

Avances tecnológicos y sostenibles en la extracción de aceites esenciales

Technological and sustainable advances in the extraction of essential oils

Oscar Fernandez Platas y Luis Mejía Macario

Resumen

Los aceites esenciales son el alma aromática de las plantas y contienen compuestos con propiedades terapéuticas, relajantes y antimicrobianas, presentes en especies como la lavanda y el eucalipto. Extraerlos, sin embargo, no es tarea sencilla. Los métodos tradicionales, como la hidrodestilación o la destilación por arrastre de vapor, han sido usados por siglos, pero suelen ser lentos y con rendimientos modestos. Hoy, la ciencia le da un giro moderno a este arte: la hidrodestilación asistida por microondas, la destilación por calentamiento óhmico y el uso de ultrasonido o enzimas permiten liberar los aceites de forma más rápida, eficiente y sostenible. En algunos casos, la extracción se reduce de horas a minutos, manteniendo aroma y calidad. Estas innovaciones podrían transformar la industria de los aceites esenciales, combinando tradición y tecnología, naturaleza y electricidad. Este artículo revela cómo la ciencia captura la esencia de las plantas para un futuro más fragante, veloz y sorprendente.

Palabras clave: aceites esenciales, extracción sostenible, microondas, calentamiento óhmico, biotecnología vegetal.

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO

Fernandez Platas, O., y Mejía Macario, L. (2025, noviembre-enero). Avances tecnológicos y sostenibles en la extracción de aceites esenciales. *Revista Digital Universitaria (RDU)*, 26(5). <https://doi.org/10.22201/ceide.16076079e.2025.26.5.8>

Abstract

Essential oils are the aromatic soul of plants, containing compounds with therapeutic, relaxing, and antimicrobial properties, found in species like lavender and eucalyptus. Extracting them, however, is no easy task. Traditional methods, such as hydrodistillation or steam distillation, have been used for centuries, but they are often slow and yield modest results. Today, science is giving this art a modern twist: microwave-assisted hydrodistillation, ohmic heating distillation, and the use of ultrasound or enzymes allow for faster, more efficient, and more sustainable oil extraction. In some cases, extraction is reduced from hours to minutes, while maintaining aroma and quality. These innovations could transform the essential oils industry, combining tradition and technology, nature and electricity. This article reveals how science is capturing the essence of plants for a more fragrant, faster, and more surprising future.

Keywords: essential oils, sustainable extraction, microwaves, ohmic heating, plant biotechnology.

Oscar Fernandez Platas

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

Ingeniero Bioquímico egresado del Instituto Tecnológico Superior de Misantla. Actualmente cursa la Maestría en Ciencias de la Ingeniería en la misma institución, con apoyo del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONACYT). Su línea de investigación se centra en la extracción de aceites esenciales a partir de fuentes naturales, utilizando tecnologías sostenibles e innovadoras. Ha participado en proyectos de desarrollo tecnológico relacionados con procesos de extracción más eficientes y amigables con el medio ambiente.

 232t0546@itsm.edu.mx

 [0009-0001-0229-2823](https://orcid.org/0009-0001-0229-2823)

Luis Mejía Macario

Instituto Tecnológico Superior de Misantla, México

Doctor en Ingeniería Química por la Universidad de Birmingham, Inglaterra. Actualmente es docente e investigador de tiempo completo en el Instituto Tecnológico Superior de Misantla. Su investigación se enfoca en innovación y desarrollo tecnológico, especialmente en el diseño de prototipos de destilación y extracción sólido-líquido. Es autor de tres patentes concedidas por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. Veinte años de experiencia industrial ocupando responsabilidades como Gerente de Ingeniería de Procesos, Gerente de Manufactura y Gerente de Tecnología para el desarrollo de nuevos productos y procesos.

 lmejiam@itsm.edu.mx

 [0009-0007-3615-3980](https://orcid.org/0009-0007-3615-3980)

El alma aromática de las plantas

● Alguna vez has disfrutado una infusión de manzanilla, usado orégano en tu comida, percibido el aroma relajante de la lavanda o sentido la frescura de una naranja? En esos momentos, probablemente estabas en contacto con aceites esenciales. Estos pequeños pero poderosos compuestos naturales se encuentran en distintas partes de las plantas —hojas, flores, cáscaras y frutos. Aunque solemos asociarlos con fragancias agradables, los aceites esenciales tienen mucho más que ofrecer: propiedades antioxidantes, antimicrobianas e incluso terapéuticas (González-Moreno et al., 2022). Sin embargo, a pesar de su presencia en numerosos productos de uso cotidiano, representan solo entre el 1 % y el 3 % del peso total de la planta, lo que los convierte en un recurso valioso y codiciado (Řebíčková et al., 2020).

Cómo se libera su esencia

Extraer un aceite esencial es, en cierto modo, liberar la esencia aromática de la planta. Durante siglos, los métodos tradicionales de hidrodestilación y destilación por arrastre de vapor han sido el puente entre la materia vegetal y ese líquido aromático que parece contener la esencia del mundo vegetal.

En la hidrodestilación, la planta se hierve y el vapor arrastra los compuestos volátiles que luego se separan en una fina capa de aceite. En la destilación por arrastre de vapor, el proceso es similar, aunque el vapor circula directamente a través del material vegetal. Ambas técnicas requieren paciencia: el calor y el tiempo permiten que la planta ceda su perfume, pero los rendimientos suelen ser bajos y los procesos, prolongados (Rassem et al., 2022).

