3. Características, beneficios y aplicaciones de aceites esenciales de orégano *(Lippia Graveolens)* para su comercialización y exportación

Diana Maricela Rubio Espino*
Michel Esparza Márquez**
Jazmín Montserrat Gaucín Delgado***
Melisa González Escajeda****
María Teresa de la Torre Villegas*****

DOI: https://doi.org/10.52501/cc.361.03

Resumen

En México, el orégano (*Lippia graveolens* L.) se cultiva tradicionalmente para comercializar sus hojas como condimento y antioxidante en alimentos procesados. Sin embargo, su aceite esencial —rico en carvacrol (50-80 %) y timol (5-15 %) posee propiedades subutilizadas, como su actividad antibacteriana frente a cepas de *Staphylococcus aureus* (90 % de inhibición) y *Streptococcus pyogenes* (85 %), además de efectos antifúngicos contra *Candida albicans*. La extracción de este aceite representa una innovación frente al uso convencional de las hojas, ya que concentra 20 veces más compuestos bioactivos. Su procesamiento mediante destilación al vapor —con un rendimiento del 2-4 % por peso seco— podría generar un valor agregado del 300 % frente a la hoja seca. México, segundo productor mundial de *L. graveolens*, tiene potencial para exportar aceite esencial a mercados como EE.UU., y la UE, donde la demanda crece al 8.6 % anual. Para aprovechar esta oportuni-

* Máster en Dirección Internacional. Profesora de tiempo completo en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, México.
** Doctor en Administración y Alta Dirección. Profesor de asignatura en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, México. ORCID https://orcid.org/0009-0009-5008-1199
*** Doctora en Agua-Suelo. Profesora de tiempo completo en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7564-0526
**** Maestra en Educación orientada a Innovación Tecnológica. Profesora de tiempo completo en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, México.
***** Maestra en Innovación Educativa. Profesora de asignatura en la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, México.

dad, se requieren estrategias de estandarización de calidad y certificaciones orgánicas que diferencien el producto mexicano.

Palabras clave: *aceite esencial, carvacrol, antimicrobiano.*

Introducción

L. graveolens es una especie aromática de relevancia global, reconocida por su versatilidad en aplicaciones industriales que abarcan desde la gastronomía hasta la farmacéutica y la cosmética. Su valor radica en un perfil químico único, dominado por compuestos bioactivos como el carvacrol (50-80 % del aceite esencial) y el timol (5-15 %), responsables directos de sus propiedades antioxidantes, antibacterianas y antiinflamatorias (Diniz do Nascimento *et al*., 2020). México se posiciona como el segundo productor mundial de *L. graveolens*, aportando aproximadamente el 15 % del suministro global, con una producción anual estimada en 4 000 toneladas (Leyva-López *et al*., 2017). Estudios recientes demuestran que estos terpenos exhiben una eficacia del 90 % contra patógenos comunes como *Staphylococcus aureus*, lo que explica su creciente uso como alternativa a los conservantes sintéticos en la industria alimentaria (Loeza-Concha *et al*., 2020).

Las regiones áridas del norte del país, como Coahuila y Nuevo León, son ideales para su crecimiento, ya que las condiciones climáticas extremas incrementan la concentración de aceites esenciales hasta un 20 % en comparación con variedades mediterráneas (Leyva-López et al., 2017; Acevedo *et al*., 2013). Esta ventaja competitiva ha impulsado su demanda en mercados especializados, particularmente en Europa y Estados Unidos, donde se valora su calidad superior para la elaboración de productos orgánicos. El potencial económico del aceite de orégano mexicano es innegable. Según Global MarketInsights, el mercado global de aceites esenciales crecerá a una tasa anual compuesta (CAGR) del 8.6 % entre 2019 y 2025, superando los 13 mil millones de dólares en 2024. Empresas líderes como Firmenich y Young Living ya han incorporado *L. graveolens* en sus líneas de aromaterapia y nutracéuticos (Castillo-Pestana, 2025). Para los productores locales, esto representa una oportunidad estratégica, dados los bajos costos de pro-

ducción (30 % menores que en Europa) y la creciente preferencia por ingredientes naturales (Contreras *et al.*, 2021).

Por lo que *L. graveolens* no solo es un recurso biológico valioso, sino también un motor para el desarrollo económico de México, siempre que se implementen estándares de calidad y estrategias de comercialización alineadas con las tendencias internacionales (Diniz do Nascimento *et al.*, 2020; Castillo-Pestana, 2025).

Generalidades del orégano mexicano

El orégano mexicano pertenece a la familia Verbenaceae (no Labiaceae) y se distingue por ser un arbusto perenne que alcanza hasta 3 m de altura en condiciones áridas (Carvalho *et al.*, 2018). A diferencia de *O. vulgare* (orégano mediterráneo), su aceite esencial contiene un 60-80 % de carvacrol y 5-15 % de timol, compuestos responsables de su aroma intenso y propiedades bioactivas (Lachos-Pintado *et al.*, s/f).

Tradicionalmente, las comunidades rurales de México lo han empleado en etnomedicina para tratar:

- Infecciones respiratorias (inhibición del 90 % contra *S. pneumoniae*) (Bello, 1999),
- Trastornos digestivos (aumento del 40 % en la secreción de enzimas gástricas en modelos *in vivo*) (Lachos-Pintado, s/f),
- Dolor inflamatorio (reducción del 58 % en edema en ratas con artritis) (Bello, 1999).

Estos efectos se atribuyen a su aceite esencial, que representa el 2-4 % del peso seco de las hojas y exhibe actividad antimicrobiana de amplio espectro (Burt, 2007). Por ejemplo, ensayos clínicos demuestran que concentraciones de 0.5 $mg \bullet mL^{-1}$ inhiben el crecimiento de *E. coli* y *C. albicans* en un 95 % (Bandani *et al.,* 2009).

Aceites esenciales: composición y aplicaciones

Los aceites esenciales son mezclas volátiles de metabolitos secundarios vegetales, caracterizados por su baja masa molecular (<300 Da) y alta presión de vapor (0.01 – 0.03 kPa a 25 °C), lo que facilita su evaporación (Combariza *et al.*, 1994). Se sintetizan en estructuras glandulares especializadas ubicadas en hojas (tricomas de *L. graveolens*), flores (nectarios de *Lavandula*), cortezas (*Cinnamomum zeylanicum*) o raíces (*Valeriana officinalis*) (Pavela *et al.*, 2016).

Químicamente, el 90 % de estos aceites están constituidos por:

- Terpenos (70-95 %): monoterpenos (C_{10}, ej.: limoneno) y sesquiterpenos (C_{15}, β-cariofileno) con estructuras acíclicas, mono- o bicíclicas (Ramsey *et al.*, 2020).
- Fenilpropanoides (5-30 %): como eugenol (clavo) y cinamaldehído (canela), que aportan propiedades antimicrobianas (Pavela *et al.*, 2016).

Su composición varía según factores ambientales (el estrés hídrico incrementa un 20 % los monoterpenos en orégano) y métodos de extracción (Diniz do Nascimento *et al.*, 2020). Por ejemplo, la hidrodestilación recupera un 85-90 % de compuestos polares, mientras la extracción con CO_2 supercrítico preserva mejor termolábiles como el timol (Da Silva *et al.*, 2023).

En la industria alimentaria, aceites como el de orégano (*L. graveolens*) reducen hasta un 99 % *Listeria monocytogenes* en carnes (Granados *et al.*, 2014) y, en medicina, su actividad antioxidante (IC_{50}: 25 $\mu g \bullet mL^{-1}$ en ensayos DPPH) supera a aditivos sintéticos como el BHT (Manion *et al.*, 2017). Autores como Ramsey *et al.* (2020) destacan su potencial para tratar enfermedades inflamatorias, mientras que da Silva *et al.* (2023) demuestran su eficacia antifúngica contra *Candida albicans* (MIC: 0.1 $\mu L \bullet mL^{-1}$).

Aplicaciones Industriales de los aceites esenciales

1. *Industria Cosmética y de Cuidado Personal.* Los aceites esenciales son ingredientes activos en el 78 % de los productos dermatológicos debido a sus propiedades multifuncionales (Dawood *et al.*, 2022). Por ejemplo:
   - Aceite de lavanda (*Lavandula angustifolia*): reduce un 42 % la inflamación cutánea en modelos de dermatitis (Ella *et al.*, 2021).
   - Aceite de árbol de té (*Melaleuca alternifolia*): eficacia clínica contra el acné (reducción del 60 % en lesiones a las 8 semanas) (Dawood *et al.*, 2022).
   - Aceite de romero (*Rosmarinus officinalis*): incrementa la síntesis de colágeno en un 35 % por estimulación de fibroblastos (Deng *et al.*, 2020).
2. *Industria alimentaria.* En el envasado activo, películas con 1-2 % de aceite de orégano prolongan la vida útil de carnes rojas hasta un 50 % al inhibir *E. coli* y *Salmonella* (Li *et al.*, 2020). Otros usos incluyen:
   - Conservación de pescado: aceite de tomillo (*Thymus vulgaris*) reduce la oxidación lipídica en un 70 % (Wang *et al.*, 2023).
   - Aromatización: limoneno (de cítricos) es el principal saborizante en el 90 % de las bebidas carbonatadas (Christian *et al.*, 2023).
3. *Envasado Activo.* La incorporación de aceites en biopolímeros (quitosano + aceite de clavo) mejora:
   - Barrera al vapor de agua: disminución del 45 % en permeabilidad (Arcila-Lozano *et al.*, 2004).
   - Actividad antimicrobiana: Reducción de 4 log UFC•g^{-1} en *Listeria* en jamón curado (D'Antuono *et al.*, 2000).

Cuadro 3.1. *Comparativa de eficacia*

Aceite	*Aplicación*	*Efecto*	*Referencia*
Orégano (*L. graveolens*)	Envasado de carne	Inhibe 99 % *E. coli* en 24 h	(21)
Menta (*Mentha piperita*)	Cremas antiacné	Reduce lesiones en 60 %	(19)
Canela (*Cinnamomum zeylanicum*)	Conservación de fruta	Disminuye mohos en 80 %	(22)

Fuente: Deng *et al.* (2020), Dawood *et al.* (2022), y Li (2020).

