

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



COMPARATIVA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia graveolens* SILVESTRE
PARA EVALUAR LA CALIDAD DE SU COMPOSICIÓN

Tesis

Que presenta AXEL KALEB SILVA SALAIS

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Octubre 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



COMPARATIVA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia graveolens* SILVESTRE
PARA EVALUAR LA CALIDAD DE SU COMPOSICIÓN

Tesis

Que presenta AXEL KALEB SILVA SALAIS

como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA


Anselmo González Torres
Director


Jorge Armando Meza Velázquez
Co-Director (UJED)


Torreón, Coahuila

Octubre 2025

COMPARATIVA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia graveolens* SILVESTRE
PARA EVALUAR LA CALIDAD DE SU COMPOSICIÓN

Tesis

Elaborada por AXEL KALEB SILVA SALAIS como requisito parcial para obtener el
Grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y
aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Jorge Armando Meza Velázquez
Asesor



Dr. Anselmo González Torres
Director de Tesis



Dr. Eduardo Arón Flores Hernández
Asesor



Dr. Rubén López Salazar
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado

Agradecimientos

A la universidad, por permitirme participar en el programa de posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria.

A mis asesores, el Dr. Anselmo Gonzales Torres, por su dirección y su paciencia en este proyecto de investigación; el Dr. Jorge Armando Meza Velázquez, por guiarme y prestar los equipos de análisis: el Dr. Eduardo Aron Flores Hernández, sus opiniones y sugerencias; y el Dr. Rubén López Salazar, por sus aportes y recomendaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología, por brindarme la beca con la cual pude desarrollar este proyecto y crecer como profesionalista.

Dedicatoria

A mis padres Gilberto de Jesús Silva Hernández y Ma de Lourdes Salais Chacón, por alentarme a tomar este paso en mi vida, por su cariño y comprensión que me han brindado.

A mis compañeros de posgrado, que me ayudaron en los trabajos y en hacer amena esta etapa de mi vida.

A mis amigas, Angelica Isabel Rodríguez Villalobos y Elizabeth González, por siempre motivarme y creer en mí.

Índice general

Lista de cuadros	iv
Lista de figuras	iv
Resumen	v
Abstract	vi
1. Introducción	1
2. Revisión de literatura	3
2.1. Extractos de plantas	3
2.2. Historia de los aceites esenciales	3
2.3. Composición de los aceites esenciales.....	4
2.4. Aceite esencial de orégano	5
2.5. Distribución y trascendencia en México	5
2.6. Importancia y usos.....	6
3. Materiales y métodos	8
3.1. Áreas de colecta del material vegetal	8
3.2. Método de colecta.....	9
3.3. Extracción del aceite esencial.....	9
3.4. Análisis del aceite esencial.....	10
3.5. Cálculos	11
4. Resultados y discusión	13
5. Conclusiones	17
6. Referencias	18

Lista de cuadros

Cuadro 1. Rendimiento de extracción	13
Cuadro 2. Concentraciones y perfil cromatográfico del carvacrol.....	13
Cuadro 3. Concentraciones y perfil cromatográfico del timol	14

Lista de figuras

Figura 1. Cerro de Vizcaya, Coahuila.....	8
Figura 2. Cerros de Providencia del Norte, Coahuila	9
Figura 3. Equipo de destilación	10
Figura 4. Calibración de estándares de timol y carvacrol.....	11

Resumen

Comparativa del aceite esencial de *Lippia graveolens* silvestre para evaluar la calidad de su composición

Axel Kaleb Silva Salais

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Director: Dr. Anselmo Gonzáles Torres

Co-Director: Dr. Jorge Armando Meza

El carvacrol y el timol son dos de los compuestos químicos más abundantes presentes en los aceites esenciales de las especies de orégano e indican la calidad comercial de éstos. El objetivo fue determinar la concentración por cromatografía de gases de estos dos compuestos del *Lippia graveolens* para comparar la calidad con el estándar internacional. Se recolectó el material vegetal que crece de manera silvestre de dos localidades del suroeste de Coahuila, Vizcaya y Providencia, la primer de éstas fue en dos épocas del año, marzo y noviembre. La extracción fue mediante destilación por arrastre de vapor, obteniendo así tres aceites esenciales de los cuales el que tuvo el rendimiento más alto, el de Vizcaya de noviembre, fue de 4.12 %, también al que se le aplicó mayor temperatura de calentamiento en la extracción. Los análisis mostraron que los tres aceites esenciales contienen ambos compuestos, el timol teniendo como concentración más alta 147.3189 mg L⁻¹, en contraste con el carvacrol cuya concentración menor fue de 421 433.6875 mg L⁻¹. Al comparar el perfil cromatográfico, el porcentaje de cada compuesto, se observó que los resultados del timol eran más elevados del rango máximo, mientras que del carvacrol quedaron por fuera de ambos extremos. Para concluir, es probable que los compuestos químicos presentes difieren de lo normado por ser de especies diferentes de orégano, por lo que tomarlo de referencia nos sirve para evaluar si el orégano de la región produce aceite esencial que pueda competir con lo que busca el mercado.

Palabras clave: Carvacrol, fitoquímicos, metabolitos secundarios, orégano, timol.

Abstract

Comparative of wild *Lippia graveolens* essential oil to evaluate the quality of its composition

Axel Kaleb Silva Salais

To obtain the degree of Master in Science in Producción Agropecuaria
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Director: Dr. Anselmo Gonzáles Torres

Co-Director: Dr. Jorge Armando Meza

Carvacrol and thymol are two of the most abundant chemical compounds present in oregano species essential oil and they determine the commercial quality. The objective was to determine the concentration of these two compounds in *Lippia graveolens* by gas chromatography in order to compare its quality with the international standard. Plant samples were collected from two locations in southwestern Coahuila, Vizcaya and Providencia, the first location was sampled twice a year, in March and November. Extraction was performed using steam distillation, producing three essential oils, of which the one with the highest yield, Vizcaya in November, was 4.12% which was also the highest heating temperature applied during extraction. The analysis showed that all three essential oils had both compounds, with thymol having the highest concentration 147.3189 mg L⁻¹, in contrast to carvacrol, whose lowest concentration was 421 433.6875 mg L⁻¹. By comparing the chromatographic profile, the percentage of each compound, it was observed that the results for thymol were outside both extremes of the range. In conclusion, it is likely that the chemical compounds are different from the standard because they come from different oregano species, so using this as a reference helps us to assess whether the oregano from this region produces essential oil that can compete with what the market is looking for.