Con el paso del tiempo, la tecnología ha entrado al laboratorio con la promesa de mejorar ese delicado ritual. Hoy se experimenta con métodos como la hidrodestilación asistida por microondas, el pretratamiento ultrasónico o el calentamiento óhmico, que aceleran la extracción sin comprometer la calidad del aceite. Incluso la combinación de microondas con enzimas ha demostrado una eficacia notable: una alquimia moderna que optimiza lo que antes requería horas (Cano-Botero et al., 2023).

El doble rostro del aroma

Cada proceso de destilación produce dos productos. Por un lado, el aceite esencial, donde se concentra la identidad aromática de la planta; por otro, el hidrolato o agua floral, que retiene los compuestos solubles en agua. Ambos son resultado de la misma alquimia, aunque con naturalezas distintas.

Para conservar el aceite, se almacenan los frascos en vidrio ámbar, como si se guardara una reliquia luminosa. La luz, sobre todo la solar, puede alterar sus moléculas volátiles y transformar tanto el aroma como las propiedades que lo hacen valioso (Ruiz et al., 2015; Ácímović et al., 2020; Rowshan et al., 2013). Un pequeño descuido en el almacenamiento puede convertir la esencia más pura en un líquido sin vida.

Un lenguaje químico de defensa y seducción

En la naturaleza, estos aceites no son adornos. Son el lenguaje químico con el que las plantas se defienden, seducen y sobreviven. Protegen del exceso de luz solar, repelen depredadores y atraen insectos polinizadores (Hoffmann, 2020). Sus principales actores —terpenoides y fenilpropanoides— son responsables de esa diversidad de aromas que va del frescor mentolado al dulzor de las flores (Sattayakhom et al., 2023).

De la misma manera en que las plantas los usan para sobrevivir, nosotros los hemos adoptado para curar, conservar y embellecer. El aceite de rosa reina en la cosmética; el de menta, en la medicina, por su acción analgésica y antibacteriana. Otros, como los de orégano o tomillo, se han convertido en aliados de la industria alimentaria por su capacidad para conservar alimentos sin recurrir a aditivos químicos (Mileva et al., 2021; Guananga-Díaz et al., 2022; Angarita-Navarro et al., 2022; Tubay et al., 2024).

Métodos convencionales y no convencionales: del vapor a la innovación

Obtener aceites esenciales no es magia, aunque el resultado pueda parecerlo. Detrás de este pequeño proceso aromático hay ciencia —y mucha paciencia—, pues existen diversas formas de extraer estos compuestos volátiles de las plantas. En términos generales, los métodos se dividen en dos grandes familias: los convencionales y los no convencionales, estos últimos más modernos y tecnológicos.

Entre los métodos tradicionales destacan la hidrodestilación y la destilación por arrastre de vapor, técnicas que durante siglos han sido pilares en la obtención de aceites esenciales. También se emplean variantes como la extracción con solventes o la turbodestilación. En esencia, el principio es sencillo: calentar la planta para que libere su esencia en forma de vapor, capturar ese vapor y condensarlo para obtener el aceite (Rodríguez et al., 2019).

Sin embargo, cuando el material vegetal es sensible o las condiciones no son las ideales, estos métodos pueden quedarse cortos. El uso de altas temperaturas y largos tiempos de extracción no solo reduce el rendimiento, sino que puede provocar la pérdida de compuestos valiosos o incluso la degradación del aceite (Stratakos y Koidis, 2015; Haro-González et al., 2021).

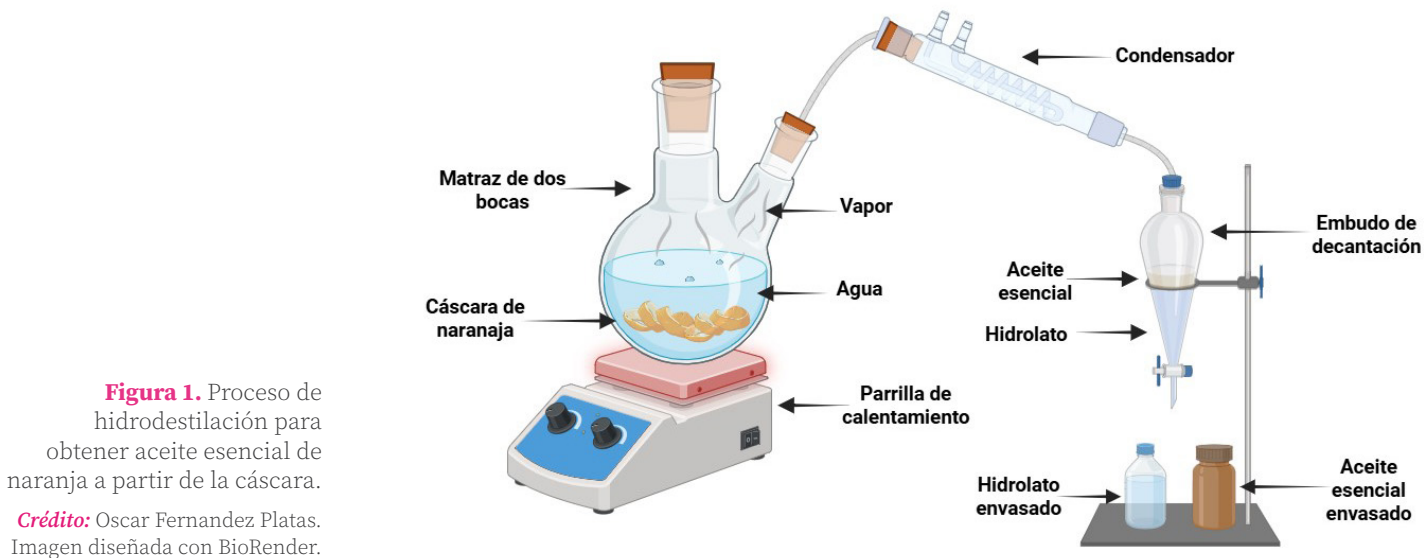
Aquí es donde entran en escena las tecnologías emergentes, una especie de superhéroes del laboratorio. Métodos no convencionales como la hidrodestilación asistida por microondas, la destilación con calentamiento óhmico, la extracción por ultrasonido o la extracción asistida por enzimas están transformando la manera en que se obtienen los aceites esenciales. Estas técnicas reducen los tiempos de extracción, mejoran los rendimientos, consumen menos energía y resultan más respetuosas con el medio ambiente (Haro-González et al., 2021).

