Barba, *Introducción al análisis de los productos naturales*. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 1993.
- [46] M. Cerutti and F. Neumayer, “Introducción a la obtención de aceite esencial de limón,” *Invenio*, vol. 7, no. 12, pp. 149–155, 2004.
- [47] J. Azmir, I. S. M. Zaidul, M. M. Rahman, K. M. Sharif, A. Mohamed, F. Sahena, J. M. H. A., K. Ghafoor, N. A. N. Norulaini, and A. K. M. Omar, “Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review,” *J. Food Eng.*, vol. 117, no. 4, pp. 426–436, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- [48] M. Palma, G. F. Barbero, Z. Piñeiro, A. Liazid, C. G. Barroso, M. A. Rostagno, J. M. Prado, and M. A. A. Meireles, *Natural product extraction, principles and applications*. Royal Society of Chemistry. RSC green chemistry series, 2003, ch. Chapter 2. “Extraction of Natural Products: Principles and Fundamental Aspects”, pp. 58–88.
- [49] B. S. Vargas, L. A. Lissner, y S. Meth, “Sistema alternativo para extração do óleo residual do bagaço de oliva via,” in *Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica*, São Paulo, 2017. <https://doi.org/10.5151/chemeng-cobeqic2017-461>
- [50] C. Montoya, *Aceites Esenciales. Una Alternativa de Diversificación para el Eje Cafetero*, 1era ed. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2010.
- [51] K. Kerrola and H. Kallio, “Volatile compounds and odor characteristics of carbon dioxide extracts of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruits,” *J. Agric. Food Chem*, vol. 41, no. 5, pp. 785–790, 1993. <https://doi.org/10.1021/jf00029a021>
- [52] P. Costa, C. Grosso, S. Gonçalves, P. Andrade, P. Valenta, G. Bernardo-Gil, and A. Romano, “Supercritical fluid extraction and hydrodistillation for the recovery of bioactive compounds from *Lavandula viridis* L’Hér,” *Food Chemistry*, vol. 135, no. 1, pp. 112–121, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.04.108>
- [53] A. Esquivel-F. y P. Vargas-Aguilar, “Uso de aceites esenciales extraídos por medio de fluidos supercríticos para la elaboración de alimentos funcionales,” *Revista Tecnología En Marcha*, vol. 20, no. 4, pp. 41–50, 2007.
- [54] M. A. Román Páez, C. M. Rivera Narváez, L. M. Cardona Bermúdez, L. M. Muñoz, D. D. Gómez, C. Passaro Carvalho, y J. M. Quiceno Rico, *Guía de extracción por fluido supercrítico: Fundamentos y Aplicaciones*. Rionegro – Antioquia: Sena. Tecnoparque, Nodo Rionegro. SENNOVA, 2016.
- [55] E. E. Stashenko, J. R. Martínez, C. Durán, A. Monsalve, C. N. Celis, and G. Gómez, “Estudio comparativo del aceite esencial de *Lippia alba*, proveniente de diferentes regiones de Colombia,” en *Memorias del XIV congreso colombiano de química*, Armenia, Colombia, 2006.
- [56] M. E. M. Braga, P. A. D. Ehlert, L. C. Ming, and M. A. A. Meireles, “Supercritical fluid extraction from *Lippia alba*: Global yields, kinetic data, an extract chemical composition,” *Journal of Supercritical fluids*, vol. 34, no. 2, pp. 149–156, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2004.11.008>
- [57] R. Azuola and P. Vargas, “Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA),” *Revista Tecnología En Marcha*, vol. 20, no. 4, pp. 30–40, 2007.
- [58] S. Barrazueta, G. Mendoza, and T. Fornari, “Uso de ultrasonidos en la extracción de plantas labiadas combinando etanol y CO₂ supercrítico,” *Alimentos, Ciencia e investigación*, vol. 23, no. 1, pp. 37–46, 2015.
- [59] S. Albu, E. Joyce, L. Paniwnyk, J. P. Lorimer, and T. J. Mason, “Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry,” *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 11, no. 3–4, pp. 261–265, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.jultsonch.2004.01.015>
- [60] L. Medina-López, “Comparación de metodologías de extracción para limoneno y carvona en *Lippia alba* usando cromatografía de gases,” *Ciencia y Tecnología*, vol. 27, no. 1–2, pp. 1–13, 2011.
- [61] J. Mason T., F. Chemat, and M. Vinatoru, “The extraction of natural products using ultrasound or

microwaves,” *Curr Org Chem* , vol. 15, pp. 237–247, 2011. <https://doi.org/10.2174/138527211793979871>

- [62] D. Pingre, “An Improved Ultrasound Clevenger for Extraction of Essential Oils,” *Food Analytical Methods*, vol. 7, pp. 9–12, 2014. <https://doi.org/10.1007/s12161-013-9581-0>