Keywords: Carvacrol, phytochemicals, secondary metabolites, oregano, thymol.

1. Introducción

Los extractos de hierbas y los aceites esenciales se consideran agentes alternativos prometedores, siendo los derivados más importantes los aceites esenciales desde el punto de vista económico por ser responsables de las propiedades beneficiosas para la salud, inclusive el cincuenta por ciento de los medicamentos disponibles en el mercado se producen a partir de productos naturales (Nehme *et al.*, 2021; Peter *et al.*, 2024). Es por esto por lo que el sector alimenticio los emplea como aditivos conservativos y el farmacéutico como ingredientes activos (Santos *et al.*, 2016; Sapna y Kumar, 2023).

Muchas especies aromáticas están clasificadas como orégano, en su mayoría de las familias Lamiaceae y Verbenaceae, dividiéndose en cuatro distintos grupos: Orégano turco (*Origanum onites*), orégano español (*Coridohymus capitatu*), orégano griego (*Origanum vulgare*) y orégano mexicano (*Lippia graveolens*) (Bautista-Hernández *et al.*, 2021). El orégano mexicano, *Lippia graveolens*, es una planta arbustiva perenne de hasta dos metros de altura de ramas de corteza exfoliante con hojas ovaladas lanceoladas y pecioladas opuestas, que se encuentra de manera silvestre en cerros de zonas áridas, semiáridas y templadas de México; sus usos más comunes son culinarios y herbolarios (Vargas-Monter *et al.*, 2025).

El posible uso de plantas de orégano como auxiliares en diversas aplicaciones ha generado un gran interés, esto debido a que contienen la segunda categoría más común de compuestos naturales, solo superada por la celulosa, que incluyen una gama amplia con al menos un fenol y un grupo hidroxilo (Bautista-Hernández *et al.*, 2021). De modo que los aceites esenciales de las especies de orégano son sustancias que poseen actividades antioxidantes y antibacterianas probablemente conferidas por la presencia de timol y carvacrol, además de estar clasificadas como “generalmente reconocidas como seguras” (GRAS), por sus siglas en inglés, para su uso como aditivo en alimentos, cosméticos y medicamentos (Sánchez García *et al.*, 2024; LLC, 2025).

El carvacrol y el timol son compuestos isoméricos de la familia de los fenoles monoterpenoides que presentan un grupo hidroxilo libre y un anillo fenólico que contribuyen a las actividades antibacterianas y antioxidantes; estos compuestos de origen

vegetal están siendo explorados para el desarrollo de nuevos medicamentos con efectos secundarios limitados (Peter *et al.*, 2024).

Pese a que el orégano mexicano (*Lippia graveolens*) de la región Laguna de Coahuila sea ampliamente para remedios caseros y en la gastronomía local, aún no se cuenta con los suficientes estudios sobre el aceite esencial de las zonas donde se recolecte. Esta falta de información limita su potencial, tanto comercial como científico.

Por lo que el objetivo de este estudio fue cuantificar las concentraciones de carvacrol y timol del aceite esencial del orégano recolectado en dos localidades de La Laguna de Coahuila y comparar los resultados con los estándares internacionales con el fin de evaluar la calidad.

2. Revisión de literatura

2.1. Extractos de plantas

Para prevenir y tratar enfermedades, la gente de muchos países recurre a ingredientes naturales y hierbas medicinales (Kusriani *et al.*, 2024). Debido a su fácil acceso, bajo coste y compatibilidad con las tradiciones populares, el estudio de las plantas medicinales fue pasando de generación en generación hasta nuestros días (Marques dos Santos *et al.*, 2023). Gracias a las sustancias activas de los extractos de plantas, éstos constituyen una parte indispensable de la medicina tradicional (Benoudjit *et al.*, 2022).

Con el objetivo de comprender los componentes químicos y el mecanismo molecular implicado en los extractos botánicos utilizados por la medicina tradicional para el tratamiento de enfermedades, diversos estudios han dilucidado el potencial mediante diferentes tecnologías (Israel *et al.*, 2023). Debido al aumento en la demanda de compuestos bioactivos, el mercado de aceites esenciales espera para que para el 2025 alcance los 3226,2 millones de dólares (Bautista-Hernández *et al.*, 2021).

Actualmente, debido al creciente interés por las sustancias de origen natural como los compuestos volátiles de las plantas a partir de los aceites esenciales, cada vez más investigadores los han utilizado como materiales bioactivos para aplicaciones farmacéuticas, alimentarias o cosméticas (Hien *et al.*, 2022; Ruas *et al.*, 2022; Boškailo *et al.*, 2023).

Dado que los aceites esenciales se biodegradan con relativa facilidad y a que suelen considerarse compuestos seguros, son una prometedora fuente rica de compuestos bioactivos con gran potencial terapéutico, además que podrían reducir la carga química de sistemas agrícolas al emplearse como controladores de plagas (Singh *et al.*, 2020; Huamán Quispe *et al.*, 2023; Ankitha *et al.*, 2024).

2.2. Historia de los aceites esenciales

En el siglo XVI, el famoso alquimista y médico germano-suizo Paracelso (1493-1541), propuso la teoría de la “Quinta essentia”, donde creó el término de aceite esencial; Paracelso desarrolló extractos de plantas y hierbas medicinales definiendo el papel de la alquimia, pensando que el proceso de destilación extraía la parte más significativa de la

planta, es decir, la “quintaesencia curativa” o “alma de la planta”, separando los componentes “esenciales” de los “no esenciales” (de Sousa *et al.*, 2023).

El ingeniero químico René-Maurice Gattefossé, en 1910, sufrió de quemaduras muy graves al salpicarse con esencia hirviendo mientras trabajaba en su laboratorio; debido a que sus heridas empezaron a desprender un olor gangrenoso, recordó que los cultivadores de lavanda le habían dicho que las quemaduras podían curarse con aceite esencial de lavanda, por lo que se quitó las vendas y se untó la piel con aceite de lavanda; los resultados fueron sorprendentes y dos días después le bajó la fiebre, además de desaparecer la infección, mientras que sus heridas se curaron con relativa rapidez y sin dejar rastro; esta experiencia personal confirmó la hipótesis de que el aceite esencial de lavanda tenía maravillosas propiedades antisépticas y cicatrizantes (Gattefossé).