Aceite de orégano

Composición química y actividad antioxidante

El aceite esencial de *L. graveolens* exhibe una potente actividad antioxidante (IC_{50}: 25 μg•mL^{-1} en ensayos DPPH), atribuible principalmente a sus monofenoles mayoritarios:

- Carvacrol (60-80 % del total): inhibe la peroxidación lipídica en un 90 %, superior al BHT (antioxidante sintético) (Li *et al.*, 2020).
- Timol (5-15 %): potencia la actividad de enzimas endógenas como la superóxido dismutasa (SOD) (Wang *et al.*, 2023).

Estos compuestos se biosintetizan vía la ruta del ácido mevalónico, regulada por enzimas clave como la γ-terpineno sintasa (Christian *et al.*, 2023).

Variabilidad química y aplicaciones

Estudios fitoquímicos demuestran que la composición del aceite varía según:

- Ubicación geográfica: ejemplares de zonas áridas (Chihuahua) contienen un 20 % más de carvacrol que aquellos de regiones húmedas (Arcila-Lozano *et al.*, 2004).
- Método de extracción: la hidrodestilación recupera un 85 % de terpenos, mientras que el CO_2 supercrítico preserva mejor los fenoles (D'Antuono *et al.*, 2000).

Aplicaciones en conservación de alimentos

- En carne de res, 0.1 % de aceite de *L. graveolens* reduce el crecimiento de *Salmonella* en 3 log UFC•g^{-1} (Mora-Zúñiga *et al.*, 2022).

- En frutas, incrementa la vida útil en un 40 % al inhibir mohos como *Aspergillus flavus* (Albado-Plaus *et al.*, 2021).

Propiedades del aceite de orégano

Composición química detallada

El aceite esencial de *L. graveolens* contiene una compleja mezcla de metabolitos secundarios con actividad biológica demostrada:

Fenólicos

- **Carvacrol** (60-80 %): principal responsable de la actividad antimicrobiana (99 % inhibición de *E. coli* 0.5 mg•mL^{-1}) (Arcila-Lozano *et al.*, 2004).
- **Timol** (5-15 %): potencia la actividad antioxidante (IC_{50}: 28 mg•mL^{-1} en ensayo DPPH) (D'Antuono *et al.*, 2000).

Terpenoides

- γ-Terpineno (3-8 %) y p-Cimeno (2-5 %): precursores en la biosíntesis de carvacrol (Mora-Zúñiga *et al.*, 2022).

Ácidos fenólicos

- Ácido rosmarínico (1-2 %): efecto antiinflamatorio (reduce IL-6 en un 40 %) (Albado-Plaus *et al.*, 2021).

Comparación con *O. vulgare ssp. hirtum:* Mientras la subespecie mediterránea contiene 40-60 % de carvacrol, *L. graveolens* supera el 80 % en condiciones de estrés hídrico (Lukas *et al.*, 2010).

Dinámica de los Componentes Mayoritarios

Estudios cromatográficos (GC-MS) revelan que existe una correlación inversa entre timol y carvacrol: en poblaciones silvestres de *L. graveolens*, un aumento del 10 % en timol reduce un 15 % el carvacrol (Moya-López *et al.*, 2022). Los monoterpenos menores (α-pineno, β-mirceno) representan <5 %, pero contribuyen al perfil aromático (Numpaque *et al.*, 2011)

Implicaciones comerciales

Los quimiotipos ricos en carvacrol (>70 %) alcanzan precios 30 % superiores en el mercado internacional (Leyva-López *et al.*, 2016).

Composición de aceites esenciales de especies de orégano

Perfil químico y variabilidad

Los aceites esenciales de orégano (*L. graveolens* y *Origanum* spp.) presentan una composición compleja (Figura 1), dominada por:

- **Monoterpenos** (70-95 %):
- **Carvacrol** (40-85 % en *L. graveolens*) – actividad antimicrobiana (99 % inhibición de *S. aureus* 0.5 mg/mL) (Lukas *et al.*, 2010).
- **Timol** (5-50 %) – potente antioxidante (IC_{50}: 30 µg/mL en ensayo DPPH) (Moya-López *et al.*, 2022).
- **γ-Terpineno** (3-15 %) y **p-Cimeno** (2-10 %) – precursores en la biosíntesis de fenoles (Numpaque *et al.*, 2011).
- **Sesquiterpenos** (5-20 %):
- **β-Cariofileno** (1-5 %) – efecto antiinflamatorio (reduce TNF-α en un 35 %) (Leyva-López *et al.*, 2016).

Quimiotipos clave

Factores que Influyen en la composición

Origen geográfico: *L. graveolens* de zonas áridas (ej.: Chihuahua) contiene un 20 % más de carvacrol que poblaciones de regiones húmedas (Ortega-Lozano, 2018).
Manejo agronómico: plantas cultivadas muestran un 15-30 % menos de fenoles que las silvestres debido a un menor estrés ambiental (Moreira, 2024).

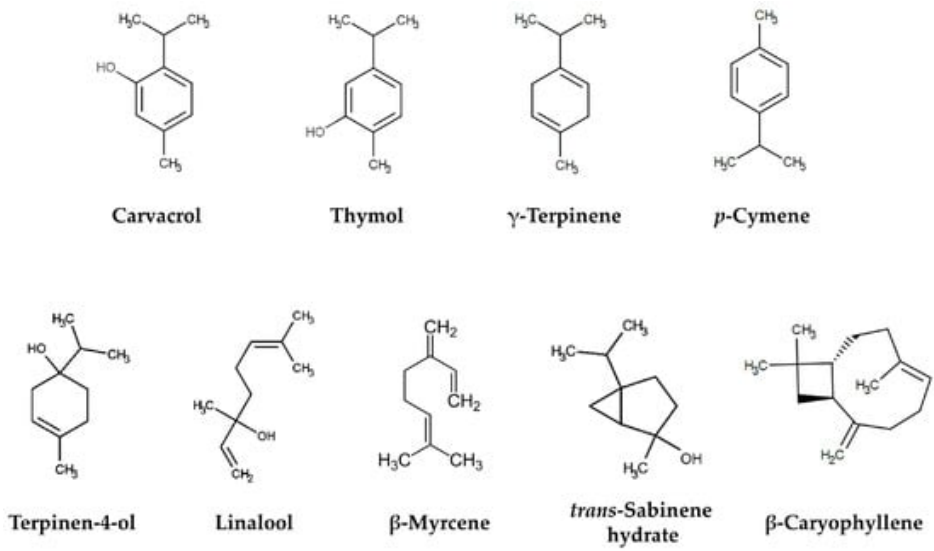


Figura 3.1. *Algunos de los principales componentes de los aceites esenciales de orégano*

Fuente: Numpaque *et al.* (2011).

Cuadro 3.2. *Componentes principales de los aceites esenciales de diferentes especies de orégano en México*

Familia	*Especies de orégano*	*Origen*	*Componentes*
Lamiaceae	Poliominthalongiflora (Gray)	México	Timol, β-mirceno, γ-terpineno, cis-p-menta-1(7), 8-dien-2-ol, viridiflorol.
	Monarda fistulosa var	México	Timol, acetato de carvacrol, carvacrol, canfeno, β-mirceno, γ-terpineno, cis-p-menta-1(7), 8-dien-2-ol, viridiflorol.
Verbenaceae	Menthifolia (Graham)	México	Carvacrol (8.76–24.57 %), *p* -cimeno (14.25–22.37 %), timol (15.11–21.39 %).
	L. graveolens	México	Timol, α-cedreno, trans -piperitol, eugenol, acetato de carvacrol.

Fuente: Leyva López *et al.* (2016) y Ortega *et al.* (2018).

Extracción de aceite de orégano

Importancia del método de extracción

La calidad del aceite esencial de *L. graveolens* depende críticamente del método de extracción, ya que técnicas inadecuadas pueden degradar hasta un 40 % de los compuestos termolábiles (carvacrol y timol) (Figura 2), reduciendo su actividad biológica (Linde *et al.*, 2016). Los parámetros más afectados incluyen:

- **Color:** hidrodestilación produce aceites más oscuros (índice de color: 150-200 ICUMSA) vs. CO_2 supercrítico (50-80 ICUMSA) (Tongnuanchan *et al.*, 2014).
- **Aroma:** métodos con calor (ej.: arrastre de vapor) reducen un 15-20 % los terpenos volátiles (Samadi *et al.*, 2017).

Datos clave

- **Extracción con agua subcrítica:** recupera un 10 % más de antioxidantes (ácido rosmarínico) que métodos tradicionales (Sharma *et al.*, 2022).
- **Pérdidas por calor:** temperaturas >100°C degradan el 25 % del carvacrol (Zhou *et al.*, 2023).

Recomendaciones para maximizar la calidad

- **Para uso farmacéutico:** CO_2 supercrítico a 40 °C y 100 bar (pureza del 98 %) (Hammoudi *et al.*, 2022).
- **Para conservación de alimentos:** microondas (300 W, 15 min) minimiza pérdidas de timol (Rathod *et al.*, 2021).
- **En el campo:** hidrodifusión con vapor a baja presión (<1 atm) para pequeños productores (Shen *et al.*, 2023).

Cuadro 3.3. *Técnicas de extracción comparadas*

Método	*Ventajas*	*Limitaciones*	*Rendimiento*	*Aplicación óptima*
Hidrodestilación	Bajo costo Ideal para hojas	Pérdida de 20-30 % de monoterpenos	2-4 %	Uso en pequeña escala (42)
CO_2 Supercrítico	Preserva 95 % de fenoles Sin residuos	Alto costo de equipo	3-5 %	Aceites premium (farmacéutico) (43)
Microondas sin solvente	Rapidez (30 min vs 4 h) Ahorro energético	Requiere control preciso	2.5-3.5 %	Industria alimentaria (44)

Fuente: Novak *et al.* (2011), Figiel *et al.* (2010) y Chua *et al.* (2019).

