

Extracción de aceite a base de Tomillo para el control biológico de hongos fitopatógenos

Thyme-based oil extraction for the biological control of phytopathogenic fungi.

AUTORES

Kelly Palacios Artieda

Universidad Estatal de Milagro

Ecuador - Milagro

nicolartieda1999@gmail.com

0009-0004-3369-5360

<https://orcid.org/0009-0004-3369-5360>



<https://orcid.org/0009-0004-5676-7275>

Como citar: Palacios, K. (2024). Extracción de aceite a base de Tomillo para el control biológico de hongos fitopatógenos. Revista RIIDG, Vol. 4 (Nº. 4). 1-16. https://doi.org/10.64041/riidg.v4i4.70	V. 4, N. 4, Año (2025), Pág. 1-16 Fecha de recepción: 1 de septiembre del 2025 Fecha de aceptación: 1 de octubre del 2025 Fecha de publicación: 13 de noviembre del 2025
--	---



CC BY-NC-ND 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Resumen

Los hongos fitopatógenos se propagan principalmente a través de esporas, que son estructuras reproductivas pequeñas y ligeras que pueden ser transportadas por el viento, el agua, los insectos o cualquier otro agente externo. Su control puede llevarse a cabo a través de diferentes prácticas agronómicas, como la rotación de cultivos, la adecuada fertilización y la limpieza de restos de plantas. Además del uso de productos químicos específicos, llamados fungicidas, puede ser necesario en casos de alta incidencia de enfermedades fúngicas. *Thymus vulgaris* L. es un subarbusto de la familia Lamiaceae, que es perenne y aromática, rica en aceite esencial, cuyo principal componente es el timol, comprende cerca de 350 especies de hierbas y arbustos perennes y aromáticos, predominantemente se ha encontrado en la región mediterránea, Asia, el sur de Europa, y el norte de África. Existen varios métodos por los cuales se pueden llegar a extraer los aceites esenciales de diferentes muestras vegetales. Los métodos usados corresponden a: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos. El presente trabajo tiene como objetivo realizar una recopilación bibliográfica sobre la extracción de aceites a base de tomillo.

Palabras clave: Aceites esenciales, biofungicida, hongos fitopatógenos, tomillo.

Abstract

Phytopathogenic fungi spread mainly through spores, which are small and light reproductive structures that can be transported by wind, water, insects or any other external agent. Their control can be carried out through different agronomic practices, such as crop rotation, adequate fertilization and cleaning of plant debris. In addition to the use of specific chemical products, called fungicides, it may be necessary in cases of high incidence of fungal diseases. *Thymus vulgaris* L. is a subshrub of the Lamiaceae family, which is perennial and aromatic, rich in essential oil, whose main component is thymol, comprising about 350 species of perennial and aromatic herbs and shrubs, predominantly found in the Mediterranean region, Asia, southern Europe, and North Africa. There are several methods by which essential oils can be extracted from different plant samples. The methods used correspond to: expression, steam distillation, extraction with volatile solvents, enfleurage and with supercritical fluids. The aim of this work is to compile a bibliographic compilation on the extraction of thyme-based oils.

Keywords: *Essential oils, biofungicide, phytopathogenic fungi, thyme.*

Introducción

Los hongos son un gran grupo de organismos heterótrofos, omnipresentes y heterogéneos que pueden comportarse como saprófitos, parásitos o simbioses de plantas o animales. Los hongos fitopatógenos causan más del 70% de las enfermedades de plantas, son organismos que pertenecen a grupos filogenéticamente diversos, además afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas, reduciendo la producción de cultivos e incluso causar la muerte de las plantas afectadas (Granados, 2018).

El tomillo (*Thymus Vulgaris*) se ha usado a lo largo de siglos considerándose como una planta con diversas características terapéuticas por su alto contenido de timol y carvacrol, compuestos que le confieren propiedades antiespasmódicas, expectorantes, antioxidantes, cicatrizantes y fungicidas, por lo que su uso en forma de aceites esenciales puede ayudar a combatir infecciones bacterianas y fúngicas (Delgado, 2021). Los aceites esenciales son sustancias naturales que tienen varios antecedentes de uso debido a sus propiedades antibacterianas, antifúngicas, antivirales, insecticidas, antioxidantes y medicinales. Normalmente son mezclas de alta complejidad con cientos de compuestos aromáticos y suelen prepararse mediante técnicas de extracción de fragancias, como la destilación, el prensado en frío o la extracción. Su actividad biológica se relaciona de forma directa con la presencia de compuestos volátiles bioactivos y su composición depende de la parte de la planta de la cual se extrae y de diferentes parámetros. (Ortiz Gimeno, 2020)

Hay varios métodos por los cuales se pueden llegar a extraer los aceites esenciales de diferentes muestras vegetales. Los métodos más comunes utilizados son: expresión, destilación con vapor de agua, extracción con solventes volátiles, enfleurage y con fluidos supercríticos. En el método de expresión el material vegetal es exprimido para liberar su aceite y este es recolectado y filtrado.

