



universidad
de león



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES

**PRINCIPALES COMPONENTES Y
RECUPERACIÓN SOSTENIBLE DE
ACEITES ESENCIALES CON
INFLUENCIA COGNITIVA POSITIVA**

**MAIN COMPONENTS AND
SUSTAINABLE RECOVERY OF
ESSENTIAL OILS WITH POSITIVE
COGNITIVE INFLUENCE**

Autor: Óscar Montoya Marcos

GRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

Julio, 2020

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo principal.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
2 EL PROCESO OLFATIVO	4
3 PRINCIPALES CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LOS ACEITES ESENCIALES	7
3.1 Hidrocarburos	7
3.1.1 Monoterpenos	8
3.1.2 Sesquiterpenos	8
3.2 Compuestos con grupos funcionales oxigenados	9
3.2.1 Grupos hidroxilo	10
3.2.2 Grupos que contienen al menos un carbono carbonilo.....	11
3.2.3 Grupos con puente de oxígeno.....	13
3.3 Otras sustancias heterocíclicas	14
3.3.1 Compuestos de azufre.....	15
3.3.2 Derivados nitrogenados	15
3.3.3 Compuestos inorgánicos.....	15
4 ESPECIES BOTÁNICAS CON INFLUENCIA POSITIVA EN EL RENDIMIENTO COGNITIVO	16
4.1 Magnolia del norte del Japón (<i>Magnolia kobus</i>)	16
4.2 Menta (<i>Mentha piperita</i>)	17
4.3 Romero (<i>Salvia rosmarinus</i>)	17
5 MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE ACEITES ESENCIALES TRADICIONALES E INNOVADORES	21
6 CONCLUSIONES	27
7 REFERENCIAS	28

RESUMEN

A lo largo del día, realizar ciertas tareas de manera satisfactoria puede mejorar nuestro bienestar y aumentar nuestra calidad de vida. Así, el correcto uso y conocimiento de los aceites esenciales en ámbito de trabajo puede conllevar ciertos beneficios a la hora de analizar el rendimiento cognitivo de cada individuo. Para ello, es necesario conocer tanto las especies botánicas como el método de recuperación más apropiado.

Para poder llevar a cabo esta investigación, se realizó una revisión bibliográfica de manera sistemática de artículos científicos consultando las bases de datos ScienceDirect, Scopus y Google Scholar. Se encontró que existen tres especies botánicas de especial interés: *Magnolia kobus*, *Mentha piperita* y *Salvia rosmarinus*. De las tres, se observó que era particularmente relevante la especie *Salvia rosmarinus*.

Ante la demanda de procesos de recuperación más eficientes y sostenibles por parte de la sociedad, se estudiaron los métodos más importantes de extracción de aceites esenciales, encontrando como más adecuada la tecnología basada en el principio de la radiación microondas, con especial atención a los métodos de hidrodifusión por microondas. Tras un estudio a mayor profundidad, se destacó la técnica de extracción por gravedad como una opción competitiva y con un gran potencial en su aplicación. No obstante, se advirtió de la necesidad de una investigación futura en mayor profundidad para optimizar el proceso en mayor medida.

ABSTRACT

Throughout the day, accomplishing certain tasks in a satisfactory way can improve our well-being and increase our life quality. Thus, the correct use and knowledge of essential oils in the workplace can have certain benefits when analyzing the cognitive performance of each individual. To do this, it is necessary to know both the botanical species and the most appropriate recuperation method.

In order to complete this research, a systematic bibliographic review of scientific articles was carried out by consulting the ScienceDirect, Scopus and Google Scholar databases. It was found that there are three botanical species of special interest: *Magnolia kobus*, *Mentha piperita* and *Salvia rosmarinus*. Between them, *Salvia rosmarinus* was found to be of particular interest.

In view of society demand for more efficient and sustainable recuperation processes, the most important methods of extracting essential oils were studied. The technology based on the principle of microwave radiation was found to be the most appropriate, with special attention to microwave hydrodiffusion methods. After a more in-depth study, the gravity extraction technique was highlighted as a competitive option with high potential in its application. However, it was noted that further research was needed to enhance process optimization.

Palabras clave: Aceite esencial, compuestos oxigenados, desarrollo cognitivo, microondas y sostenibilidad.

Keywords: Essential oil, oxygenated compounds, cognitive development, microwaves and sustainability.

1 INTRODUCCIÓN

A lo largo del día, los seres humanos recibimos numerosos estímulos a través de los cinco sentidos. Esta información se transmite al cerebro y en consecuencia provoca una emoción específica influyendo en nuestro comportamiento (Hoefler *et al.*, 2016).

A diferencia de otros sentidos, el olfato es el primero en aparecer en la escala evolutiva animal y responde a cambios en nuestro organismo de manera rápida y sensible, siendo el estímulo olfativo el más apropiado para controlar la actividad fisiológica humana (Park *et al.*, 2019).

En este contexto, la aromaterapia mediante aceites esenciales se presenta como una terapia complementaria para tratar varias enfermedades y mejorar la salud de nuestro organismo (Kiecolt-Glaser *et al.*, 2008).

La aromaterapia tiene diferentes aplicaciones, como el masaje, el baño o la inhalación. En el campo de la aromaterapia, los aceites esenciales se han utilizado para el tratamiento de diversos trastornos psicológicos y físicos, tales como dolores de cabeza, insomnio, eczema, ansiedad inducida por el estrés, depresión y problemas digestivos (Kako *et al.*, 2008). Asimismo, el resultado positivo que se busca, mediante la inhalación de aceites esenciales, es aumentar la concentración mental en el ambiente laboral, mejorando así la productividad y, en general, enriquecer la calidad de vida.

Para obtener un aceite esencial de calidad hay que seleccionar adecuadamente el método de recuperación del producto. La elección del método más eficiente y sostenible es importante para una mayor protección y uso racional de los recursos, una mejor optimización del tiempo de recuperación, rendimiento y coste de producción, así como un mayor desarrollo social alcanzando niveles de satisfacción colectivos más amplios (Rassem *et al.*, 2016). Por ello, se analizan los métodos más apropiados para la obtención de varios aceites esenciales.

El uso de métodos tradicionales, como son la hidrodestilación, el enflorado, la cohobación o la maceración, causan la pérdida de ciertos compuestos volátiles debido a los largos tiempos de extracción necesarios y a la degradación de los compuestos insaturados por efecto térmico, disminuyendo la calidad del aceite esencial obtenido. Además, varios de estos métodos consumen mucho tiempo y energía (Elyemni *et al.*, 2019).

Sin embargo, con el fin de reducir los tiempos de extracción, el consumo de energía, el uso de disolventes, las emisiones de CO₂ y mejorar la calidad de los aceites esenciales, se han desarrollado nuevas técnicas de extracción como la extracción asistida por microondas, la

extracción con disolventes a presión, la extracción con fluidos supercríticos o la extracción asistida por ultrasonidos (Rassem *et al.*, 2016).

1.1 Justificación

La definición de aromaterapia proviene de la palabra aroma, que significa olor o fragancia, y terapia, que significa tratamiento. Durante siglos, la aromaterapia ha utilizado aceites esenciales como potencial curativo para el cuerpo, la mente y espíritu. Diversas civilizaciones antiguas presentes en Egipto, China e India han utilizado esta terapia complementaria y alternativa popular desde hace al menos 6.000 años (Ali *et al.*, 2015), cobrando mucha atención a finales del siglo XX y es muy popular también en el presente siglo XXI debido a su importancia en el uso terapéutico, cosmético, aromático, y espiritual (Esposito *et al.*, 2014).

Además de aliviar el estrés y mejorar el déficit de sueño y el estado de ánimo, estos aceites presentan propiedades antibacterianas, antibióticas y antivirales. Asimismo, profesionales del sector sugieren su importancia en el tratamiento de ciertas enfermedades cardiovasculares, alzhéimer, cáncer, principalmente (Perry y Perry, 2006; Jimbo *et al.*, 2009; Lai *et al.*, 2011).

En la actualidad, el interés creciente de los aceites esenciales en el sector de la agricultura y alimentación se debe a su actividad antimicrobiana de amplio espectro, que puede proporcionar, por ejemplo, ingredientes funcionales alternativos para prolongar la vida útil de los productos alimenticios y garantizar la seguridad microbiana de los consumidores (Sánchez-González *et al.*, 2011).

Según el informe de base de datos de estudios de mercado proporcionado por *Grand View Research*, el mercado mundial de aceites esenciales fue valorado en 7,03 billones de dólares en 2018 y se prevé que alcance los 14,6 billones de dólares en 2026 (Grand View Research, 2017).

Esto se debe al aumento continuo de la conciencia y sensibilidad social sobre los beneficios de los productos orgánicos, naturales (no sintéticos), que está creando cambios favorables en los estilos de vida de la población, provocando un impulso por este tipo de productos entre los que se incluyen los aceites esenciales.

De la misma manera existe un desarrollo tecnológico, mediante nuevos métodos de extracción respetuosos con el medioambiente, buscando también niveles superiores de rendimiento y mayor fiabilidad del producto final (Rassem *et al.*, 2016).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

El objetivo principal de este trabajo es elaborar una revisión bibliográfica sobre la obtención de un aceite esencial de manera sostenible con el fin de aumentar el rendimiento cognitivo en ámbito de trabajo.

1.2.2 Objetivos específicos

Para cumplir el objetivo general anterior se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Estudiar el efecto de los aromas en nuestro sistema cognitivo y su efecto en las emociones.
2. Conocer los principales constituyentes químicos de los aceites esenciales.
3. Reconocer las especies botánicas cuyo aceite esencial provoque una respuesta cerebral capaz de aumentar la concentración mental en el ámbito de trabajo.
4. Reconocer el método de recuperación de aceites esenciales más sostenible y eficiente para su producción.