2.3. Composición de los aceites esenciales

Hay dos tipos de aceites que pueden sintetizar las plantas: fijos, compuestos de tres ácidos grasos unidos a una molécula de glicerol, llamados también como triacilgliceroles o triglicéridos; los esenciales, son sustancias volátiles, lipofílicas y odoríferas que suelen encontrarse en las plantas aromáticas (de Sousa *et al.*, 2023).

Los aceites esenciales son mezclas homogéneas de compuestos químicos orgánicos los cuales, a condiciones ambientales, son líquidos menos densos y más viscosos que el agua (Mendoza, 2020). Los metabolitos secundarios o fitoquímicos que los componen son compuestos volátiles producidos por plantas, con aromas únicos, según la planta de la que procedan, y a menudo de naturaleza líquida, que se sintetizan a partir de tres rutas biosintéticas: la ruta del malonato para los sesquiterpenos, la ruta del metil-eritritol para los mono- y diterpenos, y la ruta del ácido chiquímico para los fenilpropenos (Calamaco *et al.*, 2023; Kusriani *et al.*, 2024).

Un aceite esencial puede contener de 20 a 80 fitoquímicos en diferentes concentraciones (Calamaco *et al.*, 2023). La composición puede estar representada por hasta un 85 % para los componentes mayoritarios y en concentraciones trazas para los demás constituyentes (Alea, 2015). Las plantas producen estos compuestos en respuesta a estímulos ambientales, por ejemplo, como sistema de defensa, atrayentes de organismos beneficiosos y para competir entre plantas (Cortés-Chitala *et al.*, 2021).

Los factores genéticos determinan la biosíntesis del aceite esencial, sin embargo, estudios han revelado que factores como el origen de la planta y las condiciones de cultivo generan variaciones en la composición del aceite, por lo que, cualitativa y cuantitativamente, las condiciones ambientales, tales como la cosecha, la edad de la planta, la fase de desarrollo, el clima (temperatura, intensidad luminosa, efecto estacional, etc.), las características del suelo, la altitud, etc., afectan fuertemente la química de un aceite esencial (Santos *et al.*, 2016; Jaramillo *et al.*, 2022; Mollova *et al.*, 2024).

2.4. Aceite esencial de orégano

El nombre orégano (*oros*, montaña y *ganos*, ornamenta) puede ser asignado a poco más de 60 especies de plantas aromáticas alrededor del mundo, en su mayoría de las familias Verbenaceae, Lamiaceae y Asteraceae (León *et al.*, 2020). El aceite esencial es una fracción de la planta de orégano, siendo una mezcla muy compleja de compuestos, principalmente de terpenos, por lo general de mono y sesquiterpenos, utilizados como aromatizantes y aditivos alimenticios (Leyva-López *et al.*, 2017; Cabral-Miramontes *et al.*, 2024).

Los monoterpenos más comunes y abundantes en las especies de orégano son el timol y el carvacrol, pero el p-cimeno y el γ -terpineno también están presentes con frecuencia en los aceites esenciales de estas hierbas (Albin, 2018). La calidad de las especies de orégano, desde el punto de vista comercial, está relacionada con la composición química de su aceite esencial y esta influye en el efecto antimicrobiano y/o antioxidante dependiendo de las proporciones y cantidades de los compuestos que rijan la composición (Calamaco *et al.*, 2023; Sánchez García *et al.*, 2024).

2.5. Distribución y trascendencia en México

La especie *Lippia graveolens* Kunth (sinonimia *Lippia berlandieri* Shauer) es conocida, de manera genérica, como orégano mexicano, es una planta que ha cobrado importancia en el ámbito científico por su alto contenido en fitoquímicos (Frías-Zepeda y Rosales-Castro, 2021; Bernal-Millán *et al.*, 2023). En México, se sabe que esta planta crece en climas secos o semisecos de forma silvestre, en terrenos de origen calizo en 24 estados del país, de los cuales, en Coahuila, Durango y Chihuahua, representa una alternativa de

subsistencia para los habitantes de las zonas marginadas (Albarracin-Gomez *et al.*, 2023; Calamaco *et al.*, 2023).

Para los ámbitos ecológicos, económicos y culturales de las comunidades indígenas y rurales, los recursos forestales no maderables presentan una gran importancia (Rojas *et al.*, 2021). Por lo que desde la década de los 80, esta especie es recolectada en estados como Coahuila donde el 90 % de la producción de orégano está sujeta al volumen irregular que se obtiene de zonas silvestres, y a la oferta y demanda internacional; de este volumen el 80% de hoja seca que se produce es exportada (CONAFOR, 2009).

2.6. Importancia y usos

El orégano es considerado como uno de los productos naturales más diversos estructuralmente por su gran variedad de terpenos, habitualmente aplicados para inhibir infecciones bacterianas, fúngicas (como la candidiasis), de parásitos e inflamaciones (Albin, 2018; Herrera-Rodríguez *et al.*, 2019). El aceite esencial de *L. Berlandieri*, debido a su mayor contenido de carvacrol, relacionado con su calidad, se caracteriza por su sabor y olor penetrante y es la especie más comercializada y exportada en México (Chacón-Vargas *et al.*, 2022).

En diversos campos como la salud humana, la química ecológica y la agricultura sostenible, los aceites esenciales de orégano deben ser reconocidos y valorados en consecuencia de las pruebas que demuestran que podrían ejercer efectos positivos (Leyva-López *et al.*, 2017; Sapna y Kumar, 2023). Esto gracias a los bioactivos que son sobre todo relevantes para los sectores de la salud y la alimentación, inclusive se ha informado de aplicaciones como auxiliares en aspectos agronómicos como los pesticidas ecológicos (Bautista-Hernández *et al.*, 2021).

Los compuestos bioactivos de los aceites esenciales del orégano mexicano presentan dificultades en su uso directo en productos farmacéuticos y alimenticios gracias a su naturaleza volátil y su hidrofobicidad, es por esto que es necesario buscar estrategias como la microencapsulación, nano encapsulación, los revestimiento y películas comestibles, así como la aplicación directa de estos extractos los cuales puedan proteger a sus compuestos bioactivos (Herrera-Rodríguez *et al.*, 2019; Huamán Quispe *et al.*, 2023; Tubay-Bermúdez *et al.*, 2024). Para mantener su disponibilidad durante el año y extender la vida útil, se

debe tener un almacenamiento adecuado respecto a sus características fisicoquímicas (Rodríguez, 2024).