En la destilación por arrastre de vapor de agua la muestra vegetal se encierra en una cámara inerte y se somete a una corriente de vapor de agua sobrecalentado y así la esencia es arrastrada, luego condensada, recolectada y separada de la fracción acuosa.

En el método de extracción con solventes volátiles la muestra se seca y es molida para ponerse en contacto con solventes como alcohol, cloroformo, etc. Estos solventes solubilizan la esencia y extraen sustancias como grasas y ceras, lo que da como resultado una esencia impura.

En el método enfleurage, el material vegetal suelen ser flores y es puesto en contacto con un aceite vegetal, la esencia se solubiliza en el aceite que actúa como vehículo extractor y se obtiene una mezcla de aceite esencial y vegetal la cual se separa posteriormente por medios fisicoquímicos.

En el método de extracción con fluidos supercríticos, el material vegetal se corta y licua, se empaca en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de un líquido supercrítico, las esencias son solubilizadas y arrastradas por el fluido supercrítico y se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente, obteniendo finalmente una esencia pura. (Melo-Guerrero, 2020)

Así el uso de aceites esenciales puede ser una alternativa a ciertos antibióticos o antifúngicos debido a sus propiedades, pero para poder llegar a este uso se deben evaluar de forma correcta la actividad y la concentración a la que inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos.

Material y métodos

Material

Tabla 1.
Materiales utilizados para la destilación de vapor por arrastre.

Destilación de vapor por arrastre		
Cantidades	Equipos, material, reactivo, medios de cultivo y otros	Descripción
1	Mechero	Calentar o esterilizar
1	Embudo	Canalizador de material
1	Filtro	Separador de sustancia
3	Matraz Erlenmeyer	Contenedor de sustancias
7 kg	Tomillo	Material vegetal
—	Etanol	Solvente
10,5 L	Agua destilada	

— Sulfato de sodio anhidro Elimina el agua

Nota: Técnica usada para separar sustancias orgánicas insolubles en agua y ligeramente volátiles, de otras no volátiles que se encuentran en la mezcla

Tabla 2.

Materiales utilizados para la extracción con Soxhlet.

Extracción con Soxhlet		
Cantidades	Equipos, material, reactivo, medios de cultivo y otros	Descripción
1	Equipo extractor Soxhlet	Extrae sustancias de baja solubilidad
40g	Tomillo	Material vegetal
150 ml	Etanol	Disolvente

Nota: Favorece la solubilidad de los analitos y no es necesaria la filtración después de la extracción.

Tabla 3.

Materiales utilizados para la extracción con fluidos supercríticos (FSC).

Extracción con fluidos supercríticos (FSC)		
Cantidades	Equipos, material, reactivo, medios de cultivo y otros	Descripción

1	Matraz	contenedor
-	Tomillo	Material vegetal
1	Licuadaora	Triturar
-	Dióxido de carbono	—

Nota: La extracción con CO₂ supercrítico permite su fácil recuperación por procesos de reciclaje.

Materiales utilizados para el cultivo de hongos fitopatógenos.

Tabla 4.

Cultivo de hongos fitopatógenos		
Cantidades	Equipos, material, reactivo, medios de cultivo y otros	Descripción
1	Cabina de flujo laminar	Equipo usado para realizar ctivos en zona estéril
1	Incubadora	Equipo que proporciona las condiciones adecuadas para que crezcan los hongos
-	Medio de cultivo agar Sabouraud	Medio que contiene vitaminas y minerales para que los hongos crezcan
1	Asa en punta	Instrumento usado para hacer siembra directa

1	Pinza	Instrumento usado para agarrar material pequeño
1	Mechero de alcohol	Material usado para proporcionar candela
1	Alcohol al 90%	Material utilizado para realizar asepsia
1	Bisturí	Material utilizado para cortar

Métodos

Recolección de Thymus vulgaris

Se recolectaron 7Kg de muestras de hojas de Thymus vulgaris(tomillo). La muestras adquiridas se encontró en óptimas condiciones, Luego se procedió a lavar las muestras de material vegetal con abundante agua y se desinfectó con lejía al 0,5% (Pompa y Malca, 2019).