2 EL PROCESO OLFATIVO

A lo largo del día recibimos numerosos estímulos, siendo el olfato uno de los medios más importantes por los que nuestro entorno y nuestro organismo se intercomunican. En este contexto, una de las aplicaciones de los olores es su uso con el objetivo de influir en las emociones de las personas y afectar a su rendimiento (Sowndhararajan y Kim, 2016).

El olfato y la emoción comparten vías cerebrales comunes que se integran en el sistema límbico en las que primariamente intervienen la amígdala, el córtex prefrontal, la corteza cingulada anterior, el hipotálamo y el hipocampo, como podemos ver en la Figura 1 (Soudry *et al.*, 2011).

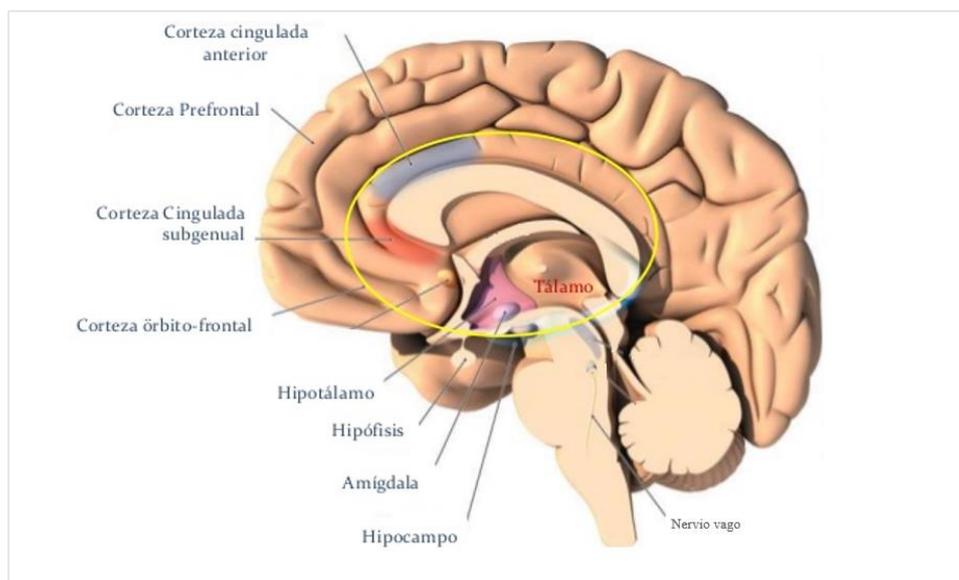


Figura 1: Estructura cerebral del sistema límbico. Fuente: Web Diazatienza.

Durante el proceso olfativo, las personas reconocen las cualidades de los olores, alterando su respuesta fisiológica y emocional (Olofsson *et al.*, 2012). No obstante, las emociones inducidas por los olores son difíciles de regular, viéndose afectadas y limitadas por la experiencia personal de cada individuo (Adolph y Pause, 2012).

El proceso olfativo comienza en la mucosa olfativa cuando el aroma de la atmósfera es inhalado por la nariz, región situada entre la parte superior y posterior de la cavidad nasal, como se aprecia en la Figura 2 y se verá con más detalle a posteriori.

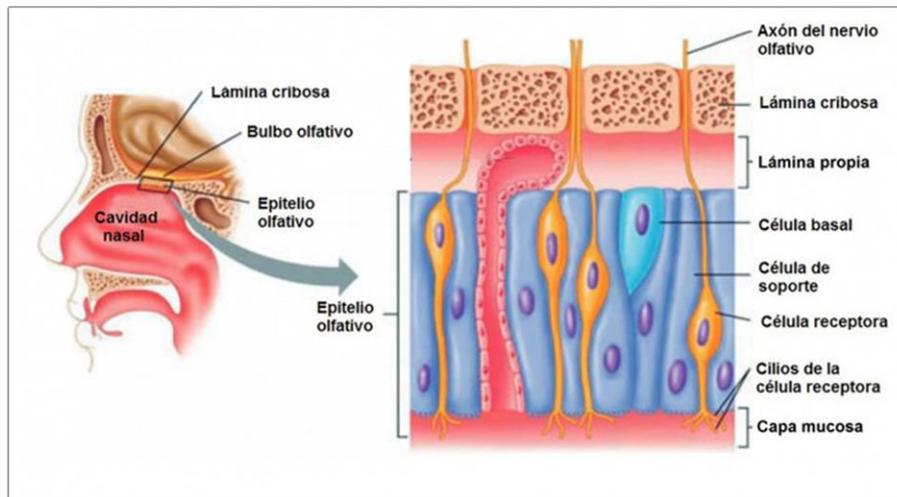


Figura 2. Estructura del epitelio olfativo. Fuente: Web Curiosoando.

Seguidamente, las moléculas de compuestos orgánicos volátiles percibidas (aquellas de peso molecular inferior a 300 Da) presentes en el aroma se unen a los cilios de las células receptoras presentes en la capa mucosa de la cavidad nasal. Como muestra la Figura 3, éstas se encargan de traducir señales químicas en un mensaje nervioso eléctrico (Aponso *et al.*, 2020).

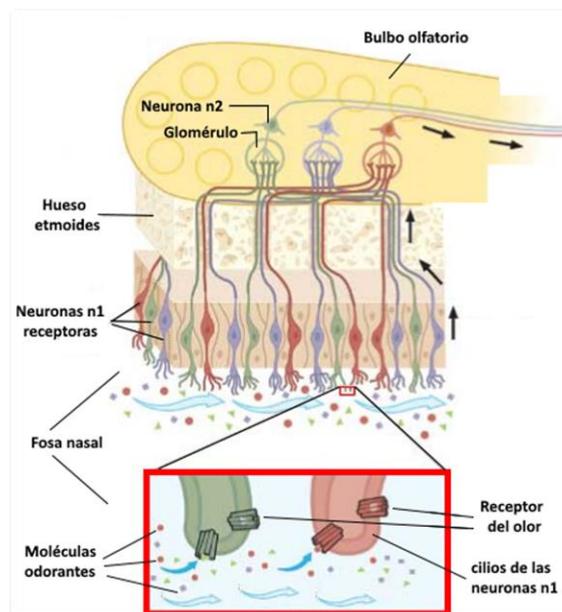


Figura 3. Sistema sensorial del olfato. Fuente: Web El Nacional.

Por un extremo, las neuronas receptoras olfativas se extienden a través del epitelio olfativo para entrar en contacto con el aire. Y por el otro, las células receptoras olfativas del epitelio forman haces de axones para penetrar en la placa cribiforme del hueso, alcanzando el bulbo olfativo del cerebro donde convergen para formar estructuras sinápticas llamadas glomérulos. Cada

glomérulo recibe la entrada de neuronas sensoriales olfativas que expresan el mismo tipo receptor de olor (Sowndhararajan y Kim, 2016).

Esta fuerte convergencia permite detectar señales de baja intensidad. Por ello, la percepción de un olor en el bulbo olfativo está constituida por los impulsos nerviosos que penetran en cada glomérulo provenientes de las células receptoras al inicio del proceso (Soudry *et al.*, 2011).

A continuación, el tracto olfativo conduce los axones de las células eferentes de cada glomérulo abandonando el bulbo olfativo y transmitiendo esta información hacia la corteza olfativa primaria, área involucrada en funciones emocionales (Mackay-Sim y Royet, 2006).

La información procesada en el córtex olfativo primario se proyecta luego hacia diversas áreas del cerebro, principalmente el córtex prefrontal, el hipotálamo, el hipocampo y la amígdala (Soudry *et al.*, 2011). Finalmente, la amígdala parece ser un lugar estratégico donde se integran los estímulos olfativos y neuroendocrinos, modulando la conducta de nuestros pensamientos, memoria y comportamiento (King, 2006).

3 PRINCIPALES CONSTITUYENTES QUÍMICOS DE LOS ACEITES ESENCIALES

En base a la presencia de grupos funcionales en las moléculas constituyentes de los aceites esenciales, se puede presentar una clasificación dividida en tres categorías fundamentales: hidrocarburos, compuestos con grupos funcionales oxigenados, y otras sustancias heterocíclicas.

3.1 Hidrocarburos

Los hidrocarburos son la categoría de compuestos orgánicos más simples, constituidos en su totalidad por átomos de carbono e hidrógeno, que varían mucho en tamaño y complejidad. Son muy solubles en lípidos (lipofílicos), pero muy poco solubles en agua (Moghaddam y Mehdizadeh, 2017).

Los que tienen cadenas lineales, con o sin ramificaciones laterales de carbono se clasifican como alifáticos, e incluyen alcanos, alquenos y alquinos. La palabra "alifático" describe las moléculas que carecen de estructura cíclica o presencia de anillos aromáticos. Ejemplo de moléculas alifáticas son la molécula de 2-buteno (C_4H_8) como podemos ver en la Figura 4.

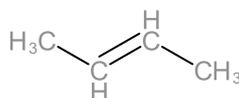


Figura 4. Molécula alifática 2-buteno. Fuente elaboración propia.

En los alcanos de más de un átomo de carbono, todos ellos están unidos entre sí por un enlace sencillo de tipo (σ). Los carbonos también se unen por enlaces sencillos a los hidrógenos respectivos.

Los alquenos tienen uno o varios enlaces dobles (tipo $\sigma + \pi$) carbono-carbono en su estructura, mientras que los alquinos tienen uno o varios enlaces triples (tipo $\sigma + \pi + \pi$) carbono-carbono. Los alquenos son componentes comunes de los aceites esenciales y se encuentran en gran medida en el grupo de los hidrocarburos monoterpénicos. El mirceno es un ejemplo de este grupo y se muestra en la Figura 5 (Tisserand y Young, 2013).