Hidrodestilación: el clásico que aún brilla

La hidrodestilación es uno de esos métodos clásicos que resisten el paso del tiempo. Su principio es simple, casi artesanal, pero su eficacia sigue siendo indiscutible. La materia vegetal se hierve en agua; el vapor resultante arrastra consigo los compuestos aromáticos que la planta guarda en sus tejidos. Luego, ese vapor se conduce a un condensador, donde se enfría y se transforma nuevamente en líquido. En ese punto, ocurre una separación natural: el aceite esencial flota sobre el hidrolato, ya que tienen distinta densidad. Basta con decantar para obtener el aceite puro (Rodríguez et al., 2019).

El proceso puede tomar entre dos y cuatro horas, dependiendo de la cantidad de material y del equipo empleado (Casado, 2018; Golmohammadi et al., 2018). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de este procedimiento aplicado a las cáscaras de naranja, la parte del fruto con mayor concentración de aceite esencial. El resultado es un líquido transparente con un leve tono amarillo pálido, cuyo componente principal es el limoneno, un compuesto reconocido por sus propiedades antisépticas y anticancerígenas (Cerón-Salazar y Cardona-Alzate, 2011; Casado, 2018).

Según un estudio, el rendimiento obtenido tras tres horas de hidrodestilación de cáscaras de naranja fue de apenas 0.42 % (León Méndez et al., 2015). Es decir, de cada 100 gramos de cáscara se obtienen apenas 0.42 gramos de aceite esencial. Aunque parezca poco, este dato es clave: el rendimiento permite medir la eficiencia de los distintos métodos de extracción y comparar cuánto logra aprovechar cada técnica del material vegetal.



Destilación por arrastre de vapor: cuando el vapor hace el trabajo

En la destilación por arrastre de vapor, el calor no actúa directamente sobre la planta, sino que el vapor se convierte en el verdadero protagonista. A diferencia de la hidrodestilación, aquí la materia vegetal no se sumerge en agua: se coloca en un compartimento aparte, mientras una corriente de vapor atraviesa el material y rompe las glándulas donde se esconden los aceites. Luego, los compuestos aromáticos viajan con el vapor hasta el condensador, donde el enfriamiento los transforma en dos capas visibles: el aceite esencial y el hidrolato, fácilmente separables por decantación (Rodríguez et al., 2019).

En la Figura 2 se muestra este proceso aplicado a las flores de manzanilla. El aceite que se obtiene tiene un tono azul intenso, producto del camazuleno, y un aroma dulce y herbal. Su principal componente, el alfa-bisabolol, es reconocido por sus propiedades calmantes, antiinflamatorias y cicatrizantes (Mwaniki et al., 2015). En un estudio, esta técnica alcanzó un rendimiento del 3.1 %, aunque requirió 12 horas de destilación continua (Gawde et al., 2014). El resultado lo vale: un aceite puro, potente y de alta calidad, pero a costa del tiempo.

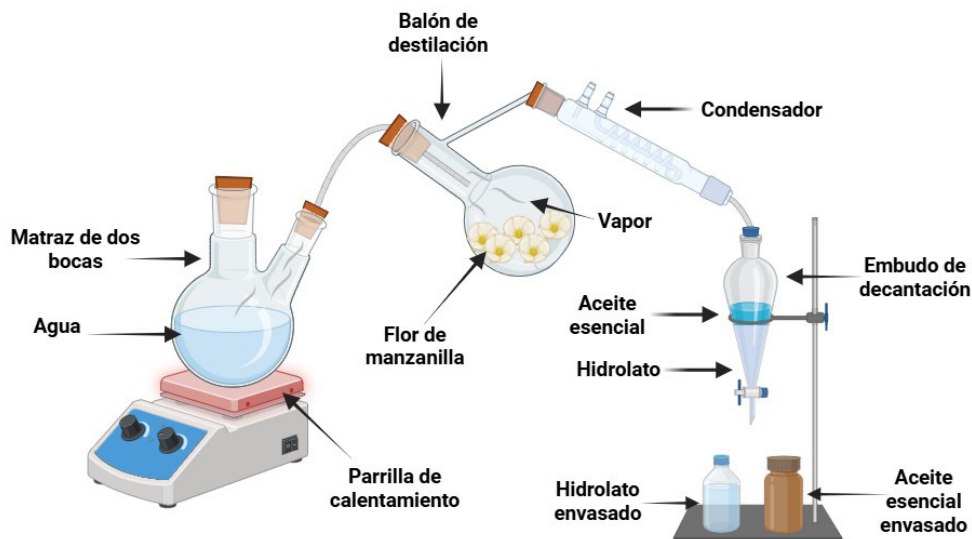


Figura 2. Proceso de destilación por arrastre de vapor para la obtención del aceite esencial de manzanilla.