Actualmente, un tema de alta prioridad es la protección del medio ambiente, por lo que lograr un aprovechamiento racional de los subproductos agroindustriales es de suma importancia, por consiguiente, es necesario incentivar la utilización de los desechos como una fuente de materias primas adecuadas para la obtención de productos de alto valor agregado mediante el desarrollo de procesos tecnológicos económicos, eficaces y rentables (González-Díaz y Yanelis Véliz-Jaime, 2020). Con el interés de usar cada vez menos aditivos sintéticos y productos que no afecten al medio ambiente, el cambio a consumir “productos verdes” se está experimentando en el mundo, es por esto que el uso de los aceites esenciales se amplía (Alea, 2015).

El control químico de manera extensiva en la agricultura moderna para proteger las plantas por medio de plaguicidas, herbicidas, insecticidas y fungicidas, ha favorecido el desarrollo de resistencia fisiológica de los vectores a estos productos; por este motivo se busca el uso de biopesticidas, materiales con propiedades plaguicidas, procedentes de diversas especies vegetales con actividad reconocida que crecen con facilidad, son una alternativa de control accesible, de bajo costo, más biodegradables, no afectar la fauna benéfica y que su obtención no requiere de metodologías complejas (Arias-Cedeño *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2023).

Un problema urgente, siendo uno de las 10 principales amenazas mundiales de salud pública, es la resistencia antimicrobiana y se produce cuando los microbios (bacterias, virus, hongos y parásitos) no responden contra los fármacos aplicados por el uso inadecuado de antibióticos, la falta de higiene y factores naturales (Singh *et al.*, 2024). La eficacia de los principales compuestos terpénicos, el carvacrol y el timol, del aceite esencial de *L. Graveolens*, se plantean como una alternativa ante el aumento de la resistencia a los antibióticos y a la disminución de su eficacia (Fimbres-García *et al.*, 2024).

3. Materiales y métodos

3.1. Áreas de colecta del material vegetal

Se recolectó orégano silvestre de dos zonas alejadas entre sí de la misma región, además recoger el orégano en dos temporadas distintas de cada zona para observar la diferencia en la distribución de los dos compuestos químicos de interés. La primera zona de la que se recolectó orégano fue en el ejido de Vizcaya del municipio de Matamoros, Coahuila. Se ubica en las coordenadas latitud $25^{\circ}35'34.393''\text{N}$ y longitud $103^{\circ}11'12.595''\text{W}$ (Figura 1), cuya altitud en la que se encontró el orégano fue de entre 1200 y 1300 m. El segundo sitio fue en la localidad de Providencia del Norte en el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Las coordenadas son latitud $26^{\circ}03'41.9''\text{N}$ y longitud $103^{\circ}08'16.0''\text{W}$ (Figura 2), cuya altitud en la que se encontró el orégano fue de 1100 m.



Figura 1. Cerro de Vizcaya, Coahuila



Figura 2. Cerros de Providencia del Norte, Coahuila

3.2. Método de colecta

La primera colecta se realizó en el mes de marzo para la zona de Vizcaya y en abril para la zona de Providencia. La segunda cosecha solo se pudo efectuar en Vizcaya y esta fue en el mes de noviembre. Todas las colectas se produjeron en el año 2024. Los cortes fueron hechos a las ramas y se depositaron en costales hasta tener una masa de entre 1.5 y 2 kg.

Después del proceso de colecta, se desprendieron las hojas de las ramas a mano y luego se cribaron para desprender la tierra y otras impurezas. El siguiente pasó fue secar la hoja, lo cual se llevó a cabo en un horno de convección a 100°C con la puerta del horno entreabierta para que fuera posible la circulación del aire y no se acumulara la humedad desprendida por las mismas hojas. Una vez secas, se embolsan para proseguir con la extracción del aceite esencial.

3.3. Extracción del aceite esencial

Se usó el método de destilación por arrastre de vapor. En este método, el agua y la materia vegetal están separados, siendo el vapor el encargado de arrastrar los componentes volátiles para después condensarse en dos fases. El tiempo de destilación se fue contando desde que cayó la primera gota por el tubo refrigerante, dos horas. En los oréganos recolectados en marzo y abril, la temperatura de calentamiento fue de 120°C, en cambio, para el cosechado en noviembre fue de 230°C.

El equipo de destilación está compuesto por una manta de calentamiento, un matraz bola de dos bocas de 2 L, un adaptador de termómetro, un termómetro, un matraz de depósito, un conector acodado, un condensador Graham, dos mangueras de látex, un recipiente de plástico, una bomba sumergible, un embudo receptor-separador, un soporte y unas pinzas universales de 3 dedos. Los insumos requeridos son de 300 a 500 gr de la hoja de orégano seca, dos litros agua desionizada o destilada, agua tratada y hielo.

Una vez finalizado el proceso de destilación, el aceite esencial se depositó en un embudo separador para dividir de manera física el agua que quedó. En la separación química, primero se filtró el aceite esencial junto a dicloro de metano (disolvente apolar de bajo punto de ebullición) en sulfato de sodio ya que este absorbe el agua residual, así los dos compuestos pasan mezclados. Posteriormente, se separó la mezcla mediante un rotavapor.



Figura 3. Equipo de destilación

3.4. Análisis del aceite esencial

Primero se realizaron las curvas de calibración de los estándares de los compuestos de interés, timol y carvacrol, a diferentes concentraciones. Posteriormente se prepararon soluciones en matraces volumétricos de 10 mL con 10 μ L de los aceites esenciales y

aforando con diclorometano, después a esas soluciones se les tomó una alícuota de 250 μL para diluirlos en viales con 750 μL de diclorometano para las muestras de Vizcaya y con 500 μL para la de Providencia. Seguidamente se tomaron alícuotas de 1 ηL para introducirlas en el cromatógrafo de gases. Se efectuaron dos repeticiones a las tres muestras. El cromatógrafo de gases que se empleó fue un Agilent 6820 que usa helio como gas de arrastre. Posteriormente se obtuvo el perfil cromatográfico de cada compuesto, dividiendo el peso del compuesto entre el peso del aceite esencial correspondiente.