Secado y preparación de la muestra

Se dejó secar las hojas por aproximadamente 3 días en temperatura ambiente en papel kraft, teniendo precaución de no contaminar la muestra con sustancias externas. Procedemos a cortar las hojas en trozos pequeños para almacenar estas muestras en un frasco de boca ancha o en vaso de precipitación (Aquino y Castañeda, 2022).

Extracción de aceites esenciales de Thymus vulgaris

Una vez obtenida la materia vegetal, se puede pasar a la extracción de los diferentes tipos de aceites esenciales del tomillo. Se realizó por métodos de arrastre de vapor de agua en un aparato tipo cleveenger y por medio de destilación. El aceite esencial fue preparado y deshidratado con Na₂SO₄ anhidro, esta muestra se filtró y guardó bajo refrigeración a una temperatura de 4 °C. A su vez se realizaron pruebas in vitro para lograr determinar la menor concentración de efecto inhibitorio a través de los halos de inhibición (Burgos, 2018).

Según Rojas. (2015), Los aceites esenciales del tomillo tienen una gran actividad antibacteriana, además ayuda a potenciar la acción anfotericina B contra Cándida albicans.

Destilación de vapor por arrastre

Montero et al., (2018) utilizó 7 kg de material vegetal de tomillo, el cual se lavó con agua destilada y secado a temperatura ambiente durante 24 horas. El aceite fue obtenido mediante destilación por arrastre

de vapor en equipo tipo Clevenger, en el cual añadió 1.5 litros de agua destilada por kilo de material vegetal. Las concentraciones del aceite esencial de tomillo utilizadas fueron de 1, 5, 10, 30, 50, 70 y 90% (v/v), utilizando como solvente el etanol al 96.8%, calculadas de manera porcentual, en 5 ml de volumen total para cada concentración.

Extracción con Soxhlet

Para la extracción Valero. (2021), utilizo 40 g de tomillo seco molido, el cual pasó por un juego de tamices de diferentes diámetros hasta llegar a la malla con diámetro de 1 mm, como disolvente se emplearon 150 mL de etanol grado absoluto por cada balón de destilación, el montaje se llevó al sistema de Soxhlet con 4 planchas de calentamiento a temperatura de 78 °C por 5 horas. Posteriormente llevaron 250 ml del compuesto obtenido por Soxhlet a una temperatura de 50 °C y una presión de 300 mbar, la temperatura se mantuvo constante y la presión se redujo hasta 160 mbar, por un espacio de 4 horas hasta eliminar la totalidad de etanol y obtener así el aceite concentrado de tomillo, el procedimiento se realizó una vez más, para obtener mayor cantidad del extracto de tomillo, obteniendo un total de 8.09 gr, para su posterior uso en las pruebas inhibitorias.

Extracción con fluidos supercríticos (FSC)

Según Gedikoğlu et al. (2019), este método resulta atractivo en comparación con las técnicas convencionales como la destilación por vapor o la extracción Soxhlet porque evita la contaminación de solutos con residuos de solventes y la degradación de compuestos termolábiles. En este sentido, FSC con CO₂ tiene una demanda creciente para producir aceites esenciales de alta calidad a partir de material vegetal con propiedades medicinales

El material vegetal de tomillo debe estar cortado en trozos o licuado, para poder ser empacado en una cámara de acero inoxidable, que va a circular a través de la muestra de un fluido en estado supercrítico (CO₂). Las esencias serán solubilizadas y arrastradas, mientras que el FSC va actuar como un solvente extractor, luego pasará por el proceso de eliminación por descompresión progresiva, hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtendrá la esencia, donde el grado de pureza dependerá de las condiciones de extracción (Rodríguez et al., 2013).

Marcha Fitoquímica

Según Ramirez. 2020, para identificar los metabolitos secundarios presentes en el extracto seco de *Thymus vulgaris* L.(tomillo), se debe diluir el extracto en etanol hasta obtener una mezcla homogénea, posteriormente se debe verter la disolución preparada en tubos de ensayo y añadir los reactivos químicos propios para la identificación de cada metabolito secundario, mediante esta prueba química se podrán observar las reacciones cualitativas y cambios de coloración.