Crédito: Oscar Fernandez Platas. Imagen diseñada con BioRender.

Hidrodestilación asistida por microondas: tecnología que acelera aromas

En el laboratorio, la llegada de las microondas cambió las reglas del juego. La hidrodestilación asistida por microondas aprovecha la energía electromagnética para calentar la materia vegetal de manera rápida y uniforme (véase Figura 3). Este calentamiento provoca un aumento de temperatura y presión dentro de las células, hasta que se rompen las glándulas que almacenan los aceites. A partir de ahí, el proceso es similar al de la hidrodestilación tradicional: el vapor arrastra los compuestos aromáticos hacia el condensador, donde se separan del agua (Barotto, 2021).

Lo sorprendente es su eficiencia. Mientras que la hidrodestilación convencional puede tardar tres horas para obtener un 2.4 % de aceite, y la destilación por arrastre de vapor requiere cuatro horas para alcanzar un 2.7 %, la versión asistida por microondas logra un 2.2 % en solo 50 minutos, y con una potencia de apenas 50 W (Altintas et al., 2013; Nakas et al., 2023). Una hazaña de velocidad sin sacrificar resultados.

Las ventajas son evidentes: procesos más rápidos, mayor eficiencia energética y rendimientos competitivos. Sin embargo, no todo se resuelve con presionar un botón. El control del calentamiento es esencial, pues un exceso de energía puede degradar compuestos volátiles y alterar la composición final del aceite (Selvamuthukumaran y Shi, 2017).

En la Figura 3 se ilustra el proceso aplicado al orégano, una planta rica en compuestos bioactivos. El aceite obtenido, de color amarillo rojizo, destaca por su contenido de carvacrol y timol, sustancias con reconocidas propiedades antimicrobianas, desinfectantes y antioxidantes (Hernández et al., 2016).

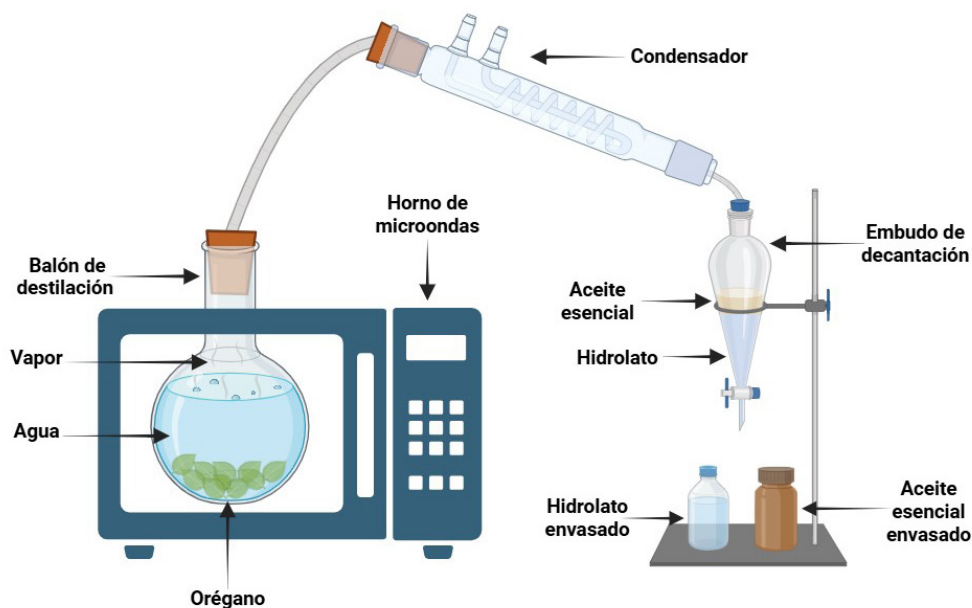


Figura 3. Hidrodestilación asistida con microondas para la extracción de aceite esencial de orégano.

Crédito: Oscar Fernandez Platas. Imagen diseñada con BioRender.

Hidrodestilación con pretratamiento ultrasónico: ¡el ultrasonido al rescate del aroma!

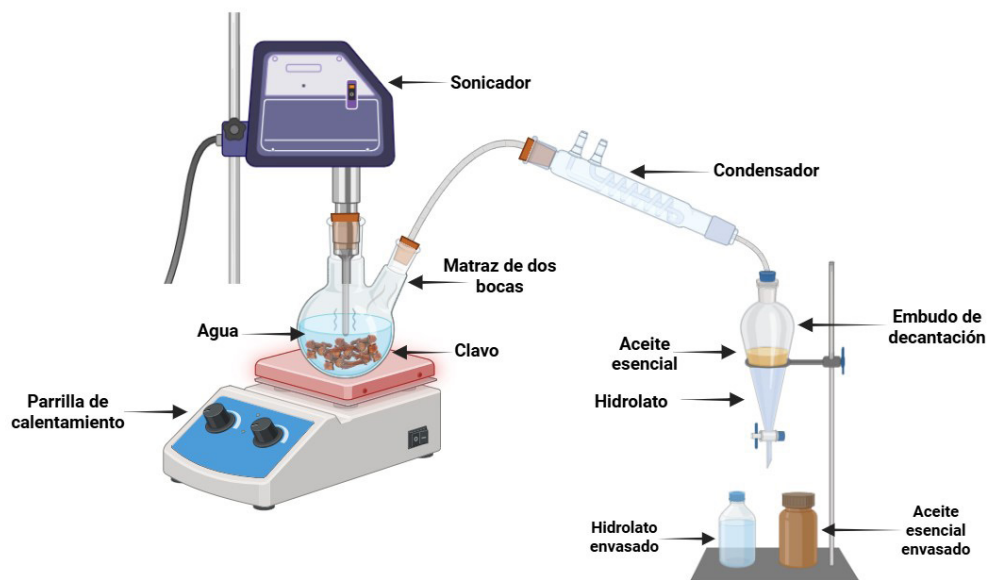
¿Qué pasaría si antes de aplicar calor se hiciera vibrar a la planta con ondas sonoras? Esa es la premisa de la hidrodestilación con pretratamiento ultrasónico. Antes de iniciar la destilación, se somete la materia vegetal a ondas de sonido de alta frecuencia, lo que provoca la formación de diminutas burbujas que estallan violentamente dentro del tejido. Ese fenómeno —conocido como cavitación— rompe las paredes celulares y deja una estructura más porosa, lista para liberar sus compuestos aromáticos (Yu et al., 2021).

Un ejemplo fascinante es el aceite esencial de clavo, un líquido de tono amarillo rojizo y aroma penetrante. Su principal componente, el eugenol, posee una fuerte capacidad antioxidante, además de propiedades antimicrobianas y analgésicas, lo que lo convierte en un ingrediente valioso en las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria (Golmakani et al., 2017).

En la Figura 4 se muestra este proceso, que combina precisión científica con la delicadeza del sonido. Los resultados hablan por sí solos: un estudio reportó un rendimiento del 14.19 % tras 180 minutos de extracción con 400 W de potencia. En contraste, los métodos convencionales —hidrodestilación y destilación por arrastre de vapor— obtuvieron rendimientos menores (12.98 % y 11.54 %, respectivamente) y requirieron más tiempo y energía (240 minutos y 335 W) (Golmakani et al., 2017; Suttiarporn et al., 2024).

Figura 4. Hidrodestilación con pretratamiento ultrasónico para la obtención de aceite esencial de clavo.

Crédito: Oscar Fernandez Platas. Imagen diseñada con BioRender.



El pretratamiento ultrasónico no es solo un detalle técnico: representa una auténtica evolución. Permite extraer más aceite en menos tiempo y con un menor consumo energético. No obstante, aún quedan desafíos por resolver para su aplicación a gran escala, como el desarrollo de equipos ultrasónicos accesibles y sistemas híbridos más eficientes (Sarah et al., 2023).

Destilación óhmica: un toque eléctrico para acelerar la extracción

La destilación asistida por calentamiento óhmico le da un giro moderno al arte de extraer aceites esenciales. En lugar de depender del calor externo que se transmite poco a poco, aquí el calor se genera directamente dentro del agua mediante electricidad, como si el sistema tuviera calefacción interna (figura 5). Esto permite que la temperatura se distribuya de forma más uniforme y rápida, dejando atrás los métodos tradicionales que utilizan parrillas, mantas o mecheros. El resultado: menos tiempo de espera y menor riesgo de que los compuestos aromáticos se degraden por el exceso de calor (Kumar et al., 2023).

En la figura 5 se muestra el proceso de destilación por arrastre de vapor asistida por calentamiento óhmico aplicado a la extracción de aceite esencial de lavanda. Este aceite, de un delicado color amarillo pálido, es apreciado por sus propiedades antimicrobianas, conservantes, antiinflamatorias y analgésicas. Su componente principal es el linalool, reconocido por sus efectos terapéuticos (Kajjari et al., 2022; Gavahian y Chu, 2018).

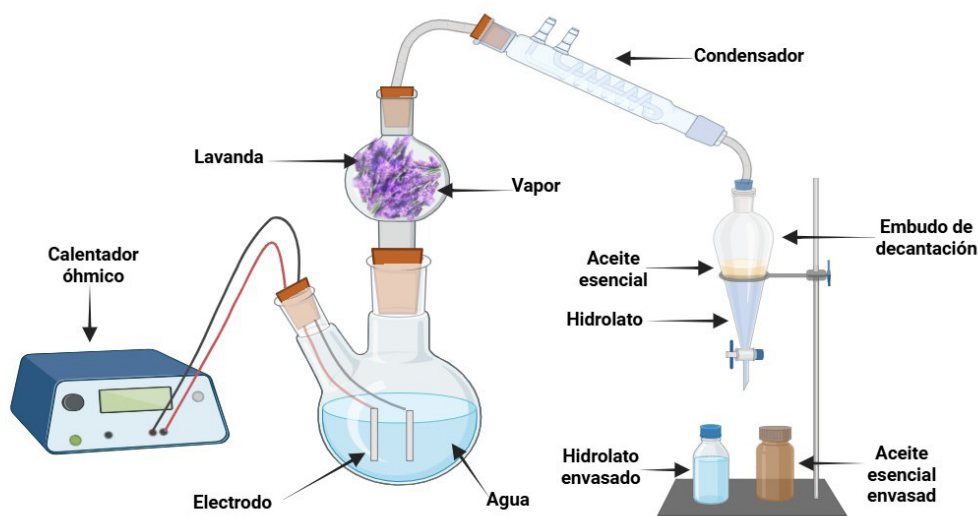


Figura 5. Destilación por arrastre de vapor asistida con calentamiento óhmico para la extracción de aceite esencial de lavanda.