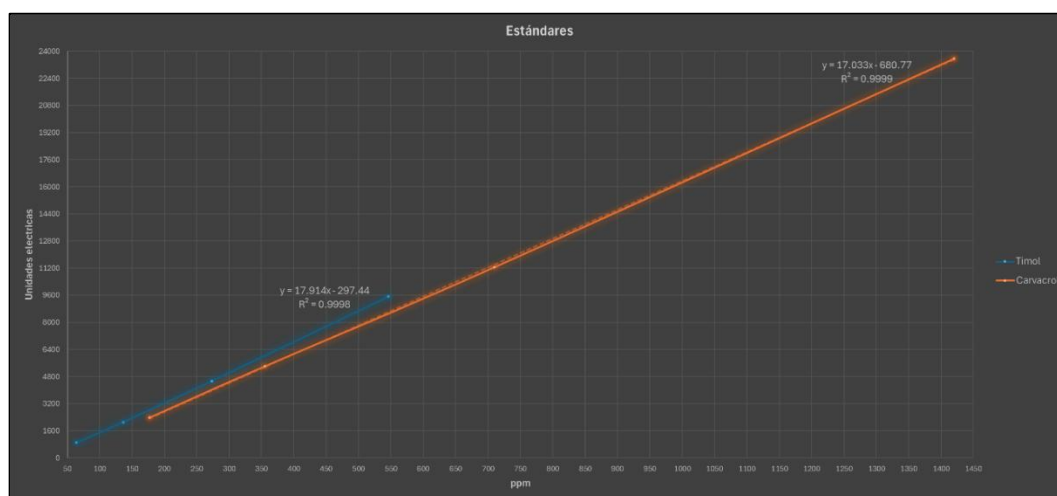


Figura 4. Calibración de estándares de timol y carvacrol

3.5. Cálculos

Las ecuaciones de la recta se despejan y se calculan las concentraciones de cada aceite esencial y se aplicaron para obtener las concentraciones del timol y el carvacrol en esa muestra analizada.

Ecuación timol

$$y = 17.914x - 297.44$$

$$17.914x = y + 297.44$$

$$x = \frac{y+297.44}{17.914}$$

Ecuación carvacrol

$$y = 17.033x - 680.77$$

$$17.033x = y + 680.77$$

$$x = \frac{y+680.77}{17.033}$$

Se extrapoló de acuerdo con el factor de dilución y así tener las concentraciones de cada compuesto en el total del aceite esencial.

Factor de dilución

$$\frac{\text{Volumen del solvente}}{\text{Volumen del soluto}}$$

Se calcularon el rendimiento y el perfil cromatográfico del timol y el carvacrol con el promedio de las tres repeticiones de cada aceite esencial.

Rendimiento

$$\frac{\text{Masa del aceite esencial}}{\text{Masa de la hoja seca destilada}}$$

Perfil cromatográfico

$$\frac{\text{Masa del compuesto}}{\text{Masa del aceite esencial}}$$

4. Resultados y discusión

Se obtuvieron tres aceites esenciales de orégano recolectado en dos localidades. Dos fueron de la zona de Vizcaya, una de marzo de 2024 y otra de noviembre del mismo año, con rendimientos del 0.97 % y 4.12 %, respectivamente. El tercero fue de la localidad de Providencia con un rendimiento del 0.74 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Rendimiento de extracción

Lugar de recolección	Fecha de colecta	Hoja seca (g)	Aceite (g)	Rendimiento (%)
Vizcaya	Marzo 2024	485	4.7	0.97
	Noviembre 2024	318	13.1	4.12
Providencia	Abril 2024	488	3.6	0.74

Las concentraciones obtenidas de carvacrol, como se muestran en el Cuadro 2, fueron de 421 433.6875 mg L⁻¹ para el orégano recolectado en Vizcaya en marzo, que representa el 42.14 % en el aceite esencial; de 946 699.1229 mg L⁻¹ para lo de Vizcaya en noviembre, que equivale al 94.67 %; de 469 670.8255 mg L⁻¹ para la de Providencia, que es el 47 %.

Cuadro 2. Concentraciones y perfil cromatográfico del carvacrol

Aceite esencial	Detección (min)	Concentración (mg/L)	Perfil (%)
Vizcaya marzo 2024	20.6500	421 433.6875	42.14
Vizcaya noviembre 2024	20.8357	946 699.1229	94.67
Providencia abril 2024	20.6985	469 970.8255	47

Mientras que las concentraciones de timol, como se presenta en el Cuadro 3, fueron de 56.6 mg L⁻¹ para lo de Vizcaya en marzo, siendo el 7.91 %; de 147.3189 mg L⁻¹ para lo de Vizcaya en noviembre, representando el 9.93 %; de 96.6502 mg L⁻¹ para lo de Providencia equivalente al 6.6 %.

Cuadro 3. Concentraciones y perfil cromatográfico del timol

Aceite esencial	Detección (min)	Concentración (mg/L)	Perfil (%)
Vizcaya marzo 2024	19.9500	56.6000	7.91
Vizcaya noviembre 2024	20.0240	147.3189	9.93
Providencia abril 2024	19.9593	96.6502	6.6

Diversos estudios han demostrado las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales de las especies de orégano gracias a los diferentes compuestos fenólicos, tal como el carvacrol y el timol los que se presentan en cantidades elevadas dentro de éstos. Siendo Coahuila un estado donde las condiciones climatológicas favorecen la producción de los metabolitos secundarios que conforman los aceites esenciales de la planta de orégano, sin embargo, al ser orégano de origen silvestre es indispensable analizar la composición química debido a que las variables ambientales y de suelo no son controlables.

Así pues, los aceites esenciales extraídos en los meses de marzo y abril, a pesar de que fueron los que mayor masa seca se empleó en su destilación, presentaron rendimientos más de cuatro veces menores que del extraído en noviembre. Esta diferencia de rendimiento pudo haber afectado en las concentraciones de ambos compuestos, pues el carvacrol encontrado en la muestra de marzo representó el 42.14 % y para la de abril fue el 47 %, mientras que los perfiles del timol fueron de 7.91 y 6.6 %, respectivamente. Comparando con la muestra de noviembre, cuyas concentraciones de carvacrol representaron el 94.67 % y el 9.93 % de timol, se aprecia que el perfil cromatográfico del aceite esencial es más elevado que el los otros dos.