Cultivo de hongos fitopatógenos

Para realizar el cultivo de hongos fitopatógenos Tejera, et al., 2017 menciona que el cultivo inicia con la recolección de una muestra de la planta afectada por el hongo. En una cabina de flujo laminar y con herramientas esterilizadas como bisturí, asa en punta, pinzas, medio de cultivo, alcohol y mechero de

alcohol se corta pequeñas porciones del tejido y se las coloca en medio de cultivo Agar Sabouraud. Esto permitirá el crecimiento del hongo en un ambiente controlado. También menciona que las muestras se dejan reposar en una incubadora, generalmente a una temperatura entre 20-25°C, para que el hongo crezca y forme colonias.

Siembra en placa

Monroy y Lizarazo, 2019, realizaron una siembra directa de hongos en placa, mencionan que este es un método utilizado en microbiología para cultivar y aislar hongos a partir de muestras. Consiste en colocar una muestra en el centro de una placa de agar, que proporciona los nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo, permitiéndole expandirse en la superficie de la placa. Este método facilita la observación y el estudio de las colonias fúngicas obtenidas.

Control antimicótico

Andrade, et al., 2017 menciona que realizó el control inhibitorio colocando cantidades de aceite extraído de tomillo de 100 µL, 200 µL, 250 µL y 300 µL en 8 placas diferentes, de tal manera que las placas 1 y 2 recibieron un tratamiento de 100 µL de aceite a dosis de 2 veces por día, mientras que las placas 3 y 4 recibieron un tratamiento de 200 µL de aceite a dosis de 1 vez por día, las placas 5 y 6 recibieron un tratamiento de 250 µL a dosis de 2 veces al día y las placas 7 y 8 recibieron un tratamiento de 300 µL a dosis de 1 vez al día.

Resultados

Se evaluó el efecto inhibitorio del aceite de tomillo en el crecimiento micelar y se observó resultados muy satisfactorios. En los hongos en los cuales se ensayaron hubo una inhibición del 90%, a dosis de 300 µg/mL, en casi todos los casos, excepto para el hongo *penicillium italicum* el cual muestra una inhibición del 88.7%. A 200 µg/mL, se observa inhibición del 90% del crecimiento micelar en los hongos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium equiseti*, *Bipolaris spicifera* y *curvularia hawaiiensis*. La inhibición es del orden del 70 al 80% en *Fusarium oxysporum lycopersici*, *alternaria alternata* y *Fusarium graminearum* y menor actividad antifúngica sobre *Colletotrichum gloeosporoides*, *Penicillium expansum* y *Penicillium italicum* en los que la reducción del crecimiento fúngico es del orden del 50 al 60%; valores, por otra parte, nada despreciables. (Marqués Camarena, 2016)

En otro estudio se utilizó el aceite esencial de tomillo incubándolo durante 8 días frente a *Fusarium* sp. Obteniendo valores de crecimiento micelial de 0 a 36 mm de diámetro de la colonia.

El aceite esencial de tomillo presentó una total inhibición del crecimiento micelial a dosis que van desde los 200, 250 y 300 µg/mL con una tasa de crecimiento para estas dosis de 0.0 comparada con un testigo que fue de 5.87 mm. Remarcado así el efecto antifúngico del aceite esencial de tomillo o *T. vulgaris* al inhibir el crecimiento micelial de *Fusarium* sp. (Necha & Barrera, 2008).

Análisis de los Resultados

Los resultados obtenidos evidencian que el aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) posee una elevada actividad antifúngica, manifestada por su capacidad para inhibir el crecimiento micelial de diversos hongos fitopatógenos. En el estudio de Marqués Camarena (2016), la concentración de **300 µg/mL** produjo porcentajes de inhibición cercanos al **90 %** en prácticamente todas las especies evaluadas, con excepción de *Penicillium italicum*, que presentó una inhibición ligeramente inferior (**88,7 %**). Estos resultados demuestran que, a concentraciones elevadas, el aceite esencial ejerce un efecto fungistático muy eficiente sobre una amplia diversidad de hongos.