Crédito: Oscar Fernández Platas. Diseñada con BioRender.

Estudios comparativos han demostrado su efectividad: mientras que la destilación por arrastre de vapor tradicional alcanzó un rendimiento del 3.3 % en 122.7 minutos, el método asistido por calentamiento óhmico logró un 3.8 % en solo 50.3 minutos. ¡Más rápido y con mejor rendimiento! Todo esto utilizando la misma potencia de 500 W (Gavahian y Chu, 2018).

Además, esta técnica no solo es eficaz, sino también más sostenible. Utiliza agua como medio conductor, disminuye el tiempo de procesamiento y reduce la contaminación ambiental. En resumen, la destilación óhmica representa una evolución en la extracción de aceites esenciales, apostando por un enfoque más limpio, moderno y eficiente (Kumar et al., 2023).

Microondas y enzimas: la combinación que acelera la extracción de aceites esenciales

Antes de que las microondas actúen, esta técnica añade un paso crucial: un pretratamiento con enzimas. Pero no se trata de cualquier enzima. Aquí entran en acción la celulasa, hemicelulasa, ligninasa y pectinasa, encargadas de degradar los principales componentes de la pared celular. Así, se debilita la estructura de la materia vegetal y se facilita la liberación de los compuestos aromáticos atrapados (Boulila et al., 2015).

Con las paredes celulares ya debilitadas, se aplica la hidrodestilación asistida por microondas, que acelera el proceso sin comprometer la calidad del extracto. En la figura 6 se ilustra este procedimiento aplicado a las hojas de canela, de las cuales se obtiene un aceite esencial de color marrón, conocido por

sus propiedades antioxidantes, antifúngicas y antimicrobianas. Su compuesto más abundante y característico es el cinamaldehído, reconocido por sus efectos terapéuticos (Wong et al., 2014).

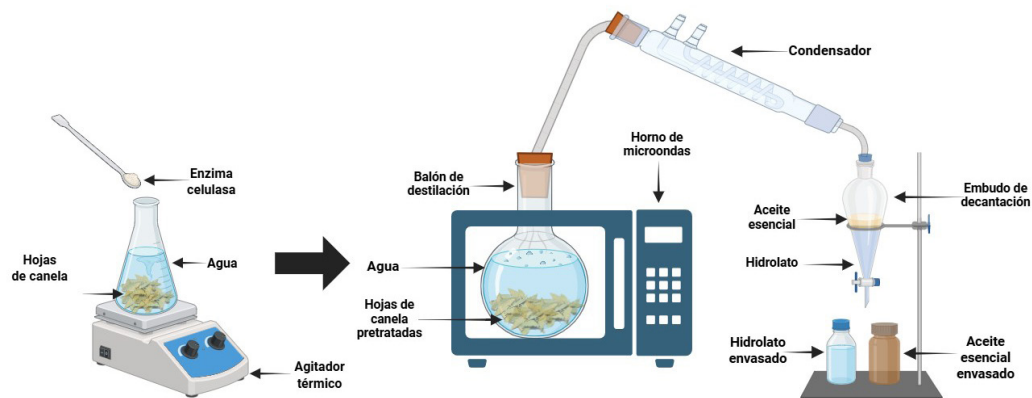


Figura 6. Destilación asistida por microondas con pretratamiento enzimático para la extracción de aceite esencial de hojas de canela.

Crédito: Oscar Fernández Platas. Diseñada con BioRender.

¿Y qué tan efectiva es esta técnica? Un estudio comparó el método HAM-PE con la hidrodestilación tradicional para extraer aceite esencial de hojas de canela. Mientras que la técnica convencional alcanzó un rendimiento del 0.72 % en 240 minutos, HAM-PE logró un 0.76 % en tan solo 37 minutos, usando la misma potencia de 510 W (Liu et al., 2021). Una clara muestra de cómo la combinación de biotecnología y microondas puede optimizar la extracción, reduciendo drásticamente el tiempo y mejorando el rendimiento del aceite esencial.

Aceites esenciales, más rápidos y eficientes que nunca

Las nuevas tecnologías de extracción han demostrado ser alternativas muy prometedoras frente a los métodos tradicionales, al mejorar tanto el rendimiento como la velocidad del proceso. Métodos como la hidrodestilación y la destilación por arrastre de vapor, aunque muy utilizados, pueden ser más lentos y consumir más energía. En cambio, técnicas como la hidrodestilación asistida por microondas, la destilación por calentamiento óhmico y los pretratamientos ultrasónico o enzimático han logrado reducir drásticamente los tiempos de extracción —a veces de horas a solo minutos— manteniendo o incluso mejorando los rendimientos.

Estas innovaciones son clave para la industria de los aceites esenciales, ya que permiten obtener mayor cantidad de producto en menos tiempo, lo que puede aumentar la productividad y reducir costos. Aunque todavía existen desafíos para su implementación masiva, especialmente en términos de inversión y adaptación de equipos, el futuro de estas tecnologías parece muy prometedor: ofrecen un proceso de extracción más rápido, eficiente y sostenible.