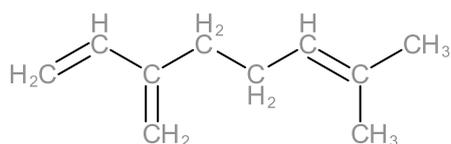


Figura 5. Mirceno. Fuente elaboración propia.

Sin embargo, los alquinos no se encuentran normalmente en los aceites esenciales. Muchos constituyentes de los aceites esenciales contienen uno o más anillos, bien saturados o insaturados, y se denominan mono, bi-, tri-, en general, policíclicos.

Por otra parte, los terpenos resultan de la condensación de isopreno (2-metil-1,3-butadieno), una unidad de cinco carbonos con dos enlaces insaturados como se observa en la Figura 6.

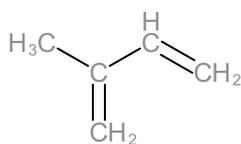


Figura 6: Unidad de isopreno. Fuente elaboración propia.

Los terpenos se clasifican según el número de unidades de isopreno en su estructura, por ejemplo, hemiterpenos (una unidad), monoterpenos (dos unidades), sesquiterpenos (tres unidades), diterpenos (cuatro unidades), y así sucesivamente. La mayoría de los aceites esenciales son mezclas altamente complejas de monoterpenos ($C_{10}H_{16}$) y sesquiterpenos ($C_{15}H_{24}$) (Moghaddam y Mehdizadeh, 2017).

3.1.1 Monoterpenos

Los monoterpenos son moléculas formadas por dos unidades de isopreno unidas. El limoneno es un monoterpeno que se encuentra comúnmente en los aceites esenciales, y se muestra en la Figura 7.

3.1.2 Sesquiterpenos

Las moléculas con 3 unidades de isopreno, es decir, moléculas de 15 átomos de carbono se conocen como sesquiterpenos (del latín sesqui, o uno y medio). El zingibereno es un sesquiterpeno, se muestra en la Figura 7.

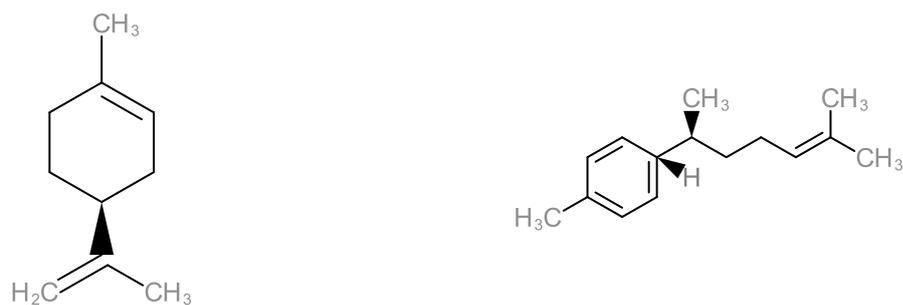


Figura 7. Molécula de limoneno (izquierda) y zingibereno (derecha). Fuente elaboración propia.

Tanto los monoterpenos como los sesquiterpenos pueden ser modificados mediante la adición de grupos funcionales. Cuando a un terpeno se le añade un grupo funcional, se le conoce como terpenoide, y puede ser tanto monoterpenoide como sesquiterpenoide. La terminación "oide" significa "como" o "derivado de", por lo que "terpenoide" puede referirse a todas las moléculas con una estructura similar a la de los terpenos. Algunos autores se refieren tanto a las moléculas monoterpenoides como sesquiterpenoides por el término general terpenoides (Bowles, 2003; McGuinness, 2003).

3.2 Compuestos con grupos funcionales oxigenados

Por grupo funcional se entiende "un átomo o un grupo de átomos que determinan en gran medida las propiedades químicas características de la molécula que lo contiene". En los aceites esenciales, la mayoría de los grupos funcionales contienen heteroátomos (átomos distintos del carbono), en particular oxígeno.

Los grupos funcionales reemplazan los átomos de hidrógeno en un hidrocarburo. Esto no significa que la parte de la cadena hidrocarbonada de una molécula con grupos funcionales no tenga ningún papel en las propiedades físicas o químicas de un compuesto. Por el contrario, tiene una influencia importante en la solubilidad y la volatilidad de un compuesto, que son factores clave para promover el acceso a los receptores del olor y el sabor (Tisserand y Young, 2013).

A continuación, se revisan los principales grupos funcionales que se encuentran en los componentes de los aceites esenciales.

3.2.1 Grupos hidroxilo

3.2.1.1 Alcoholes

Los alcoholes contienen el grupo funcional hidroxilo (-OH) y son quizás el grupo más variado de derivados terpénicos que se encuentran en los aceites esenciales. Tienen al menos un grupo hidroxilo unido a un átomo de carbono (Reyes-Jurado *et al.*, 2015). El mentol es un ejemplo de un alcohol como muestra la Figura 8.

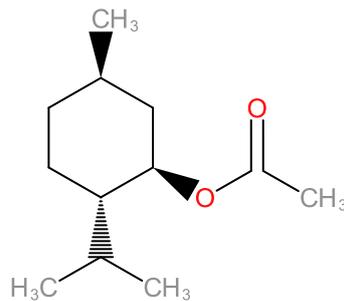


Figura 8: Mentol. Fuente elaboración propia.

Los alcoholes son relativamente no tóxicos, no mutágenos y poseen una baja irritabilidad y alergenicidad. Los alcoholes monoterpénicos (monoterpenoles) son buenos antisépticos, con propiedades antimicóticas (McGuinness, 2003).

3.2.1.2 Fenoles

Al igual que los alcoholes, los fenoles también tienen un grupo hidroxilo (-OH) (Dosoky y Setzer, 2018). Sin embargo, en los fenoles el OH está unido a un anillo de benceno que, generalmente, tiene un sustituyente isopropílico (cadena de tres carbonos unida al anillo en el átomo de carbono α). Los fenoles son ácidos débiles y moderadamente reactivos. Algunos ejemplos moleculares con grupos fenólicos son el timol y el carvacrol en el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el orégano (*Origanum vulgare*), y el eugenol en el clavo (*Syzygium aromaticum*), ver Figura 9.

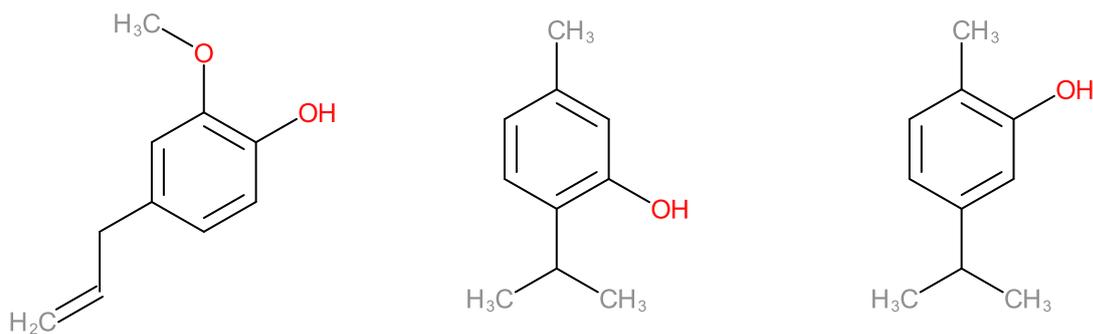


Figura 9. Eugenol, timol y carvacrol, de izquierda a derecha. Fuente elaboración propia.

3.2.2 Grupos que contienen al menos un carbono carbonilo

3.2.2.1 Aldehídos

Estos compuestos contienen el grupo funcional -CHO y es uno de los varios grupos que contienen un carbono carbonilo (CO). Los aldehídos tienen un átomo de oxígeno doblemente unido a un átomo de carbono al final de una cadena de carbono. El cuarto enlace suele ser un átomo de hidrógeno (Bowles, 2003).

Los aldehídos están ampliamente distribuidos como componentes naturales de los aceites esenciales. Los aldehídos tienen un olor ligeramente afrutado cuando se huelen de forma aislada. El cuminaldehído y el geranial son ejemplos de aldehídos importantes y se muestran en la Figura 10 (Tisserand y Young, 2013).

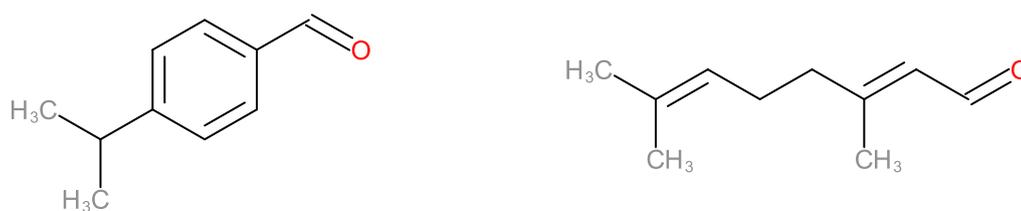


Figura 10. Cuminaldehído (izquierda) y geranial (derecha). Fuente elaboración propia.

3.2.2.2 Cetonas

Las cetonas son estructuralmente similares a los aldehídos y también poseen un grupo carbonilo. La diferencia con los aldehídos es que las cetonas se sitúan en el interior de las cadenas hidrocarbonadas y nunca como grupos terminales. La carvona es una de las cetonas más conocidas, se muestra en la Figura 11 (Kazemi, 2015).

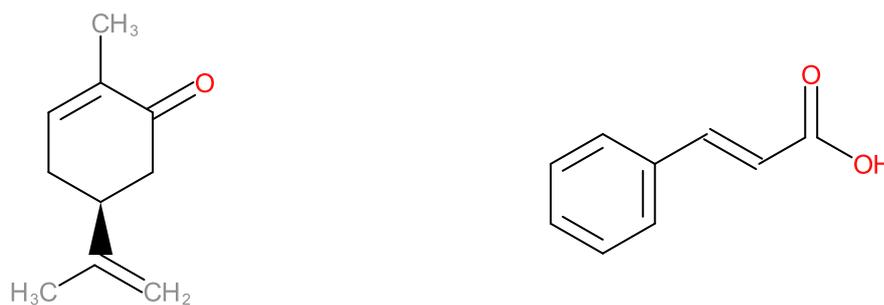


Figura 11. Carvona y ácido cinámico, de izquierda a derecha. Fuente elaboración propia.

3.2.2.3 Ácidos carboxílicos

Otro grupo funcional que contiene un carbono carbonilo es el ácido carboxílico $-COOH$. Este compuesto orgánico es un raro componente en los aceites esenciales debido a su baja volatilidad.

Son ácidos débiles si son comparados con los ácidos inorgánicos y a menudo tienen un olor acre (McGuinness, 2003). El ácido cinámico es uno de los miembros de este grupo, como muestra la Figura 11.

3.2.2.4 Ésteres

Estos compuestos suelen tener un olor intensamente dulce y afrutado y se producen a partir de una reacción de esterificación. Los niveles más altos de concentración de ésteres se alcanzan en la madurez del fruto/planta o en plena floración de la misma. Algunos ésteres tienen propiedades antimicóticas. En la menta, el (-)-mentol se convierte en acetato de (-)-mentilo mediante la reacción de esterificación que resulta en la Figura 12 (Moghaddam y Mehdizadeh, 2017).

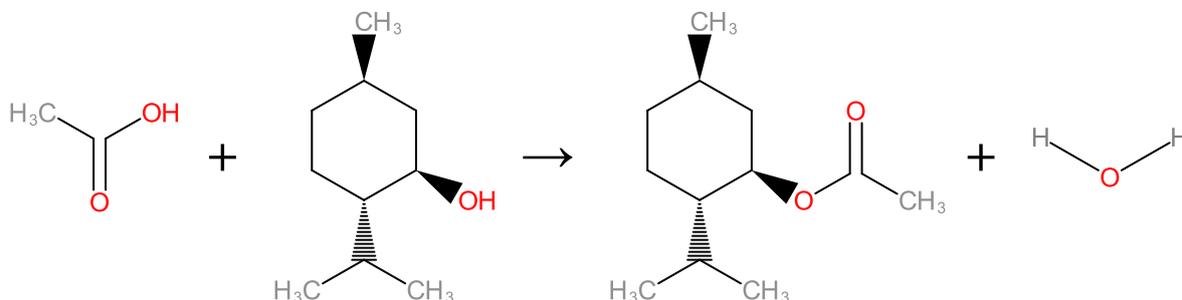


Figura 12: Reacción de esterificación en la formación del éster acetato de mentilo. Fuente elaboración propia.

Las lactonas son ésteres cíclicos que derivan del ácido láctico. En las lactonas, el éster forma estructuras cíclicas en las que el oxígeno que no forma parte del grupo carbonilo pertenece a un anillo. Las lactonas son componentes frecuentes de los aceites esenciales, presentándose en ocasiones en moléculas grandes y complejas, con baja volatilidad.

La cumarina, como muestra la Figura 13, es una lactona bencenoide que se encuentra en varios aceites esenciales, y es responsable del olor del heno recién cortado.

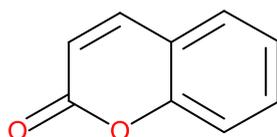


Figura 13. Cumarina. Fuente elaboración propia.

3.2.3 Grupos con puente de oxígeno

3.2.3.1 Éteres

Los éteres son compuestos en los que un átomo de oxígeno de la molécula se une a dos átomos de carbono. Los éteres se encuentran en estructuras acíclicas y también formando parte de la cadena principal de un anillo. Los éteres son formas oxidadas de los hidrocarburos. Por este motivo, también se les conoce como óxidos. El óxido más importante que se encuentra en los aceites esenciales es el cineol, que existe en dos formas. La forma más abundante es el 1,8-cineol (Figura 14); la otra forma, 1,4-cineol, está mucho menos presente en los aceites esenciales (Tisserand y Young, 2013).

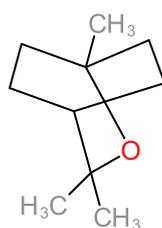


Figura 14. 1,8-cineol. Fuente elaboración propia.

3.2.3.2 Peróxidos

En los peróxidos, dos átomos de oxígeno se unen mediante enlace sencillo y, a su vez, cada uno de ellos se enlaza con un átomo de carbono. Los peróxidos son sustancias químicas poco abundantes y altamente reactivas que se descomponen fácilmente a altas temperaturas (a veces de forma explosiva) y en una exposición prolongada al aire o al agua. Un ejemplo típico es el

ascaridol tóxico que se muestra en la Figura 15, y se encuentra en el aceite de apazote (*Chenopodium ambrosioides*) (Dosoky y Setzer, 2018).



Figura 15. Ascaridol y mentofurán, de izquierda a derecha. Fuente elaboración propia.

3.2.3.3 Furanos

En los furanos, un átomo de oxígeno se incorpora como parte de la cadena hidrocarbonada de un anillo aromático formado por cinco miembros. La aromaticidad es una propiedad que se describe desde el punto de vista mecanocuántico y que presentan los sistemas cíclicos conjugados que poseen $4n+2$ electrones π (regla de Hückel). La aromaticidad presente en los furanos les confiere propiedades físicas y químicas comunes con el benceno. Pocos aceites esenciales contienen furanos, pero el mentofurán se encuentra en los aceites de menta, y se encuentra representado en la Figura 15 (Tisserand y Young, 2013).

3.2.3.4 Furanocumarinas

El furano también forma parte de la estructura de los furanocumarinos, de los que hay varios ejemplos. Estos compuestos son típicamente fototóxicos e incluyen el bergapteno, como se muestra en la Figura 16, que se encuentra en muchos aceites de frutas cítricas, y el metoxsaleno, que se encuentra en el aceite de ruda (*Ruda angustifolia*) (Elshafie y Camele, 2017).

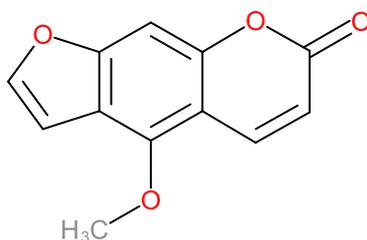


Figura 16. Bergapteno. Fuente elaboración propia.

3.3 Otras sustancias heterocíclicas

Los compuestos heterocíclicos están formados por átomos de carbono dispuestos en un anillo, con uno o varios heteroátomos en su estructura (átomos distintos de carbono o hidrógeno). Los heteroátomos son generalmente átomos de nitrógeno, oxígeno y azufre incluidos como parte

del anillo. Los derivados nitrogenados y del azufre son poco comunes en los aceites esenciales, y se dan principalmente en aceites florales como el jazmín, el neroli y el narciso (Moghaddam y Mehdizadeh, 2017).

3.3.1 Compuestos de azufre

Los nombres químicos de las moléculas que contienen azufre se pueden clasificar como sulfuros, disulfuros, trisulfuros (...), sulfóxidos e isotiocianatos (Bhardwaj *et al.*, 2020)

Estos compuestos parecen ser importantes en la defensa y desintoxicación de nitrógeno de las plantas. Aunque la mayoría de los compuestos de azufre tienen un olor acre muy desagradable, los compuestos organoazufrados presentes en los aceites esenciales pueden ser muy agradables desde el punto de vista aromático. También se sabe que los compuestos de azufre son importantes en el sabor de las verduras, las frutas y los alimentos y bebidas procesados (Zuzarte y Salgueiro, 2015).

3.3.2 Derivados nitrogenados

Los compuestos que contienen nitrógeno se encuentran en unos pocos aceites esenciales. Estos compuestos tienen un olor fecal en altas concentraciones, pero un aroma floral en dilución. Se utilizan como fijador en fragancias florales y como agente de sabor en helados y el tabaco. (Hunter, 2009). Un ejemplo es el compuesto Indol como muestra la Figura 17.

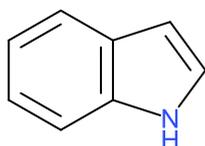


Figura 17. Indol. Fuente elaboración propia.

3.3.3 Compuestos inorgánicos

Un compuesto inorgánico es una sustancia en la que el elemento principal no es el carbono ni el hidrógeno. Hay múltiples compuestos inorgánicos: óxidos, peróxidos, sales, etc.

4 ESPECIES BOTÁNICAS CON INFLUENCIA POSITIVA EN EL RENDIMIENTO COGNITIVO

Como se ha comentado en apartados precedentes, los aceites esenciales pueden tener diversos fines, entre los que destacan el terapéutico, cosmético, aromático, antibacteriano y antiviral.

En este apartado se exponen las principales especies botánicas ya identificadas a través de la búsqueda bibliográfica realizada cuyo aceite esencial evidencie el objetivo principal propuesto, es decir, provocar una respuesta cerebral capaz de aumentar el rendimiento cognitivo en el ámbito laboral.

Antes de profundizar en este apartado, es necesario realizar una clasificación previa de las distintas técnicas de obtención de aceites esenciales a las que se hará referencia posteriormente (Carvalho *et al.*, 2005; Presti *et al.*, 2005; Bousbia *et al.*, 2009; Moradi *et al.*, 2018; Elyemni *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2020). Estas técnicas de obtención pueden clasificarse en dos grupos:

- Métodos tradicionales-convencionales: hidrodestilación (HD), extracción mediante fluidos supercríticos (SFE) y extracción mediante disolventes orgánicos (SE).
- Métodos innovadores-ecológicos: hidrodifusión por microondas y extracción por gravedad (MHG) e hidrodestilación asistida por microondas (MAHD).

Así, se recogen las siguientes especies botánicas.

4.1 Magnolia del norte del Japón (*Magnolia kobus*)

En el estudio llevado a cabo por Cho y col., se analizó el efecto cognitivo que produce el aceite esencial extraído de las yemas florales de la especie botánica magnolia del norte del Japón (*Magnolia kobus*) mediante inhalación (Cho *et al.*, 2015).

El estudio se llevó a cabo en una muestra de 20 estudiantes entre 20 y 30 años a fin de medir la respuesta producida en el sistema nervioso central antes y después del estudio. Esta respuesta se midió mediante una electroencefalografía (EEG), es decir, un registro de la actividad eléctrica del cerebro mediante la aplicación de electrodos sobre el cuero cabelludo. Es una aplicación que permite aumentar nuestra comprensión de la actividad del sistema nervioso central humano en relación con la influencia de los aromas en la función cognitiva (MacDonald, 2015).

Tras la inhalación del aceite esencial de magnolia se observó una mejora de las condiciones mentales de los humanos mediante un aumento de las ondas electromagnéticas responsables de la actividad y concentración cerebral (Cho *et al.*, 2015). Se trata de una especie con escasa información bibliográfica al respecto, pero de notable importancia que se debe tener en cuenta para posibles líneas de investigación futuras.

4.2 Menta (*Mentha piperita*)

El estudio de Moss y col., (Moss *et al.*, 2008) proporciona una mayor evidencia de la influencia de los aceites esenciales en el estado de ánimo y rendimiento cognitivo. Se llevó a cabo gracias a la participación de 144 personas entre 19 y 31 años, los cuales fueron expuestos a la inhalación del aceite esencial de menta (*Mentha piperita*). Los resultados se compararon con el grupo en control, donde no se utilizó ningún aceite esencial.

El análisis se llevó a cabo mediante un sistema adaptado de investigación de drogas cognitivas (en inglés, Cognitive Drug Research, (CDR)). Esta metodología, utilizada desde 1984, es de gran utilidad como conjunto sensible de medidas cognitivas en la investigación clínica de compuestos químicos. El sistema CDR incluye una serie de medidas específicas para la evaluación de determinados aspectos de la atención, la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo (Wesnes *et al.*, 2017).

Los resultados obtenidos mostraron, en el caso de la menta, una mayor puntuación en las tareas relativas a la memoria a largo plazo, traduciéndose en una mejora significativa en el rendimiento de la memoria en comparación con el grupo control (Moss *et al.*, 2008). La menta es una especie cuya influencia en el desarrollo cognitivo ha sido poco estudiada y, por ello, puede ser una buena oportunidad de investigación futura.

4.3 Romero (*Salvia rosmarinus*)

Esta especie presenta una mayor evidencia bibliográfica y un amplio número de estudios científicos relativos al desarrollo cognitivo y métodos de recuperación del aceite esencial.

El romero (*Salvia rosmarinus*) se trata de un arbusto perennifolio, aromático, de hasta 2 m de altura, con ramas marrones y erectas. Las hojas, de 10-36 por 1,2-3,5 mm, son lineares, coriáceas, con un haz verde brillante y rugoso y un envés cubierto por tomento blanco. Los pedúnculos y pedicelos son estrellado-tomentosos. Las flores están dispuestas en verticilastros axilares, paucifloros. El cáliz, cuando es joven, mide 3-4 mm, verde o púrpura y esparcidamente tomentoso; en estado adulto mide 5-7 mm, es subglabro y con los nervios marcados. La corola,

de 10-12 mm, es de color azul pálido, raramente blanca o rosa. Androceo formado por 2 estambres fértiles distintamente exertos, paralelos. Núculas ovoides, lisas y marrones. Florece durante todo el año (Muñoz, 2002).

Este arbusto nanofanerófito que forma parte de matorrales xerofíticos es una especie termófila que requiere un clima templado o templado-cálido. Vive en cualquier tipo de suelo, aunque prefiere los calcáreos. Originario de la zona mediterránea se encuentra sobre todo en el sur de Europa, norte de África y suroeste de Asia. En la Península Ibérica es más frecuente en la mitad sur y en el este, desde el nivel del mar hasta una altura de 1200 m (Muñoz, 2002). A continuación, se muestra en la Tabla 1 la clasificación taxonómica de esta especie.

Tabla 1: Clasificación taxonómica del romero. Fuente: Elaboración propia.

Reino	Subreino	División	Clase	Subclase	Orden
Plantae	Tracheobionta	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asteridae	Lamiales
Familia	Subfamilia	Tribu	Género	Especie	
Lamiaceae	Nepetoideae	Mentheae	Salvia	<i>Salvia rosmarinus</i> (L.) Schleid., 1852	

El aceite de romero ha demostrado tener una acción pronunciada sobre el funcionamiento del cerebro y del sistema nervioso central (SNC). Este aceite esencial es secretado por los tricomas glandulares situados en las hojas y flores del romero, teniendo una mayor calidad el obtenido a partir de las hojas (Presti *et al.*, 2005).

La composición química de este aceite esencial varía según la procedencia geográfica, la parte de la planta y la etapa de desarrollo en el momento de la recolección, el método de extracción y las condiciones climáticas en las que se desarrolla. Por ello, la composición química del aceite esencial de romero puede ser muy variada, pero debe conocerse para evaluar los efectos producidos por este aceite esencial en el organismo humano (Ferreira *et al.*, 2020).

En el estudio de Ferreira y col., (Ferreira *et al.*, 2020) se comparó la composición química del aceite esencial de romero extraído mediante dos métodos diferentes, HD y MHG. En la Tabla 2 se muestran los principales constituyentes químicos del aceite esencial de romero obtenido por MHG y HD:

Tabla 2: Composición química porcentual del aceite esencial obtenido por hidrodifusión por microondas y extracción por gravedad (MHG) e hidrodestilación (HD) de las hojas de romero. Fuente: Elaboración propia.

COMPUESTOS PRESENTES	HD (%)	MHG (%)
Monoterpenos hidrocarbonados		
α -pineno	13,26	12,89
Campheno	3,80	2,48
β -pineno	4,16	3,25
Compuestos oxigenados		
1,8-cineol	47,39	47,55
Alcanfor	17,23	17,51
Borneol	4,14	4,83
α -terpineol	2,55	3,29
Hidrocarburos sesquiterpénicos		
β -cariofileno	1,81	3,01

A la vista de la Tabla 2, puede apreciarse una ligera diferencia en la composición química del aceite esencial obtenido dependiendo del método de extracción, destacando principalmente los compuestos oxigenados 1,8-cineol y alcanfor, y α -pineno como monoterpeno hidrocarbonado. Estos componentes constituyen casi un 80% de la composición del aceite esencial.

En la literatura pueden encontrarse diversos estudios llevados a cabo con aceite de romero. El estudio llevado a cabo por Moss y Oliver (Moss y Oliver, 2012) fue diseñado para evaluar las relaciones farmacológicas del compuesto químico 1,8-cineol, absorbido tras la exposición al aceite esencial de romero, en el rendimiento cognitivo y estado de ánimo. En éste, 20 voluntarios sanos realizaron una serie de tareas numéricas y visuales en una habitación con aceite esencial de romero difuminado. Para analizar el resultado se evaluó el estado de ánimo y se tomaron muestras sanguíneas antes y después del estudio. El resultado mostró, por primera vez, que el rendimiento de las tareas cognitivas realizadas está significativamente relacionado con la concentración de 1,8-cineol absorbido tras la exposición del aceite esencial de romero, con un mejor rendimiento en tareas de precisión y velocidad de procesamiento cognitivo.

En otro estudio llevado a cabo por Moss y col., (Moss *et al.*, 2003) se investigó el impacto olfativo de los aceites esenciales de lavanda (*Lavandula angustifolia*) y romero en el rendimiento cognitivo y el estado de ánimo. Para ello, 144 participantes fueron asignados a diversos grupos aleatoriamente, y posteriormente se realizó una valoración de diferentes aspectos del funcionamiento cognitivo computarizado siguiendo el sistema CDR comentado anteriormente en el análisis de la menta. Cada grupo ocupó una habitación diferente de dimensiones similares que contenía el aceite esencial correspondiente en concentraciones

iguales (aplicando cuatro gotas del aceite apropiado, o agua en condición de control mediante un difusor).

El resultado reveló que el aceite de romero produjo una mejora significativa del rendimiento de la memoria, especialmente en tareas de reconocimiento de palabras, reconocimiento de imágenes, recuerdo inmediato de palabras y recuerdo tardío de palabras. El cuanto al estado de ánimo se encontró que el grupo con aceite de romero presentaba un mayor grado de atención, y además se encontraban más alegres que el grupo control. Estas conclusiones indican que las propiedades olfativas del aceite esencial de romero pueden producir efectos objetivos en el rendimiento cognitivo, así como efectos subjetivos en el estado de ánimo (Moss *et al.*, 2003).

En el estudio llevado a cabo por Sayorwan y col., se investigaron los efectos de la inhalación del aceite esencial de romero en las emociones, así como en ciertos parámetros fisiológicos del sistema nervioso (Sayorwan *et al.*, 2013). Se sometieron 20 voluntarios a un registro del sistema nervioso autónomo mediante mediciones de la temperatura de la piel, frecuencias cardíaca y respiratoria, presión sanguínea, evaluación del estado de ánimo, y un análisis electroencefalográfico, en los periodos anterior y posterior a la inhalación del aceite de romero, en comparación con las condiciones de control.

Los resultados mostraron un aumento importante del ritmo cardíaco, de la presión sanguínea y de la frecuencia respiratoria. En cambio, la temperatura de la piel había disminuido. Esto puede explicarse debido a la abundancia de monoterpenos, tanto hidrocarbonados (α -pineno) como oxigenados (1,8-cineol) presentes en el aceite de romero, que pueden asociarse con efectos estimulantes en el sistema nervioso (Sayorwan *et al.*, 2013).

En el campo emocional, los participantes según propia autoevaluación, se sintieron “más frescos” y “menos somnolientos” tras la inhalación del aceite esencial de romero. Los resultados indicaron que la inhalación de aceite de romero aumenta el nivel de actividad en los participantes. Además la electroencefalografía realizada mostró un aumento de las ondas electromagnéticas responsables del estado de atención, beneficioso para los procesos de pensamiento (Cho *et al.*, 2015). Estos resultados ponen de manifiesto los beneficios de la inhalación del aceite esencial de romero para la mejora de la atención y la mejora emocional.

5 MÉTODOS DE RECUPERACIÓN DE ACEITES ESENCIALES TRADICIONALES E INNOVADORES

Este apartado pone de manifiesto los distintos estudios científicos que comparan diferentes métodos de recuperación del aceite esencial de romero más comunes en la industria cosmética, tanto métodos tradicionales como métodos innovadores-ecológicos analizando las posibles ventajas e inconvenientes de cada uno y definiendo objetivamente el método óptimo siguiendo el objetivo marcado en este trabajo, es decir, reconocer el método de recuperación de aceites esenciales más sostenible y eficiente para su producción.

Este análisis se dedicará exclusivamente al romero debido a que esta especie botánica presenta una mayor y más completa información científica basada en diferentes métodos de recuperación de aceites esenciales en comparación con las otras dos estudiadas, menta y magnolia del norte de Japón.

El romero se caracteriza por presentar un intenso y agradable olor. Hoy en día, el aceite esencial de romero es ampliamente utilizado en la industria cosmética para producir diversas esencias de baño, lociones para el cabello y champús y ha sido objeto de considerables investigaciones en los últimos años (Elyemni *et al.*, 2019).

Antes de analizar los métodos, cabe señalar que la variabilidad de la composición y el rendimiento en la obtención del aceite esencial dependen tanto de factores intrínsecos (genética, subespecie y edad de la planta) como extrínsecos (tales como el clima y las condiciones de cultivo y origen geográfico). Estas variaciones en el aceite esencial también se ven influenciadas según el proceso de extracción utilizado (Tigrine-Kordjani *et al.*, 2012).

Ciertos métodos tradicionales utilizados para la obtención del aceite esencial se basan en la hidrodestilación. Sin embargo, ciertas desventajas, expuestas a continuación, implican que estos métodos tradicionales hayan modificado el enfoque de investigaciones recientes y hayan estimulado la optimización y mejora de técnicas de extracción innovadoras y ecológicas actuales (Moradi *et al.*, 2018).

En el estudio llevado a cabo por Lo Presti y col., se realiza una comparación y evaluación de la eficacia de la obtención de aceite esencial de romero mediante diferentes métodos. Los resultados se presentan en la Tabla 3. Los métodos estudiados son: HD, SFE, SE y MAHD (Presti *et al.*, 2005).

Tabla 3: Comparación porcentual entre las composiciones químicas aceite esencial de romero obtenido a través de los diferentes procesos. Fuente: Elaboración propia.

Clase Química	SE	MAHD	SFE	HD
Hidrocarburos monoterpénicos (%)	24,46	22,82	10,35	22,77
Monoterpenos oxigenados (%)	61,49	60,78	55,28	66,04
Hidrocarburos sesquiterpénicos (%)	12,91	15,07	30,75	10,11
Sesquiterpenos oxigenados (%)	1,03	1,18	3,62	1,03
Alifáticos oxigenados (%)	0,11	0,14	0	0,11
Total compuestos oxigenados	62,63	62,10	58,90	67,18

Debido a su componente aromático, propiedades terapéuticas, los compuestos oxigenados pueden ser utilizados como medidas de la calidad de los aceites esenciales. Así, la mayor cantidad de compuestos oxigenados en el aceite esencial indica mayor calidad del aceite esencial obtenido (Moradi *et al.*, 2018). En la comparativa mostrada en la Tabla 3 se pone de manifiesto que el aceite esencial de mayor calidad corresponde con el obtenido por el método HD.

Aun así, en otro estudio realizado (Elyemni *et al.*, 2019) donde se analiza el aceite esencial de romero obtenido por HD y MAHD, el total de compuestos oxigenados obtenidos es de 62,50% y 63,64%, respectivamente. Para ambos procesos, el rendimiento del aceite esencial obtenido es de 0,347% mediante el método HD y 0,353% mediante el método MAHD, expresando el rendimiento del proceso en gramos de aceite esencial por cada 100 gramos de materia vegetal seca. A la vista de estos datos, el aceite esencial de mayor calidad obtenido se podría obtener mediante el método MAHD, concluyendo que no se puede distinguir de forma clara cuál de los dos métodos, HD y MAHD, resulta más interesante para producir aceite esencial de romero.

No obstante, el método HD presenta serias desventajas que no se alinean con el objetivo propuesto, es decir, seleccionar el método de recuperación de aceites esenciales más sostenible y eficiente. Así, se citan las siguientes desventajas que presenta el método HD (Presti *et al.*, 2005).

- Mayor tiempo de obtención: el tiempo de obtención del aceite esencial es el mayor de los métodos propuestos en la Tabla 3: 60 minutos (teniendo en cuenta que se obtienen rendimientos similares, recordando que el rendimiento del proceso se expresa en gramos de aceite esencial por cada 100 gramos de materia seca de romero), lo que supone un inconveniente frente a otros métodos.
- Mayor consumo energético: un mayor tiempo de obtención del aceite esencial implica un mayor consumo energético. En este estudio el método HD fue llevado a cabo mediante el

calentamiento a una potencia fija de 800 W durante 60 minutos, frente a una potencia de 900 W durante 18 minutos para el método MAHD. Por ello, el consumo energético fue mayor para el método HD en comparación al método MAHD, 0,8 kW·h frente a 0,27 kW·h, respectivamente.

- Mayor coste económico, derivado de un mayor consumo energético. El coste económico mediante MAHD puede ser hasta casi tres veces menor frente al método HD.
- Mayor impacto ambiental. La cantidad calculada de dióxido de carbono emitida a la atmósfera es superior para el método HD (640 g CO₂/g de aceite esencial) frente al método MAHD (216 g CO₂/g de aceite esencial). Estos cálculos se hicieron de acuerdo con el siguiente parámetro bibliográfico: para obtener 1 kW·h de energía procedente de carbón u otro combustible fósil, se liberan 800 g de CO₂ a la atmósfera durante la combustión (Sanghi y Singh, 2012).

Como se ha mencionado anteriormente, se han puesto en práctica otros métodos de obtención de aceite esencial de romero, como el proceso de extracción SFE utilizando como disolvente CO₂ y también el proceso de extracción SE donde se utilizan etanol y hexano como disolventes (Carvalho *et al.*, 2005).

El uso de disolventes orgánicos lleva consigo una serie de inconvenientes si se compara con los métodos de extracción por microondas, como por ejemplo mediante el método MHG. Algunos inconvenientes son (Ferreira *et al.*, 2020):

- Implica un incremento en el coste, debido a la eliminación del disolvente después del proceso de obtención del aceite esencial, que da lugar a un procedimiento de secado más largo y costoso económicamente debido al mayor volumen de disolvente a eliminar.
- Consecuencia del inconveniente anterior, supone además una disminución de la productividad, así como un incremento significativo del coste de producción por el mayor consumo de energía y, por tanto, económico, siendo características cruciales para su aplicación en la industria.

La necesidad de disolventes contaminantes, principalmente orgánicos, en este tipo de métodos tradicionales de obtención de aceites esenciales ha limitado su aplicación, hecho que los convierte en ineficientes y poco atractivos desde el punto de vista medioambiental. Para evitar su uso se han desarrollado procesos de obtención aceites esenciales más eficientes y respetuosos con el medio ambiente, y, en definitiva, más sostenibles. Estos métodos están basados en la

acción de microondas, calentando el material vegetal de manera directa e inmediata (Elyemni *et al.*, 2019). De los diferentes métodos de microondas existentes, los más extendidos y analizados desde el punto de vista científico son:

- Método MHG (Bousbia *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2020).
- Método MAHD (Moradi *et al.*, 2018; Elyemni *et al.*, 2019).

Ninguna de estas técnicas de extracción emplea disolventes orgánicos. Se basan en la influencia de la radiación microondas sobre el proceso (explicado posteriormente). A pesar de esta ventaja, no se han encontrado estudios científicos que comparen ambos métodos de obtención de aceites esenciales, ni de romero ni de otras especies botánicas. Desafortunadamente, la ausencia de evidencia científica no permite señalar un método óptimo para la obtención de aceite esencial mediante microondas.

Sin embargo, la elección del método de recuperación de aceite esencial de romero más sostenible y eficiente es relevante para su producción. Así, siendo el mismo principio de extracción, el método MHG presenta una diferencia y ventaja fundamental frente al método MAHD. Esta diferencia reside en que, la fuerza de la gravedad terrestre actúa como factor adicional en la extracción del aceite esencial, permitiendo un desplazamiento vertical de las gotas del aceite esencial más liviano y llevando a cabo su recuperación en el recipiente tradicionalmente llamado "Matraz Florentino" como se puede ver en la Figura 18. Esto puede causar una reducción sustancial de la demanda de energía en comparación al método MAHD, donde no actúa la fuerza de la gravedad. De esta manera, de acuerdo con el objetivo fijado en este Trabajo de Fin de Grado, reconocer el método de recuperación de aceites esenciales más sostenible y eficiente para su producción, se opta por el método MHG como el óptimo. Aun así, la comparación entre estos dos métodos de obtención de aceite esencial sería objeto clave de investigaciones futuras.

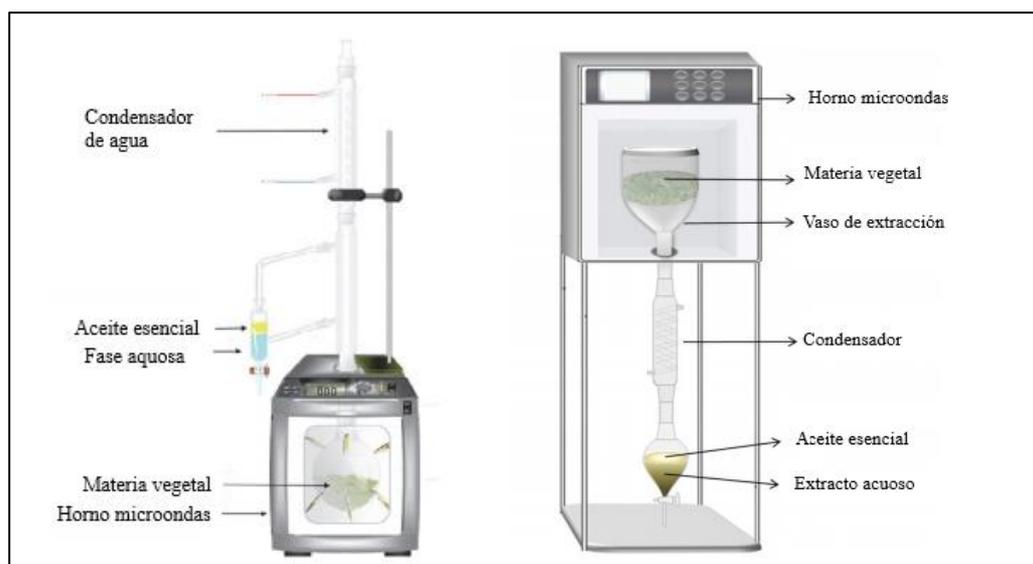


Figura 18: Representación esquemática del equipo MAHD a la izquierda y equipo MHG a la derecha. Fuente (Elyemni *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2020)

A continuación, se describe el método MHG. Para llevar a cabo este método basado en el efecto de la radiación microondas sobre el extracto, el aceite esencial y el agua *in situ* se extraen mediante hidrodifusión por microondas.

El calentamiento mediante microondas se debe a la capacidad del material vegetal de absorber la energía de las microondas y convertirla en calor. Este calentamiento por microondas se produce principalmente debido a los procesos dipolares e iónicos ocasionados. De esta manera, la presencia de agua provoca un calentamiento dieléctrico debido a la naturaleza dipolar del mismo. Así, cuando un campo eléctrico oscilante incide en las moléculas de agua, las moléculas dipolares permanentemente polarizadas tratan de realinearse en la dirección del campo eléctrico. Debido a la alta frecuencia del campo eléctrico, esta realineación se produce a millones de veces por segundo y causa la fricción interna de las moléculas, lo que resulta en el calentamiento volumétrico del material. Del mismo modo, el calentamiento por microondas también puede ocurrir debido a la migración oscilatoria de los iones del material vegetal, que genera calor en presencia de un campo eléctrico oscilante de alta frecuencia (Chandrasekaran *et al.*, 2013).

Así, el interior del material se calienta inmediatamente de manera volumétrica en todas las direcciones, lo que provoca el aumento de la presión interna y la consiguiente ruptura de la célula. Por lo que, cuando los tejidos glandulares están sometidos a tensiones térmicas más severas y a altas presiones localizadas, como en el caso del calentamiento por microondas, las glándulas propias podrían haber excedido su capacidad de expansión y causado su ruptura,

permitiendo la extracción del preparado vegetal de interés, cayendo por gravedad gota a gota fuera del reactor de microondas, pasando por un condensador en espiral donde se enfría el extracto, pasando a fase líquida formando una película de aceite esencial en la superficie del extracto acuoso y separándose posteriormente en un recipiente tradicionalmente llamado "Matraz Florentino". Una vez separado, el aceite esencial se almacena a unos 4°C hasta su uso (Ferreira *et al.*, 2020).

Finalmente, debido a las desventajas que presentan los métodos discutidos anteriormente, se propone como técnica de obtención de aceite esencial de romero el método MHG, en el cual estas desventajas permanecen ausentes, destacando así los siguientes beneficios de esta técnica basada en el principio de la influencia de las microondas (Bousbia *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2020):

- Reducción del impacto ambiental: siendo la cantidad calculada de dióxido de carbono emitida a la atmósfera menor, y no generar residuos ni utilizar agua ni disolventes.
- Reducción del tiempo de obtención de aceite esencial.
- Reducción del consumo de energía y coste económico.

6 CONCLUSIONES

Dentro de la diversa utilidad que presentan los aceites esenciales, destaca su uso para el aumento del rendimiento cognitivo. Para optimizar este cometido, es importante conocer tanto su composición química como su calidad. En el estudio llevado a cabo en este trabajo, se ha podido comprobar que la proporción de compuestos oxigenados presentes en el aceite esencial es utilizada como indicador de su calidad.

Por otra parte, el amplio campo de la botánica juega un papel notable a la hora de determinar qué especies son capaces de provocar el efecto deseado. Aun siendo reducida la evidencia científica presente a la hora de cumplir con el propósito, se determinó que mediante inhalación del aroma de aceite esencial de especies botánicas como *Magnolia kobus*, *Mentha piperita* y *Salvia rosmarinus*, la productividad de las personas puede aumentar, además de mejorar el estado de ánimo en el ámbito laboral.

Igualmente, para lograr un aceite esencial de calidad, un punto clave a considerar es el método de extracción del mismo. Los avances tecnológico e industrial han permitido desarrollar técnicas de recuperación que permiten obtener productos con una composición química cada vez más similar al aroma natural, cumpliendo unos mayores estándares de sostenibilidad.

Esta revisión bibliográfica consolida el potencial de la “tecnología de las microondas” como procedimiento óptimo para la recuperación de aceites esenciales, ya que posee varios beneficios en comparación con las restantes técnicas, entre ellos se encuentran:

- 1) Reducción del impacto ambiental.
- 2) Reducción del tiempo de recuperación del aceite esencial.
- 3) Reducción del consumo de energía y coste económico.

Dentro de la familia de procesos con “tecnología de microondas”, destacan los métodos de hidrodifusión por microondas, extracción por gravedad (MHG) e hidrodestilación asistida por microondas (MAHD). Por las razones comentadas en el trabajo, los dos primeros son preferibles. La falta de evidencia científica en cuanto a la comparación de ambos métodos en igualdad de condiciones experimentales, obliga a realizar la hipótesis de la elección del método MHG como el más sostenible y eficiente para la obtención de aceites esenciales. Precisamente esa falta de evidencia científica comparativa es la principal limitación que encuentra la presente revisión bibliográfica y que sin duda es un aspecto fundamental a tener en cuenta como línea de investigación futura en un mercado de oportunidad creciente.

7 REFERENCIAS

- Adolph, D. y Pause, B. M. (2012) "Different time course of emotion regulation towards odors and pictures: Are odors more potent than pictures?", *Biological Psychology*, 91(1), pp. 65-73.
- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A. y Anwar, F. (2015) "Essential oils used in aromatherapy: A systemic review", *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 5(8), pp. 601-611.
- Aponso, M., Patti, A. y Bennett, L. E. (2020) "Dose-related effects of inhaled essential oils on behavioural measures of anxiety and depression and biomarkers of oxidative stress", *Journal of Ethnopharmacology*. doi:10.1016/j.jep.2019.112469.
- Bhardwaj, K., Islam, M. T., Jayasena, V., Sharma, B., Sharma, S., Sharma, P., Kuča, K. y Bhardwaj, P. (2020) "Review on essential oils, chemical composition, extraction, and utilization of some conifers in Northwestern Himalayas", *Phytotherapy Research*. doi:10.1002/ptr.6736.
- Bousbia, N., Abert Vian, M., Ferhat, M. A., Petitcolas, E., Meklati, B. Y. y Chemat, F. (2009) "Comparison of two isolation methods for essential oil from rosemary leaves: Hydrodistillation and microwave hydrodiffusion and gravity", *Food Chemistry*, 114(1), pp. 355-362.
- Bowles, E.J. (2003) *Chemistry of Aromatherapeutic Oils*. 3rd ed. Australia: Allen and Unwin.
- Carvalho, R. N., Moura, L. S., Rosa, P. T. V. y Meireles, M. A. A. (2005) "Supercritical fluid extraction from rosemary (*Salvia rosmarinus*): Kinetic data, extract's global yield, composition, and antioxidant activity", *Journal of Supercritical Fluids*, 35(3), pp. 197-204.
- Chandrasekaran, S., Ramanathan, S. y Basak, T. (2013) "Microwave food processing-A review", *Food Research International*, 52(1), pp. 243-261.
- Cho, H., Sowndhararajan, K., Jung, J. W., Jhoo, J. W. y Kim, S. (2015) "Fragrant Chemicals in the Supercritical Carbon Dioxide Extract of *Magnolia kobus* DC. Flower Buds Increase the Concentration State of Brain Function", *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 18(5), pp. 1059-1069.
- Diaz Atienza, J. (2015) *Blog de Dr. Joaquín Díaz Atienza*. Disponible en: <https://diazatienza.es/2015/04/23/recomendaciones-federales-americanas-para-el-uso-de-psicoestimulantes> (Accedido: 24 de febrero de 2020).
- Dosoky, N. S. y Setzer, W. N. (2018) "Biological activities and safety of *citrus* spp. Essential oils", *International Journal of Molecular Sciences*, 19(7), pp. 1-25.
- Elshafie, H. S. y Camele, I. (2017) "An overview of the biological effects of some mediterranean essential oils on human health", *BioMed Research International*. doi:10.1155/2017/9268468.
- Elyemni, M., Louaste, B., Nechad, I., Elkamli, T., Bouia, A., Taleb, M., Chaouch, M. y Eloutassi, N. (2019) "Extraction of Essential Oils of *Salvia rosmarinus* L. by Two Different Methods: Hydrodistillation and Microwave Assisted Hydrodistillation", *Scientific World Journal*. doi:10.1155/2019/3659432.
- Esposito, E. R., Bystrek, M. V. y Klein, J. S. (2014) "An elective course in aromatherapy science", *American Journal of Pharmaceutical Education*. doi:10.5688/ajpe78479.
- Ferreira, D. F., Lucas, B. N., Voss, M., Santos, D., Mello, P. A., Wagner, R., Cravotto, G. y Barin, J. S. (2020) "Solvent-free simultaneous extraction of volatile and non-volatile antioxidants from rosemary (*Salvia rosmarinus* L.) by microwave hydrodiffusion and gravity", *Industrial Crops and Products*. doi:10.1016/j.indcrop.2020.112094.
- Grand View Research (2017) *Essential Oils Market Size, Share & Trends Analysis Report*. Disponible en: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/essential-oils-market> (Accedido: 25 de enero de 2020).
- Hoefler, D., Handel, M., Müller, K. M. y Hammer, T. R. (2016) "Electroencephalographic study showing that tactile stimulation by fabrics of different qualities elicit graded event-related potentials", *Skin Research and Technology*, 22(4), pp. 470-478.
- Hunter, M. (2009) *Essential Oils: Art, Agriculture, Science*. 1st ed. New York: Nova Science Publishers.
- Jimbo, D., Kimura, Y., Taniguchi, M., Inoue, M. y Urakami, K. (2009) "Effect of aromatherapy on patients with Alzheimer's disease", *Psychogeriatrics*, 9(4), pp. 173-179.
- Kako, H., Fukumoto, S., Kobayashi, Y. y Yokogoshi, H. (2008) "Effects of direct exposure of green odour

components on dopamine release from rat brain striatal slices and PC12 cells", *Brain Research Bulletin*, 75(5), pp. 706-712.

Kazemi, M. (2015) "Chemical composition and antimicrobial, antioxidant activities and anti-inflammatory potential of *Achillea millefolium* L., *Anethum graveolens* L., and *Carum copticum* L. essential oils", *Journal of Herbal Medicine*, 5(4), pp. 217-222.

Kiecolt-Glaser, J. K., Graham, J. E., Malarkey, W. B., Porter, K., Lemeshow, S. y Glaser, R. (2008) "Olfactory influences on mood and autonomic, endocrine, and immune function", *Psychoneuroendocrinology*, 33(3), pp. 328-339.

King, B. M. (2006) "Amygdaloid lesion-induced obesity: Relation to sexual behavior, olfaction, and the ventromedial hypothalamus", *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. doi:10.1152/ajpregu.00199.2006.

Lai, T. K. T., Cheung, M. C., Lo, C. K., Ng, K. L., Fung, Y. H., Tong, M. y Yau, C. C. (2011) "Effectiveness of aroma massage on advanced cancer patients with constipation: A pilot study", *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 17(1), pp. 37-43.

MacDonald, D. B. (2015) "Electroencephalography: Basic Principles and Applications", *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. doi:10.1016/B978-0-08-097086-8.55017-X.

Mackay-Sim, A. y Royet, J. P. (2006) "Structure and function of the olfactory system", *Olfaction and the Brain*. doi:10.1017/CBO9780511543623.003.

Marfany, G. (2020) *El Nacional*. Disponible en elnacional.cat/es/opinion/gemma-marfany-sentido-mas-olvidado_491283_102.html (Accedido: 24 de abril de 2020).

McGuinness, H. (2003) *Aromatherapy Therapy Basics*. 2nd ed. London: Hodder and Stoughton.

Moghaddam, M. y Mehdizadeh, L. (2017) "Chemistry of Essential Oils and Factors Influencing Their Constituents", *Soft Chemistry and Food Fermentation*. doi:10.1016/b978-0-12-811412-4.00013-8.

Moradi, S., Fazlali, A. y Hamed, H. (2018) "Microwave-assisted hydro-distillation of essential oil from rosemary: Comparison with traditional distillation", *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*, 10(1), pp. 22-28.

Moss, M., Cook, J., Wesnes, K. y Duckett, P. (2003) "Aromas of rosemary and lavender essential oils differentially affect cognition and mood in healthy adults", *International Journal of Neuroscience*, 113(1), pp. 15-38.

Moss, M., Hewitt, S., Moss, L. y Wesnes, K. (2008) "Modulation of cognitive performance and mood by aromas of peppermint and ylang-ylang", *International Journal of Neuroscience*, 118(1), pp. 59-77.

Moss, M. y Oliver, L. (2012) "Plasma 1,8-cineole correlates with cognitive performance following exposure to rosemary essential oil aroma", *Therapeutic Advances in Psychopharmacology*, 2(3), pp. 103-113.

Muñoz, L. (2002) "Plantas medicinales españolas. *Salvia rosmarinus* L.(Lamiaceae) (Romero)", *Studia Botanica*, 21(1), pp. 105-118.

Olofsson, J. K., Bowman, N. E., Khatibi, K. y Gottfried, J. A. (2012) "A Time-Based Account of the Perception of Odor Objects and Valences", *Psychological Science*, 23(10), pp. 1224-1232.

Padial, J. (2018) *Curiosoando*. Disponible en <https://curiosoando.com/epitelio-olfatorio> (Accedido: 24 de febrero de 2020).

Park, K. H., Kim, H. J., Oh, B., Seo, M., Lee, E. y Ha, J. (2019) "Evaluation of human electroencephalogram change for sensory effects of fragrance", *Skin Research and Technology*, 25(4), pp. 526-531.

Perry, N. y Perry, E. (2006) "Aromatherapy in the Management of Psychiatric Disorders", *CNS Drugs*, 20(4), pp. 257-280.

Presti, M. Lo, Ragusa, S., Trozzi, A., Dugo, P., Visinoni, F., Fazio, A., Dugo, G. y Mondello, L. (2005) "A comparison between different techniques for the isolation of rosemary essential oil", *Journal of Separation Science*, 28(3), pp. 273-280.

Rassem, H., Nour, A. y R. M., Y. (2016) "Techniques For Extraction of Essential Oils From Plants: A Review", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(16), pp. 117-127.

Reyes-Jurado, F., Franco-Vega, A., Ramírez-Corona, N., Palou, E. y López-Malo, A. (2015) "Essential Oils: Antimicrobial Activities, Extraction Methods, and Their Modeling", *Food Engineering Reviews*, 7(3), pp. 275-297.

- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A. y Cháfer, M. (2011) "Use of Essential Oils in Bioactive Edible Coatings: A Review", *Food Engineering Reviews*, 3(1), pp. 1-16.
- Sanghi, R. y Singh, V. (2012) *Green Chemistry for Environmental Remediation*. 1st ed. Massachusetts: Scrivener Publishing.
- Sayorwan, W., Ruangrunsi, N., Piriyaunyporn, T., Hongratanaworakit, T., Kotchabhakdi, N. y Siripornpanich, V. (2013) "Effects of inhaled rosemary oil on subjective feelings and activities of the nervous system", *Scientia Pharmaceutica*, 81(2), pp. 531-542.
- Soudry, Y., Lemogne, C., Malinvaud, D., Consoli, S. M. y Bonfils, P. (2011) "Olfactory system and emotion: Common substrates", *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 128(1), pp. 18-23.
- Sowndhararajan, K. y Kim, S. (2016) "Influence of fragrances on human psychophysiological activity: With special reference to human electroencephalographic response", *Scientia Pharmaceutica*, 84(4), pp. 724-751.
- Tigrine-Kordjani, N., Meklati, B. Y., Chemat, F. y Guezil, F. Z. (2012) "Kinetic Investigation of Rosemary Essential Oil by Two Methods: Solvent-Free Microwave Extraction and Hydrodistillation", *Food Analytical Methods*, 5(3), pp. 596-603.
- Tisserand, R., Young, R. (2013) *Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals*. 2nd ed. United Kingdom: Elsevier.
- Wesnes, K. A., Gommoll, C., Chen, C., Sambunaris, A., McIntyre, R. S. y Harvey, P. D. (2017) "Effects of levomilnacipran extended-release on major depressive disorder patients with cognitive impairments: Post-hoc analysis of a phase III study", *International Clinical Psychopharmacology*, 32(2), pp. 72-79.
- Zuzarte, M., Salgueiro, L. (2015) "Essential oils chemistry", *Bioactive Essential Oils and Cancer*. doi:10.1007/978-3-319-19144-7_2.