Al disminuir la concentración a **200 µg/mL**, se observó que la eficacia del aceite esencial dependió de la sensibilidad de cada especie fúngica. Hongos como *Rhizoctonia solani*, *Fusarium equiseti*, *Bipolaris spicifera* y *Curvularia hawaiiensis* mantuvieron una inhibición del **90 %**, lo que indica una alta susceptibilidad al aceite esencial. En contraste, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Alternaria alternata* y *Fusarium graminearum* presentaron inhibiciones entre **70 y 80 %**, mientras que *Colletotrichum gloeosporioides*, *Penicillium expansum* y *Penicillium italicum* registraron valores entre **50 y 60 %**, evidenciando una menor sensibilidad. No obstante, estos porcentajes siguen siendo relevantes desde el punto de vista fitosanitario, ya que representan una reducción considerable del desarrollo micelial.

Estos hallazgos concuerdan con los reportados por Necha y Barrera (2008), quienes evaluaron el efecto del aceite esencial de tomillo sobre *Fusarium* sp. durante ocho días de incubación. Los autores observaron una **inhibición completa del crecimiento micelial** en concentraciones de **200, 250 y 300 µg/mL**, registrando una tasa de crecimiento de **0,0 mm**, mientras que el tratamiento testigo alcanzó **5,87 mm**. La ausencia total de crecimiento confirma la elevada eficacia antifúngica del aceite esencial y demuestra que concentraciones iguales o superiores a **200 µg/mL** son suficientes para impedir el desarrollo de este patógeno.

En conjunto, ambos estudios muestran una relación dosis-respuesta, en la que el incremento de la concentración del aceite esencial mejora el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial. Asimismo, las diferencias observadas entre especies fúngicas pueden atribuirse a variaciones en la composición y estructura de la pared celular, la permeabilidad de la membrana plasmática y los mecanismos de tolerancia propios de cada microorganismo. El efecto antifúngico del aceite esencial de tomillo se asocia principalmente a sus compuestos fenólicos, especialmente **timol** y **carvacrol**, los cuales

alteran la integridad de la membrana celular, incrementan su permeabilidad y provocan la pérdida de componentes intracelulares esenciales, culminando en la inhibición del crecimiento o la muerte del hongo.

En consecuencia, la evidencia disponible respalda el potencial del aceite esencial de tomillo como una alternativa natural para el manejo de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, destacándose especialmente su eficacia frente a especies del género *Fusarium*, aunque también presenta una acción significativa sobre otros patógenos de importancia agrícola.

Discusión

Correa, et al., 2018, asegura que los resultados de la extracción de aceite de tomillo para el control biológico de hongos fitopatógenos han mostrado efectos prometedores. La dosis del aceite de tomillo utilizada puede variar dependiendo del hongo objetivo y del tipo de aplicación.

Los resultados del estudio muestran que el aceite de tomillo tiene un efecto inhibitorio significativo en el crecimiento micelial de varios hongos. A dosis de 300 µg/mL, la inhibición es cercana al 90% en la mayoría de los casos, aunque el hongo *Penicillium italicum* muestra una inhibición ligeramente menor del 88.7%.

Moreno, et al., 2020 demostró que utilizando dosis de 200 µg/mL y 300 µg/mL del aceite de tomillo, se obtiene una inhibición significativa del crecimiento micelial de los hongos fitopatógenos evaluados, llegando a alcanzar una inhibición del 90% en muchos casos.

En otro estudio, el aceite esencial de tomillo rompió una inhibición total del crecimiento micelial de *Fusarium* sp. Una dosis de 200, 250 y 300 µg/mL durante 8 días, con una tasa de crecimiento de 0,0, en comparación con el testigo que tuvo un crecimiento de 5,87 mm.

A dosis de 200 µg/mL, el aceite de tomillo también muestra una inhibición del 90% en los hongos *Rhizoctonia solani*, *Fusarium equiseti*, *Bipolaris spicifera* y *curvularia hawaiiensis*. Sin embargo, la inhibición es del 70 al 80% en otros hongos como *Fusarium oxysporum lycopersici*, *alternaria alternata* y *Fusarium graminearum*, y aún menor en *Colletotrichum gloeosporoides*, *Penicillium expansum* y *Penicillium italicum*, con una reducción del crecimiento fúngico del 50 al 60%.

Andrade et al., 2017 indica que las frecuencias de aplicación pueden variar según las necesidades específicas del cultivo y el nivel de infección por hongos. Comenta que para obtener un control efectivo, es recomendable aplicar el aceite de tomillo de manera regular, especialmente en momentos de mayor vulnerabilidad del cultivo a las infecciones fúngicas.