Referencias

- ❖ Aćimović, M., Tešević, V., Smiljanić, K., Cvetković, M., Stanković, J., Kiprovski, B., y Sikora, V. (2020). Hydrolates: By-products of essential oil distillation: Chemical composition, biological activity and potential uses. *Advanced Technologies*, 9(2), 54–70. <https://doi.org/10.5937/savteh2002054a>
- ❖ Altintas, A., Tabanca, N., Tyihák, E., Ott, P. G., Móricz, Á. M., Mincsovcics, E., y Wedge, D. E. (2013). Characterization of volatile constituents from *Origanum onites* and their antifungal and antibacterial activity. *Journal of AOAC International*, 96(6), 1200–1208. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.SGEAltintas>
- ❖ Angarita-Navarro, A. M., Casas-Cárdenas, P. D., y López-Aguirre, J. P. (2022). Uso de aromaterapia en gestantes: una revisión de la literatura. *Revista Ciencia y Cuidado*, 19(1), 107–118. <https://doi.org/10.22463/17949831.3092>
- ❖ Barotto, A. J. (2021). Extracción Verde De Aceites Esenciales. *Investigación Joven*, 8(2), 1–6.
- ❖ Boulila, A., Hassen, I., Haouari, L., Mejri, F., Amor, I. Ben, Casabianca, H., y Hosni, K. (2015). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from bay leaves (*Laurus nobilis* L.). *Industrial Crops and Products*, 74(2015), 485–493. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.05.050>
- ❖ Cano-Botero, J. L., Ospina-Balvuelta, Y., Gutiérrez-Cifuentes, J. A., y Ríos-Vásquez, E. (2023). Hidrodestilación asistida por microondas de aceite esencial de *Cúrcuma longa* (rizomas): optimización mediante superficie de respuesta. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, 13(1), 185–200. https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/16061
- ❖ Casado, I. (2018). Optimización de la extracción de Aceites Esenciales por destilación en Corriente de Vapor. *Universidad Politécnica de Madrid*, 1, 84. <https://bit.ly/3ObkF1a>
- ❖ Cerón-Salazar, I., y Cardona-Alzate, C. (2011). Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería y Ciencia - Ing.Cienc.*, 7(13), 65–86. <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/401>
- ❖ Gavahian, M., y Chu, Y. H. (2018). Ohmic accelerated steam distillation of essential oil from lavender in comparison with conventional steam distillation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 50, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.006>
- ❖ Gawde, A., Cantrell, C. L., Zheljazkov, V. D., Astatkie, T., y Schlegel, V. (2014). Steam distillation extraction kinetics regression models to predict essential oil yield, composition, and bioactivity of chamomile oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 61–67. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.04.001>



- ❖ Golmakani, M. T., Zare, M., y Razzaghi, S. (2017). Eugenol enrichment of clove bud essential oil using different microwave-assisted distillation methods. *Food Science and Technology Research*, 23(3), 385–394. <https://doi.org/10.3136/fstr.23.385>
- ❖ Golmohammadi, M., Borghei, A., Zenouzi, A., Ashrafi, N., y Taherzadeh, M. J. (2018). Optimization of essential oil extraction from orange peels using steam explosion. *Heliyon*, 4(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00893>
- ❖ González-Moreno, B. J., Piña-Barrera, A. M., Pérez-López, L. A., Galindo-Rodríguez, S. A., y Alvarez-Román, R. (2022). Aceites esenciales de origen natural: características químicas, técnicas de extracción y potencial aplicación biológica. *Biología y Sociedad*, 5(10). <https://doi.org/10.29105/bys5.10-71>
- ❖ Guananga-Díaz, N., Guananga-Díaz, F., Luna-Logroño, N., y Sánchez-Rosero, A. (2022). Efecto antibacteriano de aceites esenciales de cítricos en jabones de aceite vegetal reciclado. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(5–3), 87–100. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.5-3.1512>
- ❖ Haro-González, J. N., Castillo-Herrera, G. A., Martínez-Velázquez, M., y Espinosa-Andrews, H. (2021). Clove essential oil (*Syzygium aromaticum* l. myrtaceae): Extraction, chemical composition, food applications, and essential bioactivity for human health. *Molecules*, 26(21). <https://doi.org/10.3390/molecules26216387>
- ❖ Hernández, L., Abraham, M., Martínez, J., Pérez, L., y Mares, E. (2016). Aceite Esencial De Oregano Como Potencial Nutracéutico. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(10), 1–6.
- ❖ Hoffmann, K. H. (2020). Essential oils. *Zeitschrift Fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences*, 75(78), 177. <https://doi.org/10.1515/znc-2020-0124>
- ❖ Kajjari, S., Joshi, R. S., Hugar, S. M., Gokhale, N., Meharwade, P., y Uppin, C. (2022). The Effects of Lavender Essential Oil and its Clinical Implications in Dentistry: A Review. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 15(3), 385–388. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2378>
- ❖ Kumar, R., Chopra, S., Choudhary, A. K., Mani, I., Yadav, S., y Barua, S. (2023). Cleaner production of essential oils from Indian basil, lemongrass and coriander leaves using ultrasonic and ohmic heating pre-treatment systems. *Scientific Reports*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31090-0>
- ❖ León Méndez, G., Osorio Fortich, M. del R., Torrenegra, M. E., y González, J. G. (2015). Extraction, characterization and antioxidant activity of essential oil from *Plectranthus amboinicus* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 708–718.
- ❖ Liu, Z., Li, H., Cui, G., Wei, M., Zou, Z., y Ni, H. (2021). Efficient extraction of essential oil from *Cinnamomum burmannii* leaves using enzymolysis pretreatment and followed by microwave-assisted method. *Lwt*, 147(April), 111497. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111497>



- ❖ Mileva, M., Ilieva, Y., Jovtchev, G., Gateva, S., Zaharieva, M. M., Georgieva, A., Dimitrova, L., Dobрева, A., Angelova, T., Vilhelmova-Ilieva, N., Valcheva, V., y Najdenski, H. (2021). Rose flowers—a delicate perfume or a natural healer? *Biomolecules*, 11(1), 1–32. <https://doi.org/10.3390/biom11010127>
- ❖ Mwaniki, J. M., Mwazighe, F. M., y Kamau, G. N. (2015). Analysis of Blue Chamomile Essential Oil produced by multi-solvent Solvent Extraction Clevenger Distillation Method. *Africa Journal of Physical Sciences*, 2(1), 1–10. <https://uonjournals.uonbi.ac.ke/ojs/index.php/ajps/article/view/1005>
- ❖ Nakas, A., Giannarelli, G., Fotopoulos, I., Chainoglou, E., Peperidou, A., Kontogiannopoulos, K. N., Tsiaprazi-Stamou, A., Varsamis, V., Gika, H., Hadjipavlou-Litina, D., y Assimopoulou, A. N. (2023). Optimizing the Distillation of Greek Oregano—Do Process Parameters Affect Bioactive Aroma Constituents and In Vitro Antioxidant Activity? *Molecules*, 28(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/molecules28030971>
- ❖ Rassem, H. H. A., Nour, A. H., Ali, G. A. M., Masood, N., Al-Bagawi, A. H., Alanazi, T. Y. A., Magam, S., y Assiri, M. A. (2022). Essential Oil from Hibiscus Flowers through Advanced Microwave-Assisted Hydrodistillation and Conventional Hydrodistillation. *Journal of Chemistry*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2000237>
- ❖ Řebíčková, K., Bajer, T., Šilha, D., Ventura, K., y Bajerová, P. (2020). Comparison of Chemical Composition and Biological Properties of Essential Oils Obtained by Hydrodistillation and Steam Distillation of *Laurus nobilis* L. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(4), 495–504. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00834-y>
- ❖ Rodriguez, M., Alcaraz, L., y Real, S. (2019). Procedimientos para la extracción de aceite en plantas aromáticas. *Centro de Investigaciones Biologicas Del Noroeste, S.C.*, 12–17. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf
- ❖ Rowshan, V., Bahmanzadegan, A., y Saharkhiz, M. J. (2013). Influence of storage conditions on the essential oil composition of *Thymus daenensis* Celak. *Industrial Crops and Products*, 49, 97–101. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.04.029>
- ❖ Ruiz, C., Díaz, C., y Rojas, R. (2015). Composición Química De Aceites Esenciales De 10 Plantas Aromáticas Peruanas. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(2), 81–94. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i2.10>
- ❖ Sarah, M., Ardiansyah, D., Misran, E., y Madinah, I. (2023). Extraction of citronella oil from lemongrass (*Cymbopogon winterianus*) by sequential ultrasonic and microwave-assisted hydro-distillation. *Alexandria Engineering Journal*, 70, 569–583. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.03.019>
- ❖ Sattayakhom, A., Wichit, S., y Koomhin, P. (2023). The Effects of Essential Oils on the Nervous System: A Scoping Review. *Molecules*, 28(9), 1–23. <https://doi.org/10.3390/molecules28093771>



- ❖ Selvamuthukumaran, M., y Shi, J. (2017). Recent advances in extraction of antioxidants from plant by-products processing industries. *Food Quality and Safety*, 1(1), 61–81. <https://academic.oup.com/fqs/article/1/1/61/4791727>
- ❖ Stratakis, A. C., y Koidis, A. (2015). Methods for Extracting Essential Oils. In *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00004-3>
- ❖ Suttiarporn, P., Seangwattana, T., Srisurat, T., Kongitthinon, K., Chumnavej, N., y Luangkamin, S. (2024). Enhanced extraction of clove essential oil by ultrasound and microwave assisted hydrodistillation and their comparison in antioxidant activity. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 8(March), 100411. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100411>
- ❖ Tubay, C., Zambrano, L., Llor, M. M., Moreira, K., y Revilla, K. (2024). Aceites esenciales en la conservación de alimentos : Una revisión Essentials oils in food preservation : A review Abstract. *Revista Científica y Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 11(1), 62–80.
- ❖ Wong, Y. C., Ahmad-Mudzaqqir, M. Y., y Wan-Nurdiyana, W. A. (2014). Extraction of essential oil from cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*). *Oriental Journal of Chemistry*, 30(1), 37–47. <https://doi.org/10.13005/ojc/300105>
- ❖ Yu, F., Wan, N., Zheng, Q., Li, Y., Yang, M., y Wu, Z. (2021). Effects of ultrasound and microwave pretreatments on hydrodistillation extraction of essential oils from Kumquat peel. *Food Science and Nutrition*, 9(5), 2372–2380. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2073>