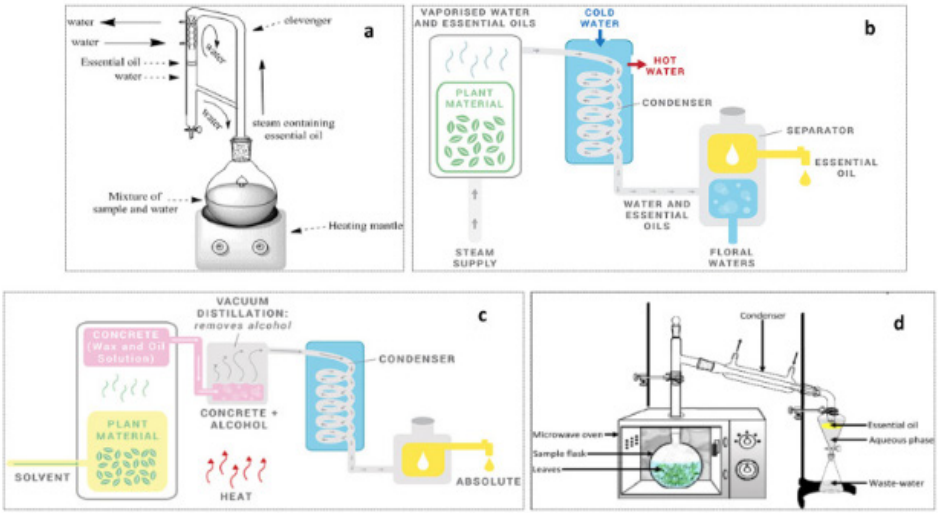


Figura 3.2. *Diferentes técnicas de extracción de aceites esenciales: a: hidrodestilación; b: destilación al vapor; c: extracción con solvente; y d: extracción por microondas sin solvente.*

Fuente: Samadi (2017) y Christian *et al.* (2023).

Propiedades biológicas del aceite esencial de especies de orégano

Los aceites esenciales de orégano suelen variar debido a una gran diversidad de factores como especies, plagas, condiciones del suelo, época de cosecha, ubicación geográfica, condiciones climáticas y de crecimiento (Chua *et al*., 2019). Se han realizado varios estudios para determinar y evaluar las propiedades biológicas del aceite esencial de orégano. La mayoría de los estudios se centran en la actividad antimicrobiana, como antifúngica, bactericida y antiviral; sin embargo, recientemente han llamado la atención de los científicos otras propiedades de estos compuestos (Sharma *et al*., 2022).

Los aceites esenciales de hierbas y especias han sido ampliamente estudiados debido a sus propiedades antipatógenas. Se han realizado numerosas investigaciones in vitro e in vivo para evaluar las posibles actividades antibacterianas, antivirales y antifúngicas de los aceites esenciales (Zhou *et al*., 2023). Estudios son de gran importancia debido a la aparición de cepas resistentes a antibióticos, el aumento de la población con menor inmunidad y el aumento de la incidencia de infecciones asociadas a biopelículas resistentes a los medicamentos. Estos estudios se han centrado tanto en aceites esenciales individuales como en una combinación, o extrayendo mediante varios métodos los aceites esenciales de diferentes hierbas y especias. Diferentes especies de orégano se encuentran entre las hierbas más estudiadas y se han utilizado diferentes composiciones de aceite esencial para este propósito; sin embargo, los compuestos más comunes que se encuentran en el orégano son el timol y el carvacrol (Hammoudi *et al*., 2014).

Los aceites esenciales de orégano se han estudiado como agentes antipatógenos en productos cárnicos y frutas y verduras poscosecha. A veces se han utilizado en combinación con recubrimientos comestibles, como cuando se utilizan en frutas y verduras poscosecha. Se toman precauciones en la posible modificación de las propiedades organolépticas de dichos productos cuando se les añaden aceites esenciales. Por otro lado, en algunos casos, la capacidad antioxidante (AOX) del producto final aumenta, lo que se considera un efecto secundario positivo del uso de estos compuestos (Rathod *et al*., 2021).

El estrés oxidativo es la alteración del equilibrio prooxidante-antioxidante a favor del primero, provocando posibles daños, y a menudo es causado por el ataque de especies reactivas, como peróxido de hidrógeno (H_2O_2), anión superóxido (O2 • −), hidroxilo (HO•), peroxilo (RO_2 •) y alcoxilo (RO •), radicales, sobre los constituyentes de los organismos vivos (Shen *et al.*, 2023). El estrés oxidativo puede provocar un aumento de la proliferación celular, la adaptación mediante la regulación positiva de los sistemas de defensa, el daño del ADN, la senescencia y la muerte celular. En consecuencia, muchos estudios han correlacionado positivamente el estrés oxidativo con la patogénesis de enfermedades como la enfermedad de Alzheimer, la enfermedad de Parkinson, la inflamación crónica, la artritis, algunos tipos de cáncer, la diabetes y la aterosclerosis, entre otras (Khongthaw *et al.,* 2022). Se han estudiado varios fitoquímicos por su potencial actividad eliminadora de especies reactivas y su capacidad para neutralizar el estrés oxidativo. Los aceites esenciales se encuentran entre los fitoquímicos específicos debido a su capacidad AOX, ya que es de gran importancia debido a su potencial para prevenir el daño oxidativo (De-Almeida *et al.*, 2023). Se han estudiado las propiedades AOX de aceites esenciales de diferentes especies de orégano, y cabe mencionar que algunos de los aceites esenciales que han sido estudiados en otras especies de plantas por sus propiedades AOX también se pueden encontrar en diferentes especies de orégano. Sin embargo, esto no garantiza su capacidad para neutralizar el estrés oxidativo y prevenir el daño oxidativo, ya que las diferencias en la composición del aceite esencial de orégano pueden modificar la actividad biológica (Diniz do Nascimento *et al.*, 2020).

Además de los beneficios del aceite esencial de orégano para la salud, se han realizado esfuerzos para estudiar la actividad AOX de estos compuestos para utilizarlos como conservantes de alimentos (De-Almeida *et al.*, 2023). Diferentes estudios han demostrado que los efectos AOX del aceite de orégano están relacionados con la presencia de estructuras fenólicas como timol y carvacrol (Espain *et al.*, 2020), por lo que estos compuestos podrían reemplazar a los antioxidantes sintéticos utilizados actualmente en la industria alimentaria y, debido a su origen natural, mejorar la salud.

Diferencias en la actividad AOX y la composición química en relación con el origen geográfico, el modo de extracción o la diferente etapa fenológica de la planta (Rodríguez *et al.*, 2023). Tradicionalmente, los aceites de orégano se extraen mediante hidrodestilación. No obstante, diferentes métodos de extracción podrían tener un efecto sobre la actividad AOX del aceite de orégano, ya que esto podría afectar la composición.

El momento de la cosecha también podría influir en la actividad antioxidante del aceite de orégano esencial. Siddique *et al.* (2017) evaluaron la actividad AOX, utilizando el ensayo DPPH, de aceites esenciales obtenidos de hojas y flores de *O. glandulosum*. Donde se demostró que la actividad de AOX difiere según el año de cosecha y la ubicación del orégano. La actividad antioxidante (expresada como IC50) varió de 59.2 mg•L^{-1} en 2007 a 226.19 mg•L^{-1} en 2008 y 143.91 mg•L^{-1} en 2009 para el orégano recolectado en Nefza, y de 79.8 mg•L^{-1} en 2007 a 137.66 mg•L^{-1} en 2008 y 151.85 mg•L^{-1} en 2009 para la población de Krib. Las diferencias en la concentración y composición de cimeno, γ-terpineno, timol y carvacrol en los aceites esenciales podrían ser responsables de los cambios en la actividad de AOX. Asimismo, la actividad captadora de radicales libres, medida por el ensayo DPPH, de *O.onite* cosechadas en diferentes épocas se vio afectada; las muestras obtenidas en junio mostraron menores valores de IC50 (116.74 µg•$mL^{-1)}$ y mayor capacidad de AOX que las obtenidas en julio (123.75 µg•mL^{-1}), agosto (128.86 µg•mL^{-1}) y septiembre (132.93 µg•mL^{-1}).

Aceite de orégano como antioxidante en la prevención de enfermedades

Los aceites de orégano han demostrado tener eficacia como antioxidantes y podrían tener el potencial de retrasar la oxidación lipídica. Esto podría darle al aceite de orégano la capacidad de inhibir el daño celular causado por los radicales libres (Cid-Pérez *et al.*, 2019). Los autores afirman que los aceites esenciales de esta especie específica no son activos para capturar radicales libres, pero tienen un importante poder reductor/antioxidante férrico (Teke *et al.*, 2021). Hay varios otros estudios que han informado sobre la actividad AOX de los AE de diferentes especies de orégano (Mo-

reira, 2024). Se cree que las propiedades AOX de los aceites esenciales están relacionadas, al menos en parte, con los mecanismos mediante los cuales ejercen su efecto sobre el estrés oxidativo.

Algunos mecanismos informados son: (i) actividad eliminadora de radicales libres, (ii) modulación de las enzimas AOX (superóxido dismutasa); y (iii) inhibición de la prooxidación. En este sentido, los aceites esenciales son eficaces eliminadores de radicales libres, como se ha informado a través de diferentes y numerosos ensayos in vitro como FRAP, poder reductor del hierro (III y II), DPPH y ORAC (Radünz et al., 2021). Se sugiere que las propiedades AOX de los aceites esenciales de orégano están relacionadas con sus enlaces múltiples: cuanto mayor es la longitud de los terpenos conjugados, mayor es la actividad eliminadora (Perumal *et al*., 2020). Debido a la capacidad de eliminación de radicales del aceite esencial de orégano, se ha informado que estos compuestos pueden usarse como sustancias promotoras de la salud en la prevención de enfermedades crónicas y trastornos neurodegenerativos, que están relacionados con el estrés oxidativo (Fierascu *et al*., 2021).

La inflamación es una respuesta biológica normal del cuerpo al daño tisular, infecciones y agentes químicos o físicos (Madrid-Garcés, 2021). Durante la inflamación se desencadena la producción de mediadores inflamatorios. Ejemplos de estos mediadores son las citocinas, las prostaglandinas, las enzimas, el óxido nítrico (NO) y las especies reactivas de oxígeno (ROS), entre otros (Madrid-Garcés *et al.*, 2010). Si no se controla la inflamación, se sobre producen mediadores proinflamatorios, lo que podría inducir procesos patológicos relacionados con enfermedades como la artritis, la aterosclerosis y el cáncer, por nombrar algunas (Jaramillo-Colorado *et al*., 2022). En consecuencia, la inhibición de los mediadores es un objetivo imperativo para tratar enfermedades inflamatorias.

Existen evidencias que mencionan que los aceites esenciales de orégano tienen la capacidad de ejercer actividad antiinflamatoria. Leyva-López *et al.* (2016) demostraron que los terpenos, como el timol y el acetato de carvacrol, obtenidos de las tres especies mexicanas de orégano, *L. graveolens*, *L. palmeri* y *H. patens,* redujeron significativamente los niveles de ROS y NO producidos por las células de macrófagos RAW 264.7 estimuladas con lipopolisacárido (LPS). Han y Parker *et al.* (63) demostraron que los aceites esen-

ciales obtenidos de *O. vulgare* inhibían significativamente los niveles de los biomarcadores inflamatorios proteína quimioatractante de monocitos^{-1} (MCP^{-1}), la molécula de adhesión de células vasculares^{-1} (VCAM^{-1}) y la molécula intracelular. Molécula de adhesión celular (ICAM^{-1}) en fibroblastos neonatales humanos primarios activados. Estos hallazgos sugieren que los aceites esenciales de orégano tienen propiedades antiinflamatorias.

También se han estudiado los componentes individuales del aceite esencial de orégano para comprender mejor su efecto sobre la inflamación. Lima *et al.* (2013) demostraron que el carvacrol ejerce actividad antiinflamatoria en un modelo típico de inflamación en ratones. Cuando se administró carvacrol a ratones (a 50 y 100 mg•kg^{-1}), que presentaban edema en las patas, los niveles de prostaglandinas IL^{-1}β y prostaglandina E_2 (PGE_2) disminuyeron. La reducción de la expresión de ARNm de IL^{-1}β y ciclooxigenasa-2 (COX^{-2}) podría ser responsable de los efectos mencionados. Los estudios mencionados anteriormente indican que diversas especies de orégano podrían usarse como agentes antiinflamatorios y podrían usarse en formulaciones para la prevención o el tratamiento de enfermedades relacionadas con la inflamación.

Aceite esencial de orégano y enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte en varios países y están aumentando en todo el mundo. La ECV es una afección inflamatoria crónica que se acelera por diversos factores como el tabaquismo, la diabetes y la inflamación (Ramón-Arbués *et al.*, 2016). La principal causa de ECV es la aterosclerosis, que es el resultado de una respuesta inflamatoria anormal (Hernández, 2016), ya que algunas citocinas proinflamatorias, IL-1β y TNF-α, están involucradas en el proceso de adherencia de los leucocitos (Ortiz *et al.*, 2017).

Como se mencionó anteriormente, los aceites esenciales son compuestos naturales que han sido estudiados por sus actividades biológicas, como efectos antiinflamatorios y cardiovasculares. A este respecto, la investigación sobre los efectos de los aceites de orégano sobre las enfermedades car-

diovasculares se ha centrado en componentes individuales de los aceites esenciales como carvacrol, timol, eugenol y γ-terpineno de diversas fuentes. Curiosamente, estos estudios han demostrado que algunos aceites esenciales pueden reducir los niveles plasmáticos totales de colesterol y triglicéridos, lo que contribuye a la formación de aterosclerosis. Entre los estudios más notorios publicados hasta la fecha, se han informado propiedades antiinflamatorias de diferentes especies de orégano (Marín-Tinoco *et al*., 2023).

Es importante mencionar que el modo de acción de los aceites esenciales sobre su efecto en la salud cardiovascular no se conoce del todo por falta de estudios. Sin embargo, Dantas *et al.* (2021) sugieren las posibles propiedades antihipertensivas de los aceites esenciales como el carvacrol al actuar como agentes hipotensores debido a la vasodilatación que implica la inhibición del flujo de entrada de Ca^{2+} a través de los canales Ca_v y TRP. En este sentido, los canales TRP son una superfamilia de receptores que se ha sugerido que participan en el desarrollo de hipertrofia cardíaca, insuficiencia cardíaca, arritmias cardíacas, remodelación vascular e hipertensión pulmonar (Dantas *et al*., 2015). Se ha observado que algunos de los aceites esenciales son capaces de estimular significativamente el sistema cardiovascular y pueden provocar vaso-relajación, hipotensión y regresión del proceso de aterosclerosis. Se han realizado muchos estudios para evaluar el papel de los aceites esenciales sobre la vasodilatación y la frecuencia cardíaca.

Aceites esenciales de orégano y su efecto sobre el síndrome metabólico

La obesidad y el síndrome metabólico son eventos potencialmente mortales que conducen a problemas de salud crecientes en todo el mundo. La obesidad es el componente central y causal de los síndromes metabólicos, resultante de un desequilibrio entre la ingesta y el gasto de energía que puede causar intolerancia a la glucosa, resistencia a la insulina y diabetes tipo 2 (Hernández *et al.*, 2018). En particular, la Federación Internacional de Diabetes define el síndrome metabólico como un grupo de los factores de riesgo de ataque cardíaco más peligrosos: diabetes y aumento de la glucosa

plasmática en ayunas, obesidad abdominal, colesterol alto y presión arterial alta (Mora-Morales, 2014).

Aunque un estilo de vida saludable y el control de la dieta se encuentran entre las estrategias de prevención del síndrome metabólico, la terapia farmacológica también se utiliza en el tratamiento de la obesidad abdominal, la elevación de la glucosa plasmática en ayunas y la diabetes. Entre los fármacos más utilizados se encuentran la metformina, que es un conocido activador de la proteína quinasa activada por monofosfato de adenosina (AMPK), y los inhibidores de la α-glucosidasa y la α-amilasa, que son las principales enzimas que median el metabolismo de los carbohidratos de la dieta. No obstante, estos inhibidores a menudo pueden causar efectos secundarios no deseados, como malestar abdominal, por lo que se continúa en la búsqueda de nuevas alternativas naturales sin efectos adversos (López-Rivera *et al*., 2018).

Las propiedades antidiabéticas del aceite de orégano esenciales se han relacionado con los componentes principales como el carvacrol y el timol (Ortiz *et al.*, 2017); en este sentido, algunos estudios en plantas pertenecientes a la familia Lamiaceae sugieren que el modo de acción de los aceites esenciales puede variar dependiendo de esa composición.

Sarikurkcu *et al.* (2015) demostraron que los aceites esenciales de dos especies de orégano (*O. vulgare* subsp. *Vulgare* y subsp. *hirtum*) poseen actividad inhibidora de α-amilasa y α-glucosidasa. Curiosamente, los principales compuestos identificados en estas especies fueron timol, carvacrol, *p*-cimeno, γ-terpineno y linalol. Asimismo, López-Matínez *et al.* (2014) informaron que la inhibición de la amilasa por los aceites de *O. vulgare* se combinaba con ácido rosmarínico, ya que la inhibición era mayor, lo que sugiere que la combinación de compuestos fenólicos con aceites esenciales de orégano puede contribuir a una actividad inhibidora adicional de la amilasa. Es importante mencionar que previamente se ha informado sobre la variabilidad en la composición de aceites esenciales de diferentes especies de orégano Leyva *et al.* (2017). Es importante mencionar que las posibles propiedades antidiabéticas de los aceites esenciales individuales han sido estudiadas, sin embargo, cuando se combinan con otros compuestos este efecto puede modificarse, por lo que alentamos futuras investigaciones so-

bre las propiedades antidiabéticas y antimetabólicas de los aceites esenciales de diferentes especies de orégano.

Actividad antiproliferativa y citotóxica de los aceites esenciales de orégano

Los componentes de los aceites esenciales podrían ejercer un efecto antiproliferativo. Diferentes mecanismos como los antioxidantes, antimutagénicos, antiproliferativos, entre otros, son responsables de sus propiedades quimiopreventivas da Silva *et al.* (2023). Los efectos antiproliferativos de los aceites esenciales se han demostrado en diversos modelos de células cancerosas a través de varias vías di Liberto *et al.* (2023), algunos de ellos reflejados en el cuadro 2.

Marrelli *et al.* (2018) estudiaron la actividad antiproliferativa de los aceites de especies de *Origanum*. A una concentración de 100 μg•mL^{-1}, los aceites esenciales derivados de *O. dictamnus* mostraron la actividad biológica más interesante con una inhibición en la línea celular de carcinoma de colon (LoVo) del 58.39 % después de 24 h. Además, el valor de CI_{50} para este aceite esencial fue de 84.76 μg•mL^{-1} después de 24 h y de 72.26 μg•mL^{-1} después de 48 h de tratamiento. En el mismo estudio, se informó que los aceites esenciales de *O. dictamnus* y *O. libanticum* tenían una actividad antiproliferativa del 49.83 % y del 48.50 % en la línea celular de hepatocarcinoma (HepG2) a una concentración de 100 μg•mL^{-1}. Además, los aceites esenciales han demostrado actividad contra agentes genotóxicos, que son capaces de alterar el ADN y, por tanto, causar cáncer o mutaciones (Kordali *et al.*, 2022). Los efectos de AFB_1 (5 μM), un promotor del cáncer, en los linfocitos periféricos humanos, disminuyeron después del tratamiento con aceites esenciales de *O. rotundifolium* (1.5 y 2.0 μL). Esta actividad podría atribuirse en parte a la composición de los aceites esenciales y su capacidad antioxidante (Kordali *et al.*, 2022). De manera similar, el tratamiento combinado de praletrina y aceites esenciales de *O. majorana* en células de la médula ósea de ratas dio como resultado la reducción de la aberración cromosómica (54.54 %), por lo que los aceites esenciales de orégano demostraron tener un efecto genotóxico. Los efectos podrían atribuirse a la capa-

cidad de eliminación del aceite esencial de orégano y su contribución a la obstaculización de la peroxidación lipídica (El-Sawy *et al*., 2019).

Cuadro 3.4. *Resumen de las actividades biológicas de los aceites esenciales de orégano*

Especies de orégano	*Actividad biológica*	*Efecto*	*Referencia*
H. patenas	Antiinflamatorio	Reducción de los niveles de NO y ROS producidos en células de macrófagos murinos.	Leyva-López (2)
L. palmeri	Antiinflamatorio	Inhibición de la producción de ROS y NO por macrófagos RAW 264.7 estimulados por LPS	Leyva-López (2)
L. graveolens	Antioxidante	Actividad eliminadora de radicales contra DPPH	Leyva-López (2)
	Antiinflamatorio	Reducción de los niveles de NO y ROS producidos en células de macrófagos murinos estimuladas por LPS	Leyva-López (2)
O. acutidens	Antioxidante	Mostró actividad eliminadora contra el radical DPPH.	Gozed *et al.* (84)
	Citotóxico	No tóxico cuando se usa en células MCF-7	El Babili *et al.* (85)
O. dictamnus	Antioxidante	Poder férrico reductor/antioxidante	Marreli *et al.* (86)
	Antiproliferativo	Inhibe la proliferación celular del carcinoma de colon (LoVo) y de la hepatocarcinoma (HepG2)	Marreli *et al.* (86)
O. ehrenbergii	Antioxidante	Actividad eliminadora de radicales del DPPH	Loizzo *et al.* (87)

Cuadro 4. *Resumen de las actividades biológicas de los aceites esenciales de orégano (Concluye)*

Especies de orégano	*Actividad biológica*	*Efecto*	*Referencia*
O. glandulosum	Antioxidante	Mostró actividad antirradical.	Mechergui *et al.* (88, 89)
O. heracleoticum	Antiinflamatorio	Inhibición de la producción de NO	Conforti *et al.* (90)
O. libanótico	Antioxidante	Poder férrico reductor/antioxidante	Marreli *et al.* (86)
	Antiproliferativo	Inhibir la proliferación de células HepG2	Marreli *et al.* (86)
O. majorana	Antiinflamatorio	Reducción de la secreción de citoquinas inflamatorias (TNF-α, $IL^{-1}\beta$ e IL^{-6}) en células THP^{-1}	Assis *et al.* (91)
	Antigenotóxico	Reduce la aberración cromosómica en las células de la médula ósea de ratas.	Massoud *et al.* (92)
	Citotóxico	Inhibe la viabilidad celular de líneas celulares de cáncer de mama humano (MCF^{-7}) y próstata (LNCaP).	Bouyahya *et al.* (93)
O microphyllum	Antioxidante	Poder reductor férrico.	Marreli *et al.* (86)

O. vulgar subsp. *vulgar*	Antioxidante	Actividad eliminadora de radicales (ensayos DPPH, ABTS y FRAP). Capacidad reductora total (método Folin-Ciocalteu)	Martucci *et al.* (94)
	Antioxidante	Prevenir la autooxidación de ésteres de ácidos grasos poliinsaturados.	Oniga *et al.* (95)
	Antiinflamatorio	Síntesis reducida de citocinas TNF-α, IL-1β e IL-6. Aumento de la síntesis de citocina IL-10.	Acaña-Fuentes *et al.* (96)
	Antiinflamatorio	Inhibición de los niveles de biomarcadores inflamatorios (MCP^{-1}, $VCAM^{-1}$ e $ICAM^{-1}$) en fibroblastos neonatales humanos primarios activados	Han *et al.* (97)
	Antiproliferativo	Inhibe la proliferación celular del adenocarcinoma de mama humano (MCF-7) y del adenocarcinoma de colon humano (HT-29)	Begnini *et al.* (98)
	Antitumoral	Disminuir el tamaño de los tumores en ratones enfermos.	Misharinna *et al.* (99)
	Hipoglucemiante	Inhibe la actividad de la α-amilasa y la α-glucosidasa	Sarikukcu *et al.* (100)

Fuente: elaboración propia.

Los aceites esenciales de orégano se han propuesto como inhibidores dietéticos de la mutagénesis y la carcinogénesis (Di-Liberto *et al.*, 2023). Sin embargo, las investigaciones sobre el efecto anticancerígeno de los aceites esenciales son escasas. Asimismo, hay considerablemente menos trabajos dedicados a la actividad biológica de los aceites esenciales utilizando cultivos celulares y modelos *in vivo* (Perumalsamy *et al.*, 2022). Además, los objetivos moleculares a nivel del genoma y las vías genéticas involucradas en los mecanismos de los aceites siguen estando poco explorados (Osaili *et al.*, 2023).

Bases para la comercialización y exportación del producto

A continuación, se describe la clasificación arancelaria dentro del Sistema Armonizado, con base a la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (LIGIE) (Leyva-López *et al.*, 2017):

- Producto: aceite de orégano.

- Sector: productos de las industrias químicas o de las industrias conexas
- Clasificación arancelaria: desafortunadamente, no existe una fracción arancelaria específica para aceite de orégano, por lo que este queda incluido con otros aceites esenciales en la clasificación genérica 3301.29.99 – 99.

En el ámbito de las operaciones de comercio exterior, la unidad de medida para este producto es el kilogramo. Además, cabe destacar que está exento del pago de aranceles tanto en el proceso de importación como en el de exportación (Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación, 2023).

Cuadro 3.5. *Descripción de la clasificación arancelaria*

Apartado	*Código*	*Descripción*
Capítulo	33	Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética
Partida	3301	Aceites esenciales (desterpenados o no), incluidos los "concretos" o "absolutos"; resinoides; oleorresinas de extracción; disoluciones concentradas de aceites esenciales en grasas, aceites fijos, ceras o materias análogas, obtenidas por enflorado o maceración; subproductos terpénicos residuales de la desterpenación de los aceites esenciales; destilados acuosos aromáticos y disoluciones acuosas de aceites esenciales
Subpartida	3301.29	Los demás.
Fracción	3301.29.99	Los demás.
NICO	99	Los demás.

Fuente: elaborado con base en la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (2022).

Cuadro 3.6. *Cuota arancelaria del aceite de orégano*

	Cuota (Arancel)		
UMT	*Impuesto de importación*	*Impuesto de exportación*	*Regulación / Programa*
Kilogramo	Exento	Exento	PS4*; SEM*

• **SEM**: acuerdo que modifica el diverso que establece las mercancías cuya importación y exportación están sujetas a regulación por parte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
• **PS4**: decreto por el que se establecen diversos Programas de Promoción Sectorial, Artículo 4.
Fuente: elaborado con base en la Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación (2022).

Mercado de aceites esenciales

Con base en la clasificación arancelaria de aceites esenciales, se realizó una investigación sobre los datos de importación y exportación en la plataforma de *Trade Map* de *International Trade Centre*. En 2022, el mercado de aceites esenciales registró un valor de importación de 2 396 507 dólares. Según el cuadro 7, destaca que los principales países importadores fueron Estados Unidos, con 499 886 millones de dólares; seguido de Francia, con 304 648 millones de dólares, y Alemania, con 145 337 millones de dólares importados.

En el cuadro 8 se detalla el rendimiento de los países en términos de exportación de aceites esenciales, destacando a Francia, China y Estados Unidos de América como las naciones líderes en este campo. Cabe destacar que China fue el país que más toneladas exportó durante el año 2022.

Perspectivas del mercado del aceite esencial de orégano

Con base en el reporte de *Oregano Oil Market* (Persistence Market Research, 2023), el mercado de aceite de orégano presentó un incremento del 49 % de valor *Compound Annual Growth Rate* (CAGR), durante el período histórico de evaluación de 2018 a 2022, debido a las propiedades naturales asociadas con dicho producto.

EMR Aclaight Enterprise (2024) reportó que el valor del mercado de aceite de orégano alcanzó aproximadamente los 16.14 mil millones de dólares durante 2023 y se proyecta un crecimiento de dicho mercado a una tasa anual compuesta del 4.8 % entre 2024 y 2032, llegando a un valor de 24.61 mil millones de dólares para 2032.

¿Cuáles son las tendencias clave en el mercado del aceite esencial de orégano?

Cambiando la preferencia de los clientes por los productos sin gluten

Cuadro 3.7. *Lista de los principales 15 países importadores de "3301.29" en 2022*

Importadores	*Valor importado en 2022 (miles de USD)*	*Saldo comercial 2022 (miles de USD)*	*Cantidad importada en 2022*	*Unidad de cantidad*	*Valor unitario (USD/unidad)*	*Participación en las importaciones mundiales (%)*	*Arancel equivalente ad valorem aplicado por el país (%)*
Mundo	2.396.507	–217.919	0	No medida		100	
Estados Unidos de América	499.886	–245.022	11.188	Toneladas	44.681	20.9	0.5
Francia	304.648	19.560	4.135	Toneladas	73.675	12.7	0.5
Alemania	145.337	–87.939	3.312	Toneladas	43.882	6,1	0.5
India	116.679	7.552	4.175	Toneladas	27.947	4.9	16.1
China	113.481	159.642	2.108	Toneladas	53.833	4.7	18.4
Reino Unido	113.214	–52.808	2.839	Toneladas	39.878	4.7	0
Indonesia	112.054	20.863	8.008	Toneladas	13.993	4.7	4.6
Suiza	102.409	–73.861	1.395	Toneladas	73.411	4.3	0
España	100.241	–15.505	2.593	Toneladas	38.658	4.2	0.5
Países Bajos	83.906	3.074	1.260	Toneladas	66.592	3.5	0.5
Japón	52.503	–50.870	463	Toneladas	113.397	2.2	0.4
Singapur	52.025	–36.934	0	No medida		2.2	0
Italia	44.404	–22.016	1.224	Toneladas	36.278	1.9	0.5
Brasil	42.895	–29.853	916	Toneladas	46.829	1.8	10.3
Canadá	41.944	–16.919	1.848	Toneladas	22.697	1.8	0.3

La agregación mundial representa la suma de los países que reportan los datos y de los que no los reportan. Cálculos del *ITC* basados en estadísticas de *UN COMTRADE* e del *ITC*.

Fuente: datos recolectados de *International Trade Centre* (s/f).

Cuadro 3.8. *Lista de los 15 principales países exportadores de "3301.29" en 2022*

Exportadores	*Valor exportado en 2022 (miles de USD)*	*Saldo comercial 2022 (miles de USD)*	*Cantidad exportada*	*Unidad de cantidad*	*Valor unitario (USD/ unidad)*	*Participación en las exportaciones mundiales (%)*
Mundo	2 178.588	–217.919	0	No medida		100
Francia	324.208	19.560	3.572	Toneladas	90.764	14.9
China	273.123	159.642	14.865	Toneladas	18.374	12.5
Estados Unidos de América	254.864	–245.022	8.328	Toneladas	30.603	11.7
Indonesia	132.917	20.863	4.180	Toneladas	31.798	6.1
India	124.231	7.552	2.604	Toneladas	47.708	5.7
Países Bajos	86.980	3.074	1.118	Toneladas	77.800	4
España	84.736	–15.505	2.224	Toneladas	38.101	3.9
Bulgaria	78.411	73.704	528	Toneladas	148.506	3.6
Madagascar	74.377	74.366	4.654	Toneladas	15.981	3.4
Reino Unido	60.406	–52.808	1.348	Toneladas	44.812	2.8
Alemania	57.398	–87.939	986	Toneladas	58.213	2.6
Australia	48.417	15.545	909	Toneladas	53.264	2.2
Haití	34.101	33.753	216	Toneladas	157.875	1.6
Austria	33.443	4.612	516	Toneladas	64.812	1.5
Federación de Rusia	32.174	23.302	511	Toneladas	62.963	1.5

La agregación mundial representa la suma de los países que reportan los datos y de los que no los reportan.
Cálculos del *ITC* basados en estadísticas de *UN COMTRADE* e del *ITC*.
Fuente: datos recolectados de *International Trade Centre* (s/f).

Los productos sin gluten han presentado un aumento en su popularidad debido a la demanda por parte del segmento del mercado que padece afecciones al consumir gluten, como la enfermedad celíaca (Ibáñez-Sánchez, 2017).

Para este tipo de consumidores, los aceites esenciales juegan un papel importante en su dieta, ya que se utilizan para estimular la nutrición esencial, limpiar el organismo y fortalecer el sistema inmunológico. Valeria y Toro (2017) señalan que los aceites esenciales presentan una demanda potencial, debido a su uso como conservantes naturales, satisface la demanda de alimentos seguros, saludables y nutritivos. Además, estos aceites tienen un alto contenido de nutrientes esenciales y se ha demostrado que son beneficiosos para mejorar la digestión.

La creciente demanda de productos saludables y nutricionales ha llevado a los fabricantes de alimentos y bebidas a desarrollar productos innovadores con ingredientes naturales y nutritivos. Por lo tanto, el consumo de aceite esencial de orégano en la industria de alimentos y bebidas está creciendo a un ritmo rápido del 6.5 % durante el período estimado (Market Research, 2023).

Aplicación creciente del aceite esencial de orégano y la creciente conciencia de los consumidores sobre los productos beneficiosos para la salud

Los aceites esenciales ofrecen una variedad de beneficios para la salud debido a sus propiedades medicinales. Estos productos sirven como reemplazo principal de los medicamentos de infusión química. Sánchez (2016) destaca los diferentes usos de los aceites, como tratamientos para disminuir el estrés, la ansiedad, los dolores de cabeza y las migrañas, los trastornos inflamatorios del sueño y muchos otros problemas de salud. La composición química que contiene el aceite esencial de orégano le proporciona múltiples propiedades, como antioxidantes, microbiológicas y conservantes de alimentos; también para uso en perfumería y cosmética (Acevedo *et al.*, 2013).

La disponibilidad de diferentes sustitutos puede causar obstáculos

El mercado mundial de aceites esenciales incluye diferentes aceites esenciales extraídos de diferentes hierbas, especias, flores y diferentes partes de los árboles. Los sustitutos más comúnmente disponibles de los aceites esenciales de orégano son el limón, el té, la mirra, la monarda y más. La disponibilidad de múltiples sustitutos de aceites esenciales que ofrecen las mismas propiedades o beneficios puede resultar un factor restrictivo para que el mercado mundial de aceites esenciales de orégano alcance su máximo potencial (Sánchez-Llambí, 2016).

Panel competitivo

El mercado del aceite de orégano se destaca por la innovación en productos, avances en fabricación y desarrollos en I+D. Las empresas están intensificando sus iniciativas para potenciar la funcionalidad de los aceites esenciales en una amplia gama de productos alimenticios, cosméticos, farmacéuticos y nutricionales para animales.

Además, mediante el empleo de técnicas avanzadas y de vanguardia en el proceso de fabricación, las empresas se enfocan en garantizar elevados niveles de calidad en los productos de aceite esencial de orégano. Asimismo, los fabricantes han incorporado estrategias de marketing multinivel para alcanzar a un amplio espectro de clientes.

Destaca la importancia de los actores clave en la promoción del aceite esencial de orégano para fortalecer la cartera de productos y expandir la presencia comercial a nuevos territorios geográficos. EMR Aclaight Enterprise (2024) establece como los cinco principales actores del mercado a:

- Rocky Mountain Oils, LLC
- NOW Health Group, Inc.
- Do TERRA International, LLC
- AOS Product Pvt. Ltd.
- Mountain Rose Herbs

Conclusiones

La producción, comercialización y exportación de aceite de orégano representan una gran oportunidad de desarrollo económico para los productores en México, dadas sus múltiples aplicaciones y beneficios, que permiten que pueda ser colocado en mercados internacionales. Aunado a lo anterior, el aceite de orégano cuenta con una ventaja mayor desde el punto de vista económico, dado que está exento del pago de aranceles tanto en el proceso de importación como en el de exportación. Es un aceite que ya se produce y comercializa en el mundo, por lo que existe el mercado para este producto; sin embargo, este se puede ampliar, así como desarrollar nuevos mercados gracias a la diversidad de usos, aplicaciones y beneficios.

Para aprovechar el potencial de este producto, es de vital importancia la educación, la investigación, la innovación y el desarrollo de capacidades, ya que son factores determinantes para el crecimiento del sector. La promoción de este tipo de productos a nivel internacional permite hacer frente a desafíos y retos como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la sanidad e inocuidad de los productos, ya que tiene repercusiones en el desarrollo social y económico de los productores y su utilización trae consigo múltiples beneficios para el usuario.

Bibliografía

Acevedo, D., Navarro, M. y Monroy, L. (2013). Composición química del aceite esencial de hojas de orégano (Origanum vulgare). *Información Tecnológica, 24*(4), 9–10. https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000400005

Albado-Plaus, E., Saez-Flores, G. y Grabiel-Ataucusi, S. (2021). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial del Origanum vulgare (orégano). *Revista Médica Herediana, 12*(1), 16–19.

Aljaafari, M. N., AlAli, A. O., Baqais, L., Alqubaisy, M., AlAli, M., Molouki, A. y Lim, S. H. E.

(2024). *Una visión general de las posibles aplicaciones terapéuticas de los aceites esenciales. Molecules, 26*(3), 628. https://doi.org/10.3390/molecules26030628

Arcila-Lozano, C. C., Loarca-Piña, G., Lecona-Uribe, S. y González de Mejía, E. (2004). El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 54*(1), 100–111.

Assis-Souza, P. G. (2022). *Estudio fitoquímico de Baccharis myriocephala y evaluación sobre la liberación de mediadores proinflamatorios* (Tesis de maestría). Universidade Federal de Minas Gerais, Facultad de Farmacia.

Bandani, A. L., Retta, D., Lira, P. M. D. L. y Van Baren, C. M. (2009). ¿Son realmente útiles los aceites esenciales? *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 8*(5), 317–322. https://www.redalyc.org/pdf/856/85611977001.pdf

Bello, A. (1999). *Estudios de aceites esenciales de especies Myrtaceae de la flora de Pinar del Río* (Tesis de maestría). Universidad de Río, Brasil. https://hdl.handle.net/20.500.12970/1004

Begnini, K. R., Nedel, F., Lund, R. G., Carvalho, P. H. de A., Rodrigues, M. R. A., Beira, F. T. A. y otros. (2014). Composition and antiproliferative effect of essential oil of Origanum vulgare against tumor cell lines. *Journal of Medicinal Food, 17*(10), 1129–1133. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25230257/

Bouyahya, A., Chamkhi, I., Benali, T., Guaouguaou, F. E., Balahbib, A., El Omar, N. y El Menyiy, N. (2021). Uso tradicional, fitoquímica, toxicología y farmacología de Origanum majorana L. *Journal of Ethnopharmacology, 265*, 113318. https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113318

Burt, S. A. (2007). *Antibacterial activity of essential oils: Potential applications in food* (Tesis doctoral). Utrecht University, Países Bajos.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023). *Ley de los Impuestos Generales de Importación y de Exportación.* Capítulo 33: Aceites esenciales y resinoides; preparaciones de perfumería, de tocador o de cosmética. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIGIE_2022.pdf

Carvalho, M., Albano, H. y Teixeira, P. (2018). Actividades antimicrobianas in vitro de varios aceites esenciales contra microorganismos patógenos y de descomposición. *Food Hazard Control and Quality, 5*(2), 41–48.

Castillo-Pestaña, J. D. (2025). *Proceso para exportar orégano desde Sáchica, Boyacá hacia el mercado de Alemania* (Trabajo de grado). Universidad Antonio Nariño. http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/9299

Ceballos-Toro, V. y Londoño-Giraldo, L. M. (2017). Aceites esenciales en la conservación de alimentos. *Repositorio Institucional Unilibre, 6,* 38–49. https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/17599

Chua, L. Y., Chong, C. H., Chua, B. L. y Figiel, A. (2019). Influencia de los métodos de secado en la composición antibacteriana, antioxidante y volátil de los aceites esenciales de hierbas: una revisión. *Food and Bioprocess Technology, 12*, 450–476. https://doi.org/10.1007/s11947-018-2232-9

Christian, K. T. R., Carole, D. F. M., Alain, K. Y., Dahouenon-Ahoussi, F., Avlessi, F., Sohounhloue, D. y Simal-Gandara, J. (2023). Aceites esenciales como antioxidantes

naturales para el control de la conservación de alimentos. *Advances in Food Chemistry,* 100312. https://doi.org/10.1016/j.afchem.2023.100312

Cid-Pérez, T. S., Ávila-Sosa, R., Ochoa-Velasco, C. E., Rivera-Chavira, B. E. y Nevárez-Moorillón, G. V. (2019). Actividad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial de orégano mexicano (Poliomintha longiflora). *Plants, 8*(1), 22. https://doi.org/10.3390/plants8010022Combariza, M. Y., Cristian Blanco-Tirado, Stashenko E., TakayukiShibamoto. Limonene concentration in lemon (*Citrus volkameriana*) peel oil as a function of ripeness. *Hrc-journal of High Resolution Chromatography*, 1994. 17(9):643-6.

Combariza, M. Y., Blanco-Tirado, C., Stashenko, E. y Shibamoto, T. (1994). Limonene concentration in lemon (Citrus volkameriana) peel oil as a function of ripeness. *Journal of High Resolution Chromatography, 17*(9), 643–646.

Conforti, C., Dianzani, C., Agozzino, M., Giuffrida, R., Marangi, G. F., di Meo, N. y otros. (2020). Cutaneous manifestations in confirmed COVID-19 patients: A systematic review. *Biology, 9*(12), 449. https://doi.org/10.3390/biology9120449

Contreras, R., Calle, I., Oses, R., Aguayo, F., Porcile, V. y Arias, M. (2021). Genetic identification of the Putre's oregano (Origanum vulgare L.) by ITS and microsatellites, a species recognized in Chile with Seal of Origin. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 20*(2), 177–194.

Dantas, A. G. B., de Souza, R. L., de Almeida, A. R., Xavier Júnior, F. H., Pitta, M. G. D. R., Rêgo, M. J. B. D. M. y Oliveira, E. E. (2021). Desarrollo, caracterización y evaluación inmunomoduladora de nanoemulsión cargada de carvacrol. *Molecules, 26*(13), 3899. https://doi.org/10.3390/molecules26133899

Dantas, B. P. V., Alves, Q. L., de Assis, K. S., Ribeiro, T. P., de Almeida, M. M., de Vasconcelos, A. P. y Silva, D. F. (2015). Participación del canal TRP en los efectos cardiovasculares inducidos por carvacrol en ratas normotensas. *Vascular Pharmacology, 67,* 48–58.

D'Antuono, L. F., Galletti, G. C. y Bocchini, P. (2000). Variabilidad del contenido de aceite esencial y composición de poblaciones de Origanum vulgare L. del norte del Mediterráneo (Liguria, Italia). *Annals of Botany, 86*(3), 471–478.

Da Silva Sá, G. C., Bezerra, P. V. V., Da Silva, M. F. A., Da Silva, L. B., Barra, P. B., Ximenes, M. F. F. M. y Uchoa, A. F. (2023). Insectos vectores de arbovirus: ¿son los insecticidas botánicos una alternativa para su manejo? *Journal of Pest Science, 96*(1), 1–20.

Dawood, M. A., El Basuini, M. F., Yilmaz, S., Abdel-Latif, H. M., Alagawany, M., Kari, Z. A. y Van Doan, H. (2022). Explorando las funciones de los aceites esenciales de hierbas dietéticas en la acuicultura: una revisión. *Animals, 12*(7), 823. https://doi.org/10.3390/ani12070823

De Almeida, J. M., Crippa, B. L., de Souza, V. V. M. A., Alonso, V. P. P., Júnior, E. D. M. S., Picone, C. S. F. y Silva, N. C. C. (2023). Acción antimicrobiana de aceites esenciales libres y encapsulados contra patógenos transmitidos por alimentos. *Food Control, 144,* 109356.

Deng, X., Gould, M. y Ali, M. A. (2020). Advances in wound healing: Biomaterial and medical device applications. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 110*(11), 2542–2573.

Di Liberto, D., Iacuzzi, N., Pratelli, G., Porrello, A., Maggio, A., La Bella, S. y Carlisi, D.

(2023). Cytotoxic effect induced by Sicilian oregano essential oil on human breast cancer cells. *Cells, 12*(23), 2733. https://doi.org/10.3390/cells12232733

Diniz do Nascimento, L., Barbosa de Moraes, A. A., Santana da Costa, K., Pereira Galúcio, J. M., Taube, P. S., Leal Costa, C. M. y otros. (2020). Bioactive natural compounds and antioxidant activity of essential oils from spice plants. *Biomolecules, 10*(7), 988. https://doi.org/10.3390/biom10070988

Ella, J. y Cho, M. K. (2021). Efecto de la aromaterapia sobre la calidad del sueño en adultos y personas mayores: revisión sistemática y metaanálisis. *Complementary Therapies in Medicine, 60,* 102739.

El-Sawy, N. A., Alkushi, A. G., Alasmar, W. A. M., Sinna, M. M., Header, E. A., El-Madbouly, M. A. y Sakran, A. M. E. A. (2019). ¿El orégano protege contra la toxicidad testicular inducida por etilenglicol en ratas? *International Journal of Morphology, 37*(1), 358–362.

EMR Aclaight Enterprise. (2024). *Análisis del mercado de aceite de orégano*. https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-aceite-de-oregano

Espain, J. I. I., Carmona-Gasca, C., Valente, F. E. y Ávila-Ramos, F. (2020). Efecto del propóleo y aceite de orégano en la dieta de pollos. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 11*(1), 153–166.

Fierascu, R. C., Fierascu, I., Baroi, A. M. y Ortan, A. (2021). Selected aspects related to medicinal and aromatic plants as alternative sources of bioactive compounds. *International Journal of Molecular Sciences, 22*(4), 1521.

Figiel, A., Szumny, A., Gutiérrez-Ortíz, A. y Carbonell-Barrachina, Á. R. (2010). Effect of drying methods on the composition of oregano essential oil. *Journal of Food Engineering, 98*(2), 240–247.

Goze, I., Alim, A., Cetinus, S. A., Çetin, A., Durmus, N., Atas, A. T. y otros. (2010). In vitro antimicrobial, antioxidant and antispasmodic activities of Origanum acutidens essential oil. *Journal of Medicinal Food, 13*(3), 705–709.

Granados, C., Yáñez, X. y Acevedo, D. (2014). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de Myrcianthes leucoxyla. *Información Tecnológica, 25*(3), 11–16.

Hammoudi Halat, D., Krayem, M., Khaled, S. y Younes, S. (2022). A thyme-focused view: Biological, chemical and therapeutic properties. *Nutrients, 14*(10), 2104.

Han, F., Ma, G., Yang, M., Yan, L., Xiong, W. y otros. (2017). Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of oregano. *Journal of Zhejiang University Science B, 18*(1), 79–84. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5260481/Han, F., Ma, G., Yang, M., Yan, L., Xiong, W., y Shu, J., *et al.* Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of the oregano. *Journal of Zhejiang University Science B*. 2017. 18(1): 79-84. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5260481/

Hernández, J. L. C., González, M. J. C., Galiana, M. A. y Hernández, E. Y. R. (2018). Síndrome metabólico: un problema de salud pública con diferentes definiciones y criterios. *Revista Médica de la Universidad Veracruzana, 17*(2), 7–24.

Hernández Puentes, Y. Z. (2016). Aterosclerosis y sistema aterométrico. *Revista Cubana de Medicina Militar, 45*(2), 183–194.

Ibáñez-Sánchez, M. E. (2017). Efectos nutricionales de una dieta sin gluten en adultos celíacos y no celíacos (Tesis de maestría). Universitat de les Illes Balears, España. https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/146188/tfm_2016-17_MNAH_mis352_865.pdf

International Trade Centre. (s. f.). Trade Map: Importaciones [Base de datos en línea]. https://intracen.org/

Jaramillo-Colorado, B. E., Vega-Díaz, R. y Pino-Benítez, C. N. (2022). Composición química volátil del Plectranthus amboinicus (Lour.) Spreng colombiano: aceite esencial y acción biocida contra Tribolium castaneum (Herbst). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 16(1).

Joshi, S. C., Verma, A. R. y Mathela, C. S. (2010). Actividades antioxidantes y antibacterianas de los aceites esenciales de hojas de especies de Lauraceae del Himalaya. Food and Chemical Toxicology, 48(1), 37–40.

Karagöz, H. y Karagöz, F. P. (2019). Areas of utilization of Origanum acutidens (Hand.-Mazz.) Ietswaart and carvacrol. International Journal of Current Research and Academic Review, 7(2), 46–55.

Khongthaw, B., Chauhan, P. K., Dulta, K., Kumar, V. y Ighalo, J. O. (2022). Comparison of conventional and novel phytonutrient extraction techniques and their potential applications. Journal of Food Measurement and Characterization, 22, 101787.

Kordali, S., Kabaagac, G., Sen, İ., Yilmaz, F. y Najda, A. (2022). Efectos fitotóxicos de extractos de especies de Origanum y su aceite esencial. Agronomy, 12(10), 2581.

Lachos-Pintado, E. Y. y López-Pérez, L. A. (2022). Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de Origanum vulgare L. sobre Staphylococcus aureus ATCC 25923. Repositorio UMAEDUPE. https://hdl.handle.net/20.500.12970/1004

Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Vázquez-Olivo, G. y Heredia, J. B. (2017). Essential oils of oregano: Biological activity beyond antimicrobial properties. Molecules, 22(6), 989. https://www.mdpi.com/1420-3049/22/6/989

Leyva-López, N., Nair, V., Bang, W. Y., Cisneros-Zevallos, L. y Heredia, J. B. (2016). Protective role of terpenes and polyphenols from oregano species on inflammation. Journal of Ethnopharmacology, 187, 302–312.

Lima, I. O., Pereira, F. O., Oliveira, W. A., Lima, E. O., Menezes, E. A., Cunha, F. A. y Diniz, M. F. F. M. (2013). Actividad antifúngica y modo de acción del carvacrol contra Candida albicans. Journal of Essential Oil Research, 25(2), 138–142.

Linde, G. A., Colauto, N. B., Albertó, E. y Gazim, Z. C. (2016). Quimiotipos, extracción, composición y aplicaciones del aceite esencial de Lippia alba. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 18(1), 191–200.

Li, Y. X., Erhunmwunsee, F., Liu, M., Yang, K., Zheng, W. y Tian, J. (2020). Mecanismos antimicrobianos de aceites esenciales de especias y su aplicación en la industria alimentaria. Food Chemistry, 382, 132312.

Loeza-Concha, H., Salgado-Moreno, S., Ávila-Ramos, F., Gutiérrez-Leyva, R., Domínguez-Rebolledo, A., Ayala-Martínez, M. y Escalera-Valente, F. (2020). Revisión del aceite de orégano spp. en salud y producción animal. Abanico Agroforestal, 2, 1–22. http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.1

Loizzo, M. R., Tundis, R. y Menichini, F. (2012). Natural and synthetic tyrosinase inhibitors as antibrowning agents. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 11(4), 378–398.

López-Martínez, L. X., Aguilar Cisneros, L. M. y Dublán-García, O. (2014). Antioxidant and inhibitory activity against α-glucosidase and α-amylase from onion varieties. Nova Scientia, 6(12), 234–347.

López-Rivera, R. J., Espinosa-Andrews, H., García-Márquez, E. y Herrera-Rodríguez, S. E. (2018). Efecto antifúngico de emulsiones a base de aceite esencial de orégano mexicano. Salud Jalisco, 5(1), 42–45.

Lukas, B., Schmiderer, C., Mitteregger, U. y Novak, J. (2010). Arbutin in marjoram and oregano. Food Chemistry, 121(1), 185–190.

Madrid-Garcés, T. A. (2021). Microbioma y parámetros intestinales, metabólicos y zootécnicos de pollos alimentados con aceite esencial de orégano (Tesis doctoral). Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6562

Madrid-Garcés, T. A., López-Herrera, A., y Parra-Suescún, J. E. (2018). La ingesta de aceite esencial de orégano (Lippia origanoides) mejora la morfología intestinal en broilers. Archivos de Zootecnia, 67, 470–476.

Madriz-Ordeñana, K. (2002). Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. Repositorio CATIE-ACCR. https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6562

Manion, C. R., y Widder, R. M. (2017). Essentials of essential oils. American Journal of Health-System Pharmacy, 74(9), e153–e162.

Marín-Tinoco, R. I., Ortega-Ramírez, A. T., Esteban-Méndez, M., Silva-Marrufo, O., Barragán-Ledesma, L. E., Valenzuela-Núñez, L. M., y Navarrete-Molina, C. (2023). Actividad antioxidante y antibacteriana del aceite esencial de orégano mexicano extraído de plantas silvestres y cultivadas. Molecules, 28(18), 6547.

Marrelli, M., Statti, G. A., y Conforti, F. (2018). Origanum spp.: Actualización de sus perfiles químicos y biológicos. Phytochemistry Reviews, 17(4), 873–888.

Martucci, J. F., Gende, L. B., Neira, L. M., y Ruseckaite, R. A. (2015). Oregano and lavender essential oils as antioxidant and antimicrobial additives of biogenic gelatin films. Industrial Crops and Products, 71, 205–213.

Massoud, H., Abdalah, M., Mosa, A., y Nour Eldeen, E. (2010). Effect of water stress and foliar spray of humic acid on growth and essential oil quality of marjoram (Majorana hortensis Moench). Journal of Plant Production, 1(8), 1113–1123.

Mechergui, K., Coelho, J. A., Serra, M. C., Lamine, S. B., Boukhchina, S., y Khouja, M. L. (2010). Essential oils of Origanum vulgare L. subsp. glandulosum from Tunisia: Chemical composition and antioxidant activity. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(10), 1745–1749.

Mechergui, K., Jaouadi, W., Coelho, J. P., y Khouja, M. L. (2016). Effect of harvest year on production, chemical composition and antioxidant activities of oregano essential oil. Industrial Crops and Products, 90, 32–37.

Misharina, T. A., y Samusenko, A. L. (2008). Antioxidant properties of essential oils from

lemon, grapefruit, coriander, clove, and their mixtures. Applied Biochemistry and Microbiology, 44, 438–442.

Mora-Morales, E. (2014). Estado actual de la diabetes mellitus en el mundo. Acta Médica Costarricense, 56(2), 44–46.

Moreira, G. M. (2024). Aceites esenciales de orégano (Origanum vulgare L.) y su efecto en parámetros de salud y productivos en pollos Cobb 500. ESPAM MFL. http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1159

Moya-López, C., González-Fuentes, J., Bravo, I., Chapron, D., Bourson, P., Alonso-Moreno, C., y Hermida-Merino, D. (2022). Polylactide perspectives in biomedicine: From novel synthesis to the application performance. Pharmaceutics, 14(8), 1673.

Novák, I., Sipo, L., Kókai, Z., Szabó, K., Pluhár, Z. S., y Sárosi, S. Z. (2011). Effect of drying method on the composition of Origanum vulgare L. subsp. hirtum essential oil analyzed by GC-MS and sensory profiling. Acta Alimentaria, 40(Supl. 1), 130–138.

Numpaque, M. A., Oviedo, L. A., Gil, J. H., García, C. M., y Durango, D. L. (2011). Timol y carvacrol: Biotransformación y actividad antifúngica contra Colletotrichum acutatum y Botryodiplodia theobromae. Fitopatología Colombiana, 36, 3–13.

Ocaña-Fuentes, A., Arranz-Gutiérrez, E., Señorans, F. J., y Reglero, G. (2010). Supercritical fluid extraction of oregano (Origanum vulgare) essential oils: Anti-inflammatory properties based on cytokine response on THP-1 macrophages. Food and Chemical Toxicology, 48(6), 1568–1575.

Oniga, I., Puşcaş, C., Silaghi-Dumitrescu, R., Olah, N. K., Sevastre, B., Marica, R., y Hanganu, D. (2018). Origanum vulgare ssp. vulgare: Chemical composition and biological studies. Molecules, 23(8), 2077.

Ortega-Lozano, A. B. (2018). Determinación del efecto antimicrobiano de los aceites esenciales de tomillo (Thymus vulgaris) y orégano (Origanum vulgare) frente a Staphylococcus aureus ATCC 12600 (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana. https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16043

Ortiz, R. E., Afanador, G., Vásquez, D. R., y Ariza-Nieto, C. (2017). Efecto del aceite esencial de orégano sobre el desempeño productivo de ponedoras y la estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados. Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, 64(1), 61–70.

Osaili, T. M., Dhanasekaran, D. K., Zeb, F., Faris, M. E., Naja, F., Radwan, H., y colaboradores. (2023). A status review on health-promoting properties and global regulation of essential oils. Molecules, 28(4), 1809.

Pavela, R., y Benelli, G. (2016). Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. Trends in Plant Science, 21(12), 1000–1007.

Persistence Market Research. (2023). Oregano oil market. https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/oregano-oil-market.asp

Perumal, A. B., Huang, L., Nambiar, R. B., Li, X., y Sellamuthu, P. S. (2020). Application of essential oils in packaging films for the preservation of fruits and vegetables: A review. Food Chemistry, 375, 131810.

Perumalsamy, H., Shanmugam, R., Kim, J. R., Anandapadmanaban, G., Huq, M. D., Dua,

K., y colaboradores. (2022). Nanoemulsion and encapsulation strategy of hydrophobic oregano essential oil increased human prostate cancer cell death via apoptosis by attenuating lipid metabolism. Bioinorganic Chemistry and Applications, 2022, 1–11. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9162876/

Radünz, M., Camargo, T. M., Dos Santos Hackbart, H. C., Alves, P. I. C., Radünz, A. L., Gandra, E. A., y Da Rosa Zavareze, E. (2021). Chemical composition and in vitro antioxidant and antihyperglycemic activities of clove, thyme, oregano, and sweet orange essential oils. LWT – Food Science and Technology, 138, 110632.

Ramón-Arbués, E., Martínez-Abadía, B., Granada López, J. M., Echániz-Serrano, E., Pellicer-García, B., Juárez-Vela, R., y Sáez-Guinoa, M. (2016). Conducta alimentaria y su relación con el estrés, la ansiedad, la depresión y el insomnio en estudiantes universitarios. Nutrición Hospitalaria, 36(6), 1339–1345.

Ramsey, J. T., Shropshire, B. C., Nagy, T. R., Chambers, K. D., Li, Y., y Korach, K. S. (2020). Focus: Plant-based medicine and pharmacology: Essential oils and health. Yale Journal of Biology and Medicine, 93(2), 291–305.

Rathod, N. B., Kulawik, P., Ozogul, F., Regenstein, J. M., y Ozogul, Y. (2021). Biological activity of plant-based carvacrol and thymol and their impact on human health and food quality. Trends in Food Science and Technology, 116, 733–748.

Rodríguez, E. A., Rey, P. A. S., y Godoy, J. A. (2021). Efectividad de los aceites esenciales de Thymus vulgaris y Origanum vulgare subsp. hirtum contra Ralstonia solanacearum en Solanum lycopersicum. Environment and Technology, 2(1), 1–18.

Rodríguez-López, V. A. (2019). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Calendula officinalis L. sobre cepas de Salmonella enterica y Escherichia coli (Tesis de maestría). CATIE. http://hdl.handle.net/10521/3203

Sánchez-Llambí, M. (2016). Los aceites esenciales: La perfecta medicina de la naturaleza. Balboa Press.

Samadi, M., Abidin, Z. Z., Biak, D. R. A., Yoshida, H., y Lok, E. H. (2017). Evaluation of hydrodistillation kinetic model and chemical composition of Aquilaria malaccensis leaf essential oil. Chinese Journal of Chemical Engineering, 25(2), 216–222.

Sarikurkcu, C., Zengin, G., Oskay, M., Uysal, S., Ceylan, R., y Aktumsek, A. (2015). Composition, antioxidant, antimicrobial and enzyme inhibition activities of two essential oils from Origanum vulgare subsp. vulgare and subsp. hirtum. Industrial Crops and Products, 70, 178–184.

Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein-based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. Food Research International, 39(5), 639–644.

Sharma, M., Grewal, K., Jandrotia, R., Batish, D. R., Singh, H. P., y Kohli, R. K. (2022). Essential oils as anticancer agents: Potential role in malignancies, drug delivery mechanisms and immune system enhancement. Biomedicine and Pharmacotherapy, 146, 112514.

Shen, L., Pang, S., Zhong, M., Sun, Y., Qayum, A., Liu, Y., y Ren, X. (2023). A comprehensive review on ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds: Principles,

advantages, equipment and combined technologies. Ultrasonics Sonochemistry, 95, 106646.

Siddique, S., Parveen, Z., Butt, A., Chaudhary, M. N., y Akram, M. (2017). Chemical composition and insecticidal activities of essential oils from Myrtaceae against Tribolium castaneum. Polish Journal of Environmental Studies, 26(4), 1837–1844.

Soylu, S., Yigitbas, H., Soylu, E. M., y Kurt, Ş. (2007). Antifungal effects of essential oils from oregano and fennel on Sclerotinia sclerotiorum. Journal of Applied Microbiology, 103(4), 1021–1030.

Teke, M. A., y Mutlu, Ç. (2021). Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against Sitophilus granarius and Tribolium castaneum. Journal of Plant Protection Research, 28(1), 109–119.

Tongnuanchan, P., y Benjakul, S. (2014). Essential oils: Extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. Journal of Food Science, 79(7), R1231–R1249.

Wang Zhao, F., Huang, J., Li, Q., Yang, Q., y Ju, J. (2023). Application of essential oils as slow-release antimicrobial agents in food preservation: Preparation strategies, release mechanisms and application cases. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 63(14), 1–26.

Zhou, J., Wang, M., Bäuerl, C., Cortés-Macías, E., Calvo-Lerma, J., Collado, M. C., y Barba, F. J. (2023). Impact of pressurized liquid extracts of spirulina, chlorella and Phaeodactylum tricornutum on antioxidant, anti-inflammatory and bacterial growth effects in vitro and gut microbiota modulation. Food Chemistry, 401, 134083gano and fennel on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Journal of Applied Microbiology*, 2007. 103(4):1021-30.