Sin embargo, Montes, 2019, sostiene que es importante recordar que los resultados pueden variar según las condiciones ambientales y la susceptibilidad del hongo en cuestión. Por lo tanto, se deben realizar más investigaciones para establecer dosis y frecuencias de aplicación óptimas en diferentes contextos agrícolas. Vasquez, et al., 2018 argumenta que el aceite de tomillo muestra un efecto inhibitorio prometedor sobre hongos fitopatógenos a dosis específicas, lo que sugiere su potencial como herramienta para el control biológico de estas enfermedades. Sin embargo, antes de su implementación a gran escala, se requiere más

investigación para determinar las dosis y frecuencias de aplicación más adecuadas para cada caso específico.

Estos resultados destacan el efecto antifúngico del aceite esencial de tomillo o *T. vulgaris* en la inhibición del crecimiento micelial de diversos hongos, lo que podría tener implicaciones en el control de infecciones fúngicas.

Perspectivas de futuro

A medida que se popularice el uso del aceite de tomillo en la agricultura, es probable que surjan regulaciones y estándares de certificación para garantizar su calidad, seguridad y efectividad. La implementación adecuada de estas medidas contribuiría a asegurar que los productos a base de tomillo cumplan con los estándares requeridos y ofrezcan resultados consistentes así podría impulsar la adopción del aceite de tomillo como una herramienta de control biológico en la agricultura orgánica, debido a su bajo impacto ambiental y su potencial para reducir la dependencia de pesticidas químicos, también podría ser incorporado en prácticas convencionales de manejo integrado de plagas ya que es una alternativa eficaz en el control de hongos resistentes a los fungicidas químicos tradicionales.

Conflicto de interés

El extracto de tomillo puede tener propiedades fungicidas, sin embargo algunos componentes pueden causar efectos negativos en las plantas, como fitotoxicidad o inhibición del crecimiento. Por ello, es importante determinar la dosis correcta del extracto para lograr un control efectivo de los hongos fitopatógenos. La concentración incorrecta puede resultar en un control insuficiente o en daños a las plantas. Además de ello, se debe tener en cuenta que con el tiempo los hongos fitopatógenos pueden desarrollar resistencia al extracto de tomillo u otros agentes de control por lo tanto se debe monitorear constantemente la efectividad del extracto y evaluar la presencia de resistencia en los hongos para implementar estrategias de control adecuadas.

Las personas que se dediquen a la producción y venta del extracto de tomillo pueden tener un interés financiero en fomentar su uso a gran escala como alternativa natural y sostenible para el control de hongos fitopatógenos. Pueden promover sus beneficios y propiedades antifúngicas, así como buscar la creación de mercados y oportunidades comerciales. Por otro lado, aquellos que se dedican a la comercialización de productos químicos o fungicidas convencionales pueden ver al extracto de tomillo como una competencia directa. Pueden tener un interés en desacreditar o minimizar los beneficios del extracto de tomillo y promover el uso de sus propios productos químicos o fungicidas convencionales para el control de hongos fitopatógenos.

Conclusiones

El aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) demostró una elevada actividad antifúngica, alcanzando porcentajes de inhibición del crecimiento micelial cercanos o iguales al 90 % en la mayoría de los hongos fitopatógenos evaluados, especialmente a concentraciones de 200 y 300 µg/mL.

La eficacia antifúngica presentó un comportamiento dependiente de la concentración y de la especie fúngica, observándose una mayor susceptibilidad en especies del género *Fusarium* y en *Rhizoctonia solani*, mientras que *Penicillium italicum*, *Penicillium expansum* y *Colletotrichum*

gloeosporioides mostraron una respuesta relativamente menor, aunque con niveles de inhibición biológicamente importantes.

La evidencia analizada respalda el potencial del aceite esencial de tomillo como una alternativa sostenible para el manejo de hongos fitopatógenos, debido a su alta eficacia inhibitoria y a la presencia de compuestos bioactivos como el timol y el carvacrol, que afectan la integridad de la membrana celular de los microorganismos. No obstante, se recomienda realizar estudios adicionales en condiciones de campo para validar su eficacia y establecer dosis óptimas para su aplicación agrícola.