Si bien el aceite esencial del mes de marzo es de la misma localidad que del de mes de noviembre, se aprecia que los valores de su perfil cromatográfico muestran mayor cercanía con el aceite esencial de abril. Es posible que esta cercanía en los valores tenga diversos factores, entre ellos están todas las variables que no se pueden controlar como la

composición del suelo y los cambios ambientales; no obstante, es importante remarcar que la temperatura de calentamiento, variable que sí puede ser controlada, haya tenido un alto impacto en la cantidad extraída y la composición de los aceites esenciales. A diferencia de la muestra de noviembre en la cual se empleó una temperatura de calentamiento de 230 °C, para las otras dos se usó 120 °C. De manera que, al utilizar mayor calor, se generó vapor de manera más rápida y constante, ayudando así en la producción del aceite esencial.

Ahora bien, internacionalmente se establecieron estándares para diferentes aspectos del aceite esencial de orégano, uno de esos que habla sobre la calidad establece mínimos y máximos en los diferentes compuestos químicos que pueden estar presentes. Este estándar, la ISO-13171 (2016), establece que el perfil cromatográfico para el carvacrol debe de ser un mínimo del 60 % y un máximo del 80 %, mientras que para el timol son de 0.5 y 5 %. Es importante remarcar que este estándar se realizó a partir del aceite esencial de la especie de orégano *Origanum vulgare* obtenido por destilación de vapor. Por lo tanto, al comparar el aceite esencial de otras especies de orégano solo podría usarse como referencia para observar los requerimientos del mercado internacional. Por lo tanto, los perfiles de los tres aceites esenciales se encuentran por fuera de lo establecido por el estándar; mientras el timol de las tres muestras supera el máximo, el carvacrol de dos muestras se encuentra por debajo del mínimo y de la tercera es mayor al máximo.

Debido a que el carvacrol y el timol son los compuestos mayoritarios y los indicadores de calidad comercial para las especies de orégano, fueron el punto central de este estudio. Sin embargo, existen otros fitoquímicos secundarios presentes que podrían influir en la calidad y en el efecto antimicrobiano característico de los aceites esenciales de orégano. A su vez, es necesario realizar análisis de orégano cosechado en más años y temporadas, en medida de lo posible ya que, al ser de origen silvestre, se está dependiente de las inclemencias climatológicas. También aumentar el número de repeticiones para detectar diferencias reales entre zonas y climas. De igual manera, estandarizar detalladamente el proceso de extracción para que no haya diferencias en el contenido del aceite esencial por fallas en el equipo.

En este estudio se encontraron niveles relativamente bajos al compararlos con otros realizados en el país. Por ejemplo, lo reportado por Castillo-Herrera *et al.* (2007), quienes documentaron que las concentraciones de carvacrol y timol de la muestra que obtuvieron del suroeste de Coahuila fueron muy parecidas; mientras que Herrera-Rodríguez *et al.* (2019) reportaron que en los aceites esenciales analizados de los estados de Jalisco y Querétaro, el timol fue el que mostró altas. Las variabilidades pueden ser atribuidas tanto a su origen geográfico como al año de cosecha.

A pesar de que varios estudios señalan el potencial del efecto bioactivo y del valor comercial de los aceites esenciales, también se encuentran los que indican los riesgos y limitaciones del uso de éstos. La posible toxicidad, el mecanismo de la sinergia entre los compuestos o la mezcla de aceites esenciales, los efectos de los parámetros intrínsecos y extrínsecos de los medios de ensayo, así como la estandarización de métodos para la evaluación, son algunos de los puntos en los que se deben enfocar (Bassolé y Juliani, 2012). Otra desventaja que presenta el aceite esencial de orégano mexicano es que, al menos en la región donde se realizó el estudio, el orégano más comercializado es silvestre, por lo que, si la regulación o el control de esta planta no es el adecuado, podría tener un impacto ecológico negativo. Aparte de la variabilidad de los compuestos bioactivos por las múltiples condiciones que los modifican.

A partir de los resultados encontrados, se aporta evidencia sobre la calidad que del aceite esencial de orégano mexicano silvestre de la localidad de Vizcaya. Este podría ser comparable con los estándares internacionales, abriendo posibilidades para darle un valor comercial y en estudios posteriores analizar que otros compuestos lo conforman, así como estudiar su actividad biológica. Cabe agregar que se sientan las bases para la consideración de crear una norma específica para el orégano mexicano.

5. Conclusiones

Se analizó la calidad del perfil cromatográfico de los aceites esenciales de orégano mexicano silvestre de dos localidades del suroeste de Coahuila, extraído mediante destilación por arrastre de vapor, por medio de los principales fitoquímicos relacionados en ese aspecto, carvacrol y timol. Los resultados muestran que no solamente las variables geográficas y ambientales podrían afectar la composición final de los aceites esenciales, también las variables que se pueden controlar en el método de extracción. A su vez se pudo observar que el timol encontrado en todas las muestras presentó concentraciones por debajo de la decena porcentual, no obstante, estas concentraciones superaron lo marcado por el estándar internacional en ese compuesto. Respecto al carvacrol, fue el predominante en las tres muestras, y aunque no entró en el estándar internacional, esto puede indicar que para esta especie de orégano el rango puede llegar a ser más amplio. De modo que identificar la presencia y cantidad de ambos compuestos ayuda al entendimiento de la calidad, tanto científica como comercial que posee el orégano de la región por su ubicación geográfica, podría contribuir para el aprovechamiento sustentable de la planta y paralelamente concientizar sobre la relevancia de este. Consiguientemente se recomienda incrementar las zonas a analizar, así como ampliar los compuestos a identificar, además de evaluar la actividad antimicrobiana del aceite esencial.

6. Referencias

Albarracin-Gomez, L. D., S. Hortua-Gamboa y J. Acero-Godoy 2023. "Efecto inhibitorio del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre *Fusarium oxysporum* en la familia Solanaceae. Una revisión." *Revista Tecnología en Marcha* 36: 54-65.

Albin, B. (2018). Terpenes: Biosynthesis, Applications and Research. New York, Nova.

Alea, J. A. P. (2015). Aceites esenciales: química, bioquímica, producción y usos, Editorial Universitaria.

Ankitha, T. A., N. U. Visakh, B. Pathrose, N. Mori, R. S. Baeshen y R. Shower 2024. "Phytochemical Characterization of *Callistemon lanceolatus* Leaf Essential Oils and Their Application as Sustainable Stored Grain Protectants against Major Storage Insect Pests." *Sustainability* (2071-1050) 16: 1055.

Arias-Cedeño, Q., M. Leyva-Silva, E. Avila-Bornot, H. Feist y P. Langer 2020. "Caracterización del aceite esencial de *Curcuma longa* L. Y actividad insecticida frente *aedes aegypti*." *Revista Cubana de Química* 32: 378-389.

Bassolé, I. H. N. y H. R. Juliani 2012. Essential Oils in Combination and Their Antimicrobial Properties. Molecules. 17(4): 3989-4006

Bautista-Hernández, I., C. N. Aguilar, G. C. G. Martínez-Ávila, C. Torres-León, A. Ilina, A. C. Flores-Gallegos, D. Kumar Verma y M. L. Chávez-González 2021. "Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth) as source of bioactive compounds: A review." *Molecules* 26: 5156.

Benoudjit, F., I. Hamoudi y A. Aboulouz 2022. "Extraction and characterization of Essential Oil and Hydrolate obtained from an Algerian Lemongrass (*Cymbopogon citratus*)." *Algerian Journal of Environmental Science & Technology* 8: 2256-2263.

Bernal-Millán, M. d. J., M. d. C. Carrasco-Portugal, J. B. Heredia, P. d. J. Bastidas-Bastidas, E. P. Gutiérrez-Grijalva, J. León-Félix y M. Á. Angulo-Escalante 2023. "Green extracts and UPLC-TQS-MS/MS profiling of flavonoids from Mexican Oregano (*Lippia graveolens*) using natural deep eutectic solvents/ultrasound-assisted and supercritical fluids." *Plants* 12: 1692.

Boškailo, E., H. Džudžević-Čančar, A. Dedić, Z. Marijanović, A. Alispahić, I. F. Čančar, D. Vidic y I. Jerković 2023. "Clinopodium nepeta (L.) Kuntze from Bosnia and Herzegovina: Chemical Characterisation of Headspace and Essential Oil of Fresh and Dried Samples." *Records of Natural Products* 17: 300-311.

Cabral-Miramontes, J. P., A. L. Martínez-Rocha, M. Rosales-Castro, A. Lopez-Rodriguez, I. Meneses-Morales, E. Del Campo-Quinteros, K. K. Herrera-Ocelotl, G. Gandara-Moreno, S. J. Velázquez-Huizar y L. Ibarra-Sánchez 2024. "Antifungal Activity of Mexican Oregano (*Lippia graveolens* Kunth) Extracts from Industrial Waste Residues on *Fusarium* spp. in Bean Seeds (*Phaseolus vulgaris* L.)." *Agriculture* 14: 1975.

Calamaco, Z. G., G. R. C. Montfort, J. E. Marszalek y G. V. González 2023. "Revisión sobre el orégano mexicano *Lippia graveolens* HBK.(Sinonimia *Lippia berlandieri* Schauer) y su aceite esencial." *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 8: 861-871.

Castillo-Herrera, G. A., J. A. García-Fajardo y M. Estarrón-Espinosa 2007. "Extraction method that enriches phenolic content in oregano (*Lippia graveolens* HBK) essential oil." *Journal of Food Process Engineering* 30: 661-669.

Chacón-Vargas, K. F., L. E. Sánchez-Torres, M. L. Chávez-González, J. R. Adame-Gallegos y G. V. Nevárez-Moorillón 2022. "Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer and *Poliomintha longiflora* Gray) essential oils induce cell death by apoptosis in *Leishmania (leishmania) mexicana* promastigotes." *Molecules* 27: 5183.

CONAFOR 2009. Fichas de información comercial de productos forestales. C. N. Forestal8

Cortés-Chitala, M. d. C., H. Flores-Martínez, I. Orozco-Ávila, C. León-Campos, Á. Suárez-Jacobo, M. Estarrón-Espinosa, I. López-Muraira y C. Forzato 2021. "Identification and Quantification of Phenolic Compounds from Mexican Oregano (*Lippia graveolens* HBK) Hydroethanolic Extracts and Evaluation of Its Antioxidant Capacity." *Molecules* 26: 702-702.

de Sousa, D. P., R. O. S. Damasceno, R. Amorati, H. A. Elshabrawy, R. D. de Castro, D. P. Bezerra, V. R. V. Nunes, R. C. Gomes y T. C. Lima 2023. "Essential oils: Chemistry and pharmacological activities." *Biomolecules* 13: 1144.

Fimbres-García, J. O., M. Flores-Sauceda, E. D. Othón-Díaz, A. García-Galaz, M. R. Tapia-Rodriguez, B. A. Silva-Espinoza, A. Alvarez-Armenta y J. F. Ayala-Zavala 2024. "Lippia graveolens Essential Oil to Enhance the Effect of Imipenem against Axenic and Co-Cultures of *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter baumannii*." *Antibiotics* 13: 444.

Frías-Zepeda, M. E. y M. Rosales-Castro 2021. "Effect of extraction conditions on the concentration of phenolic compounds in Mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth) residues." *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 27: 367-381.

Gattefossé, F. René-Maurice Gattefossé(11 de mayo de 2025):

González-Díaz, Y. y M. Yanelis Véliz-Jaime 2020. "Extracción y caracterización del aceite esencial de mango obtenido de residuos agroindustriales." *Tecnología Química* 40: 488-501.

Herrera-Rodríguez, S., R. López-Rivera, E. García-Márquez, M. Estarrón-Espinosa y H. Espinosa-Andrews 2019. "Mexican oregano (*Lippia graveolens*) essential oil-in-water

emulsions: impact of emulsifier type on the antifungal activity of *Candida albicans*." *Food Science and Biotechnology* 28: 441-448.

Hien, L. T. M., T. D. Khoa y D. T. A. Dao 2022. "Characterization of black pepper essential oil nanoemulsion fabricated by emulsion phase inversion method." *Journal of Food Processing & Preservation* 46: 1-11.

Huamán Quispe, R. I., J. Alvarado-Huayhuaz, K. dos Santos Machado y A. Valderrama Negrón 2023. "CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE *CLINOPODIUM REVOLUTUM* Y ESTUDIO COMPUTACIONAL DE SUS COMPUESTOS BIOACTIVOS CONTRA EL CÁNCER." *Revista de la Sociedad Química del Perú* 89: 1-13.

Israel, B.-H., R. Gildardo, C.-L. Cecilia y R. Romeo 2023. "Chemical Profile and Antioxidant Activity of Essential Oils and Polyphenolic Compounds of *Lippia Graveolens* from Different Mexican Localities." *Journal of Agriculture and Crops* 9: 20-31.

Jaramillo, D., J. Calva, N. Bec, C. Larroque, G. Vidari y C. Armijos 2022. "Chemical Characterization and Biological Activity of the Essential Oil from *Araucaria brasiliensis* Collected in Ecuador." *Molecules* 27: 3793-N.PAG.

Kusriani, H., D. Kurnia, D. Juanda y F. Yais 2024. "CHARACTERIZATION AND BIOACTIVITY OF ORANGE PEEL ESSENTIAL OILS: ANTIOXIDANT AND XANTHINE OXIDASE INHIBITORY POTENTIAL." *Rasayan Journal of Chemistry* 17: 1967-1973.

León, D.-D., M. González-Álvarez, M. A. Guzmán-Lucio, G. R. Núñez-Guzmán y S. Moreno-Limón 2020. "El orégano de los géneros *Lippia* (Verbenaceae) y *Poliomntha* (Lamiaceae) en el Estado de Nuevo León, México." *Polibotánica* 50: 1-18.

Leyva-López, N., E. P. Gutiérrez-Grijalva, G. Vazquez-Olivo y J. B. Heredia 2017. "Essential oils of oregano: Biological activity beyond their antimicrobial properties." *Molecules* 22: 989.

Liu, L., K. D. Fisher, M. A. Friest y G. Gerard 2023. "Characterization and Antifungal Activity of Lemongrass Essential Oil-Loaded Nanoemulsion Stabilized by Carboxylated Cellulose Nanofibrils and Surfactant." *Polymers* (20734360) 15: 3946.

LLC, I. H. 2025. Essential oils Generally Recognized As Safe (GRAS). FDA Services Blog. FDA Services, ITB Holdings LLC. 2025(July 30):

Marques dos Santos, J., V. Barbosa de Souza, A. Almeida Schenka, S. de Barros Mazon, R. M. Alberici Oliveira, C. L. Queiroga, I. Barbosa da Silva Cunha, R. M. Bonilha Dezena, M. Nogueira Eberlim y P. C. Pires Rosa 2023. "Chemical characterization of Copaiba essential oil and study of its cellular cytotoxicity." *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas* 52: 1097-1112.

Mendoza, C. M. 2020. "Caracterización química del aceite esencial de orégano como agente bioconservador en alimentos." *Universidad Ciencia y Tecnología* 24: 54-62.

Mollova, S., S. Stanev, D. Bojilov, S. Manolov, I. Kostova, S. Damianova, H. Fidan, A. Stoyanova, S. Ercisli, A. Assouguem, R. Ullah y A. Bari 2024. "Chemical composition and biological activity of essential oil from anise hyssop." *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 38: 1-8.

Nehme, R., S. Andrés, R. B. Pereira, M. Ben Jemaa, S. Bouhallab, F. Ceciliani, S. López, F. Z. Rahali, R. Ksouri y D. M. Pereira 2021. "Essential oils in livestock: From health to food quality." *Antioxidants* 10: 330.

Peter, S., N. Sotondoshe y B. A. Aderibigbe 2024. Carvacrol and Thymol Hybrids: Potential Anticancer and Antibacterial Therapeutics. Molecules. 29(10):

Rodríguez, A. I. H. 2024. "Metabolitos secundarios, factores que lo modifican e influyen en la calidad del producto natural medicinal." *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 29.

Rojas, R., F. Ramírez, B. Companioni, I. Vera, V. Robledo y H. García 2021. Desarrollo de un método eficiente para la micropropagación de orégano

Ruas, A., A. Graça, J. Marto, L. Gonçalves, A. Oliveira, A. N. da Silva, M. Pimentel, A. M. Moura, A. T. Serra, A. C. Figueiredo y H. M. Ribeiro 2022. "Chemical Characterization and Bioactivity of Commercial Essential Oils and Hydrolates Obtained from Portuguese Forest Logging and Thinning." *Molecules* 27: 3572-3572.

Sánchez García, E., C. Torres-Alvarez, E. G. Morales Sosa, M. Pimentel-González, L. Villarreal Treviño, C. A. Amaya Guerra, S. Castillo y J. Rodríguez Rodríguez 2024. "Essential Oil of Fractionated Oregano as Motility Inhibitor of Bacteria Associated with Urinary Tract Infections." *Antibiotics* 13: 665.

Santos, C. P. d., J. A. O. Pinto, C. A. d. Santos, E. M. O. Cruz, M. d. F. Arrigoni-Blank, T. M. Andrade, D. d. A. Santos, P. B. Alves y A. F. Blank 2016. "Harvest time and geographical origin affect the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer." *Industrial Crops and Products* 79: 205-210.

Sapna y R. Kumar 2023. "Chemical Characterization and Antifungal Activity of Essential Oil from *Roscoe purpurea* Leaves." *Chemistry of Natural Compounds* 59: 1196-1198.

Singh, N., H. P. Singh, D. R. Batish, R. K. Kohli y S. S. Yadav 2020. "Chemical characterization, phytotoxic, and cytotoxic activities of essential oil of *Mentha longifolia*." *Environmental Science & Pollution Research* 27: 13512-13523.

Singh, N., S. S. Yadav y B. Narashiman 2024. "Chemical composition of essential oils of some common culinary spices and their antimicrobial activities." *Journal of Applied & Natural Science* 16: 1679-1689.

Standardization, I. O. f. 2016. ISO 13171:2016 Essential oil of oregano [*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link)

letsw]

Tubay-Bermúdez, C. J., L. A. Zambrano-Mendoza, M. M. L. Vera, K. B. Moreira-Jiménez y K. Y. Revilla-Escobar 2024. "Aceites esenciales en la conservación de alimentos: Una revisión Essentials oils in food preservation: A review." *Revista Científica y Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental* 11.

Vargas-Monter, J., N. Rivero-Pérez, B. Valladares-Carranza, D. Ojeda-Ramírez, J. Noguez-Estrada y A. Zaragoza-Bastida 2025. "Lippia graveolens y su actividad contra bacterias asociadas a mastitis bovina: Revisión bibliográfica." *Abanico Veterinario* 16: e2024-34.