Referencias bibliográficas

Rodríguez, M., Álvarez, L., y Real, S. (2013). Procedimientos para la extracción de aceites esenciales en plantas aromáticas. Edit. Centro de investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California Sur, México.38p. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf

Burgos, V. (2018). Efecto Antibacteriano del aceite esencial de *Thymus vulgaris* (tomillo) comparado con oxacilina, sobre *Escherichia coli* ATCC25922. [Tesis para la obtención de título de Médico cirujano] Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25969/burgos_chv.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rojas, J., Ortiz, J., Jáuregui, J., Ruiz, J., y Ramón, R. (2015). Aceite esencial de *Thymus vulgaris* L (tomillo), su combinación con EDTA contra *Candida albicans* y formulación de una crema. Anales de la Facultad de Medicina, 76(3), 235-240. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832015000400002&lng=es&tlng=es.

Vallejo, M.(2018). Activación Antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de la planta de *Cassia reticulata* sobre *Candida Albicans*. Estudio In Vitro. [Tesis para la obtención de título de Odontóloga] Universidad Central del Ecuador. https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/03/880475/actividad-antimicrobiana-del-extracto-hidroalcoholico-de-la-planta_JXP0R.pdf

Mayo, E. (2018). Optimización de actividad antifúngica sobre *Candida Albicans* y *Aspergillus niger* de mezclas de extractos acuosos de plantas amazónicas. [Tesis para la obtención de título de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad Estatal Amazónica. <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/687/1/T.AGROIN.B.UEA.0062>

Aquino, V., Castañeda, G. (2022). Efecto antimicótico del extracto hidroalcohólico de *Thymus vulgaris* (tomillo) comparado con nistatina frente a *Candida albicans*. [Tesis para la obtención de título en Químico Farmacéutico]. Universidad Roosevelt.

<https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14140/1146/TESIS%20AQUINO%20-%20CASTA%20c3%91EDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gedikoğlu, A., Sökmen, M., y Çivit, A. (2019). Evaluación de los aceites esenciales y extractos de plantas de *Thymus vulgaris* y *Thymbra spicata* en cuanto a su composición química, propiedades antioxidantes y antimicrobianas. *Ciencias de la alimentación y nutrición*, 7(5), 1704–1714. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1007>

Valero, A. (2021). Potencial de los Aceites Esenciales de Tomillo (*Thymus vulgaris*) y Orégano (*Origanum vulgare*) para el Control de *Fusarium* spp. en *Chenopodium quinoa* y su Efecto Sobre la Microbiota del Suelo. [Tesis para optar el título de Magíster en Ingeniería Ambiental]. Universidad de Boyacá. https://repositorio.uniboyaca.edu.co/bitstream/handle/uniboyaca/559/documento_AdrianaMarcelaValeroPosada%20%283%29-1-108.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramirez, R. (2020). Actividad antimicrobiana in vitro de la crema elaborada de la combinación del aceite esencial de *syzygium aromaticum* (clavo de olor) y extracto etanólico de *thymus vulgaris* l. (tomillo) frente a cepas de *escherichia coli* y *staphylococcus aureus* y *candida albicans*. [Tesis para optar el título de Maestra en investigación y docencia universitaria]. Universidad Inca Garcilaso De La Vega. http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/5814/TESIS_%20RAMOS%20HERE DIA%20ROSA.pdf?sequence=9&isAllowed=y

Pompa, M., y Malca, N. (2019). Actividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de *Thymus vulgaris* “tomillo” frente a las cepas de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. [Tesis para la obtención de título de Químico Farmacéutico]. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/943/FYB-014-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Del Mar Ruiz, L., Juárez, M., Castillo, I., y Soto, R. (2022). Aceite esencial de *Thymus vulgaris* L. y su uso como antimicótico contra *Candida albicans* y *Trychophyton rubrum*. *Agro-Divulgación*, 2(3).

Delgado, A. (2021). Efecto del tomillo (*Thymus vulgaris*) en la cicatrización de heridas cutaneas inducidas en cuyes, Huanuco–2021.

Melo-Guerrero, M. C., Ortiz-Jurado, D. E., y Hurtado-Benavides, A. M. (2020). Comparación de la composición y de la actividad antioxidante del aceite esencial de manzanilla (*Matricaria chamomilla* L.) obtenido mediante extracción con fluidos supercríticos y otras técnicas verdes. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(172), 845-856.

Ortiz Gimeno, M. (2020). Nuevos materiales con propiedades antifúngicas para el tratamiento postcosecha de cítricos.

Río, C.(2019). Actividad antifúngica de tres aceites esenciales contra hongos aislados de pintura mural.

Talapko, J., Juzbašić, M., Matijević, T., Pustijanac, E., Bekić, S., Kotris, I., y Škrlec, I. (2021). *Candida albicans*—The virulence factors and clinical manifestations of infection. *Journal of Fungi*, 7(2), 79.

Marqués Camarena, M. (2016). Composición química de los aceites esenciales de Lavanda y Tomillo. Determinación de la actividad antifúngica [PhD Thesis]. Universitat Politècnica de València.

Necha, L. L. B., & Barrera, L. J. G. (2008). Actividad antifúngica de aceites esenciales y sus compuestos sobre el crecimiento de *Fusarium* sp. Aislado de papaya (Carica papaya). *Revista científica UDO agrícola*, 8(1), 33-41.

Correa-Pacheco, Z. N., Bautista-Baños, S., Hernández-López, M., & Marquina-Valle, M. Á. (2018). Evaluación de nanoformulaciones en el desarrollo in vitro de hongos fitopatógenos. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 457-467. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092018000300457

Moreno, M. C., Belmont, R. M., Cruz, V. C., Martínez, G. M., García, G. S., Licon, R. G., ... & Moctezuma, H. E. F. (2020). Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo de investigaciones. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), 125-131. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61218210.pdf>

Andrade-Bustamante, G., Manelik García-López, A., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzim, C. E., Borboa-Flores, J., & Rueda-Puente, E. O. (2017). Estudio del potencial biocontrolador de las plantas autóctonas de la zona árida del noroeste de México: control de fitopatógenos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(1), 127-142. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652017000100011&script=sci_abstract&tlng=en

Montes-Belmont, R. (2019). Diversidad de compuestos químicos producidos por las plantas contra hongos fitopatógenos. *Revista mexicana de micología*, 29, 73-82. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-31802009000100010&script=sci_abstract&tlng=pt

Vázquez-Ovando, A., López-Hilerio, H., Salvador-Figueroa, M., Adriano-Anaya, L., Rosas-Quijano, R., & Gálvez-López, D. (2018). Uso combinado de radiación UV-C y biorecubrimiento de quitosán con aceites esenciales para el control de hongos en papaya Maradol. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 40, e-688. <https://www.scielo.br/j/rbf/a/pp9YCHXwQBbJXsTvwSK5Dxv/>

Tejera, B., Heydrich, M., & Rojas, M. M. (2017). Antagonismo de *Bacillus* spp. frente a hongos fitopatógenos del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 27(2), 117-122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522012000200008&script=sci_arttext

Casacchia, L. (2018). Efecto del aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) sobre el crecimiento de patógenos fúngicos del suelo. Revista de Divulgación Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental. Facultad de Ciencias Agrarias. UNLZ. Vol. 5 (2), 11-33.
<http://revistafcaunlz.gramaweb.com.ar/wp-content/uploads/2018/06/Casacchia-Sassone.pdf>

Galiano, D. (2019). Determinación de la capacidad antioxidante de *Thymus vulgaris*. [Tesis para la obtención del título de microbiólogo]. Universidad de Jaén.
https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/10428/1/TFG_Galiano_Latorre_David.pdf

Koch, C., Reichling, J., Schnee, J., y Schnitzler, P. (2008). Inhibitory effect of essential oils against herpes simplex virus type 2. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 15(1-2), 71-78. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2007.09.003>

Iseppi, R., Mariani, M., Condò, C., Sabia, C., y Messi, P. (2021). Essential Oils: A Natural Weapon against Antibiotic-Resistant Bacteria Responsible for Nosocomial Infections. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 10(4), 417. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040417>

Monroy-Castro, L. Y., & Lizarazo-Forero, L. M. (2019). Identificación De Hongos Fitopatógenos Asociados Al Roble (*Quercus Humboldtii* Bonpl.), en los Municipios de Encino (Santander), Arcabuco, y Tipacoque (Boyacá). *Colombia Forestal*, 13(2), 347-356.
<https://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/download/3453/5179?inline=1>

Andrade-Bustamante, G., Manelick García-López, A., Cervantes-Díaz, L., Aíl-Catzim, C. E., Borboa-Flores, J., & Rueda-Puente, E. O. (2017). Estudio del potencial biocontrolador de las plantas autóctonas de la zona árida del noroeste de México: control de fitopatógenos. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 49(1), 127-142. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652017000100011&script=sci_abstract&tlng=en

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés