



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i2.4407>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel in vitro

Inhibitory effect of lemon (*Citrus limon*) and orange (*Citrus sinensis*) essential oils on agricultural phytopathogens at the in vitro level

Efeito inibitório dos óleos essenciais de limão (*Citrus limon*) e laranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas em nível in vitro

Edwin Ricardo Palacios-Bravo ^I
edwin.palacios@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0002-4921-1055>

José Ignacio Cárdenas-Posligua ^{II}
jose.cardenas2015@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-7060-7953>

Estela Cristina Cedeño-Arriaga ^{III}
estela.cedeno2015@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0000-4061-6190>

Edison Geovanny Díaz-Camposano ^{IV}
ediazc2@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-3639-4040>

Correspondencia: ediazc2@uteq.edu.ec

***Recibido:** 04 de abril de 2025 ***Aceptado:** 23 de mayo de 2025 * **Publicado:** 06 de junio de 2025

- I. Unidad Educativa Jama, Jama, Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- III. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.
- IV. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

Resumen

El presente artículo tiene como propósito analizar el efecto inhibitorio in vitro de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) frente a diversos fitopatógenos agrícolas, mediante una revisión sistemática de estudios científicos recientes. Se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos académicas reconocidas (Scopus, Web of Science, PubMed y ScienceDirect) utilizando palabras clave específicas. Se seleccionaron estudios publicados recientemente que evaluaron la actividad antifúngica de dichos aceites esenciales a través de metodologías in vitro como difusión en agar, contacto directo o dilución en medios, empleando fitopatógenos relevantes como *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium spp.*, *Colletotrichum sp.*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Phytophthora palmivora*. Los aceites esenciales de *C. sinensis* mostraron una alta eficacia contra *Rhizopus stolonifer* y *Fusarium spp.*, alcanzando inhibiciones superiores al 90 % con concentraciones de 1,5 % a 100 µL. En el caso de *C. limon*, los resultados fueron más variables; si bien algunos estudios indicaron inhibiciones parciales frente a *Phytophthora sp.* y *L. theobromae*, en general, el efecto fue inferior al de otros aceites esenciales como el de orégano. La eficacia dependió significativamente de la concentración utilizada, el tipo de compuesto presente (limoneno, citral, β-pineno) y la sensibilidad del fitopatógeno. Los aceites esenciales cítricos poseen un efecto antifúngico in vitro relevante, atribuible a su alta proporción de monoterpenos con propiedades bioactivas, lo que respalda su potencial uso como alternativas sostenibles en programas de manejo integrado de enfermedades agrícolas.

Palabras clave: Aceite esencial; limón; naranja; inhibición; fitopatógenos; in vitro.

Abstract

The purpose of this article is to analyze the in vitro inhibitory effect of lemon (*Citrus limon*) and orange (*Citrus sinensis*) essential oils against various agricultural phytopathogens, through a systematic review of recent scientific studies. A bibliographic search was conducted in recognized academic databases (Scopus, Web of Science, PubMed and ScienceDirect) using specific keywords. Recently published studies that evaluated the antifungal activity of these essential oils through in vitro methodologies such as agar diffusion, direct contact or dilution in media, using relevant phytopathogens such as *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium spp.*, *Colletotrichum sp.*, *Lasiodiplodia theobromae* and *Phytophthora palmivora* were selected.

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos
agrícolas a nivel *in vitro*

Essential oils of *C. sinensis* showed high efficacy against *Rhizopus stolonifer* and *Fusarium* spp., achieving inhibitions greater than 90% at concentrations of 1.5% at 100 μ L. In the case of *C. limon*, the results were more variable; although some studies indicated partial inhibition against *Phytophthora* sp. and *L. theobromae*, the effect was generally lower than that of other essential oils such as oregano. Efficacy depended significantly on the concentration used, the type of compound present (limonene, citral, β -pinene), and the sensitivity of the plant pathogen. Citrus essential oils possess a significant *in vitro* antifungal effect, attributable to their high proportion of monoterpenes with bioactive properties, which supports their potential use as sustainable alternatives in integrated agricultural disease management programs.

Keywords: Essential oil; lemon; orange; inhibition; plant pathogens; *in vitro*.

Resumo

O objetivo deste artigo é analisar o efeito inibitório *in vitro* dos óleos essenciais de limão (*Citrus limon*) e laranja (*Citrus sinensis*) contra diversos fitopatógenos agrícolas, por meio de uma revisão sistemática de estudos científicos recentes. Foi realizada uma busca bibliográfica em bases de dados acadêmicas reconhecidas (Scopus, Web of Science, PubMed e ScienceDirect) utilizando palavras-chave específicas. Foram selecionados estudos publicados recentemente que avaliaram a atividade antifúngica desses óleos essenciais por meio de metodologias *in vitro*, como difusão em ágar, contato direto ou diluição em meio, utilizando fitopatógenos relevantes como *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium* spp., *Colletotrichum* sp., *Lasiodiplodia theobromae* e *Phytophthora palmivora*. Os óleos essenciais de *C. sinensis* apresentaram alta eficácia contra *Rhizopus stolonifer* e *Fusarium* spp., alcançando inibições superiores a 90% em concentrações de 1,5% a 100 μ L. No caso de *C. limon*, os resultados foram mais variáveis; embora alguns estudos tenham indicado inibição parcial contra *Phytophthora* sp. e *L. theobromae*, o efeito foi geralmente menor do que o de outros óleos essenciais, como o orégano. A eficácia dependeu significativamente da concentração utilizada, do tipo de composto presente (limoneno, citral, β -pineno) e da sensibilidade do fitopatógeno. Os óleos essenciais cítricos possuem um efeito antifúngico *in vitro* significativo, atribuível à sua alta proporção de monoterpenos com propriedades bioativas, o que corrobora seu potencial uso como alternativas sustentáveis em programas integrados de manejo de doenças agrícolas.

Palavras-chave: Óleo essencial; limão; laranja; inibição; fitopatógenos; *in vitro*.

Introducción

La producción agrícola enfrenta múltiples desafíos asociados al incremento de enfermedades causadas por patógenos fúngicos que afectan la calidad, el rendimiento y la comercialización de los cultivos (El-Baky & Amara, 2021); entre los fitopatógenos de mayor relevancia económica se encuentran géneros como *Phytophthora*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Colletotrichum*, *Lasiodiplodia*, entre otros (Christova et al., 2024; Kaewkrajay & Dethoup, 2024), cuya propagación y resistencia a fungicidas sintéticos representa una amenaza creciente para la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Anand & Rajeshkumar et al., 2022). Ante este panorama, el uso intensivo de agroquímicos ha sido una respuesta inmediata; sin embargo, su persistencia ambiental, toxicidad acumulativa y posible desarrollo de cepas resistentes generan preocupación en términos de inocuidad alimentaria y salud ambiental (Uscocovich et al., 2024).

Actualmente, el manejo integrado de enfermedades en cultivos exige la incorporación de alternativas ecológicas que combinen eficacia, seguridad y sostenibilidad (He et al., 2021). En este contexto, los aceites esenciales han emergido como compuestos naturales con potencial biofungicida, dada su compleja mezcla de metabolitos secundarios como terpenos, fenoles y aldehídos, capaces de alterar la permeabilidad celular y el metabolismo de hongos patógenos (Brito et al., 2021). Particularmente, los aceites esenciales obtenidos de cítricos como el limón (*Citrus limon*) y la naranja (*Citrus sinensis*) han demostrado un amplio espectro de acción antifúngica frente a patógenos agrícolas y de postcosecha, gracias a su alto contenido de limoneno, β -pineno y citral, compuestos conocidos por su capacidad inhibitoria del crecimiento micelial y esporulación (Li et al., 2022).

Desde el punto de vista tecnológico, el estudio *in vitro* del efecto antifúngico de aceites esenciales es un paso necesario para evaluar su eficacia potencial en condiciones controladas, antes de ser integrados en formulaciones aplicables en campo; la metodología *in vitro* permite analizar parámetros como el índice de inhibición del crecimiento micelial, la concentración mínima inhibitoria y los efectos sobre la morfología fúngica, aspectos clave para determinar la dosificación y seguridad del tratamiento (Alvillo et al., 2025). Adicionalmente, estas pruebas permiten discriminar entre la acción fungistática o fungicida de los compuestos evaluados, lo cual resulta relevante para proyecciones de manejo a mediano plazo (Sempere et al., 2021).

El enfoque hacia el uso de aceites esenciales también responde a una tendencia regulatoria y de mercado que favorece el reemplazo de productos químicos sintéticos por alternativas naturales, debido a que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, promueve

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*citrus limon*) y naranja (*citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel *in vitro*

la transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles debe incluir el empleo de bioinsumos de origen vegetal, que reduzcan la dependencia de pesticidas convencionales y mejoren la resiliencia de los sistemas agrícolas (Boerger et al., 2021). En este marco, los aceites esenciales, por su disponibilidad, biodegradabilidad y efecto multifuncional, se alinean con los principios de la agroecología y la bioeconomía circular.

A pesar de los avances, aún existen vacíos de información sobre la eficacia comparada de distintos aceites esenciales cítricos frente a fitopatógenos específicos, especialmente en relación con su actividad inhibidora bajo condiciones estandarizadas (Dos Santos et al., 2022). También se requiere caracterizar con mayor precisión las concentraciones efectivas, su posible sinergia con otros compuestos naturales y su estabilidad en matrices biológicas, por lo que resulta fundamental ampliar el conocimiento experimental sobre su aplicación, especialmente en la fase *in vitro*, como etapa preliminar para estudios posteriores en campo o sistemas de almacenamiento postcosecha (Marin et al., 2024).

En función de lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto inhibitorio *in vitro* de los aceites esenciales de limón (*citrus limon*) y naranja (*citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas, analizando una revisión documental, mediante la cual se examinaron artículos científicos, informes técnicos y publicaciones especializadas en bases de datos que mostraron resultados relevantes, con la medición del crecimiento micelial de cepas aisladas en condiciones controladas. Se espera que los resultados generen evidencia que respalde su potencial uso como agentes antifúngicos naturales en estrategias de manejo integrado de enfermedades en cultivos de interés agroalimentario.

Metodología

Este artículo de revisión bibliográfica se enfocó en analizar estudios científicos publicados en los años recientes que evaluaron el efecto inhibitorio *in vitro* de los aceites esenciales de limón (*citrus limon*) y naranja (*citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas. La búsqueda de literatura se realizó en bases de datos académicas reconocidas, incluyendo Scopus, Web of Science, PubMed y ScienceDirect, utilizando combinaciones de palabras clave como: “*Citrus limon essential oil*”, “*Citrus sinensis antifungal*”, “*in vitro*”, “*phytopathogens*”, “*mycelial growth inhibition*” y “*agar diffusion assay*”.

Los procedimientos comúnmente descritos en los estudios revisados incluyen:

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel *in vitro*

Aislamiento del fitopatógeno: Se recolectaron muestras de tejidos vegetales infectados, las cuales se desinfectaron superficialmente y se cultivaron en medios como papa dextrosa agar (PDA) para obtener cultivos puros de hongos fitopatógenos como *Rhizopus stolonifer*, *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinérea* (Rezende et al., 2020).

Preparación de los medios de cultivo: Se utilizaron medios PDA esterilizados, vertidos en placas Petri bajo condiciones asépticas.

Extracción o adquisición de los aceites esenciales: Los aceites esenciales se obtuvieron mediante hidrodestilación utilizando un aparato Clevenger, empleando cáscaras frescas de *C. limon* o *C. sinensis*. La composición química de los aceites esenciales se analizó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS), identificando al limoneno como el componente mayoritario.

Método de inoculación: Se aplicaron métodos como la difusión en agar, donde se colocaron discos impregnados con diferentes concentraciones de aceites esenciales sobre la superficie del medio inoculado con el fitopatógeno.

Evaluación del crecimiento micelial: Se midió el diámetro de las colonias fúngicas después de un período de incubación, calculando el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (PIC).

Resultados

Los estudios recientes han demostrado de forma consistente el potencial antifúngico de los aceites esenciales de *Citrus limon* y *Citrus sinensis* contra una variedad de fitopatógenos relevantes en cultivos agrícolas.

En el caso de *C. sinensis*, Rezende et al. (2020) reportaron una inhibición significativa del crecimiento micelial de *Rhizopus stolonifer*, alcanzando valores de 91,95 % y 80,05 % a una dosis de 100 μ L de aceites esenciales extraídos de las variedades lima orange y bahia navel orange, respectivamente. Este efecto se atribuye principalmente a la alta concentración de limoneno, compuesto mayoritario en estos aceites, que puede superar el 90 % de la fracción volátil.

Por su parte, Daquilema Rea (2016) evaluó el aceite esencial de hojas, corteza y un aceite comercial de *C. sinensis* frente a aislamientos de *Fusarium* spp. obtenidos de frijol canario almacenado. Los resultados mostraron una inhibición del crecimiento micelial de hasta el 100 % con el aceite comercial al 1,5%, así como una inhibición total de la germinación de esporas. El efecto antifúngico fue evidente

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos
agrícolas a nivel *in vitro*

desde concentraciones del 2,5 %, sugiriendo una fuerte actividad inhibitoria atribuida a la composición química del aceite, rica en monoterpenos y alcoholes.

En cuanto al aceite esencial de limón, aunque los estudios directos frente a los fitopatógenos mencionados son menos frecuentes, investigaciones con especies afines de la familia *Rutaceae*, como *Swinglea glutinosa* (limón de cerca), han mostrado resultados prometedores. Camargo et al. (2021) reportaron una inhibición del crecimiento micelial de *Colletotrichum sp.* de hasta 82,41 % a una concentración del 2 % y una inhibición del 100 % en la germinación de esporas a 8 $\mu\text{L}/\text{mL}$, utilizando métodos de dilución en agar y exposición en microatmósfera.

Duarte et al. (2022) realizaron ensayos *in vitro* donde analizaron el índice de inhibición del crecimiento micelial de *Lasiodiplodia theobromae* utilizando aceites esenciales, observando que la concentración del aceite fue determinante en la eficacia antifúngica. El estudio evidenció que concentraciones crecientes de los aceites esenciales incrementaron significativamente la inhibición del crecimiento micelial ($p < 0,05$), aunque el mayor efecto se reportó para aceites de orégano y tomillo, mientras que los aceites cítricos no alcanzaron inhibiciones superiores al 80 % en las condiciones evaluadas. Esto sugiere que, si bien la eficacia puede variar según la composición y el origen del aceite, los aceites esenciales de naranja poseen un potencial relevante como agentes antifúngicos para el control de *L. theobromae* en postcosecha.

Respecto a *Phytophthora palmivora*, los datos sobre aceites esenciales de limón y naranja son menos abundantes, pero existen reportes de ensayos con aceites amazónicos de *Citrus limon*. Scalvenzi et al. (2016) evaluaron la actividad antifúngica *in vitro* del aceite esencial de *C. limon* sobre varios fitopatógenos, incluyendo *Phytophthora sp.* Los resultados indicaron que el aceite esencial de limón no mostró una actividad antifúngica significativa frente a este género, aunque logró inhibiciones parciales en otros hongos (70 % para *Cladosporium cladosporioides* y 72 % para *Fusarium solani* a 500 $\mu\text{L}/\text{mL}$)

Tabla 1. Síntesis de los hallazgos clave extraídos de estudios relevantes

Estudio	Tipo de aceite esencial	Fitopatógeno	Resultados obtenidos
Rezende et al., 2020	<i>C. sinensis</i> (lima orange, bahia orange)	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Inhibición del crecimiento micelial 91,95 % y 80,05 % a 100 μL

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel *in vitro*

Daquilema Rea, 2016	<i>C. sinensis</i> (hojas, corteza, comercial)	<i>Fusarium spp.</i>	Inhibición crecimiento micelial hasta 100 % con aceite comercial a 1,5 %, inhibición germinación esporas 100 %
Camargo Piñeres et al., 2021	<i>Swinglea glutinosa</i> (limón de cerca)	<i>Colletotrichum sp.</i>	Inhibición crecimiento micelial hasta 82,41 % a 2 %, inhibición germinación esporas 100 % a 8 µL/mL
Duarte et al. (2022)	Naranja común	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	Inhibición dependiente de la concentración; aceites cítricos <80 % de inhibición a altas concentraciones
Scalvenzi et al., 2016	Limón (<i>C. limon</i>)	<i>Phytophthora sp.</i>	Inhibición no significativa frente a <i>Phytophthora</i> ; hasta 72 % en otros hongos a 500 µL/mL

Discusión

La actividad antifúngica de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) frente a fitopatógenos agrícolas ha sido objeto de creciente interés científico en los últimos años, dada la necesidad de alternativas sostenibles para el manejo de enfermedades. Los resultados *in vitro* reportados evidencian un efecto inhibitorio variable, condicionado por factores como la composición química del aceite, la concentración aplicada, el método de evaluación y la sensibilidad específica del patógeno. Entre los fitopatógenos más estudiados destacan *Fusarium spp.*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum spp.*, *Alternaria spp.*, *Lasiodiplodia theobromae* y *Phytophthora palmivora*; todos ellos responsables de enfermedades críticas en cultivos hortícolas, frutales, cereales y en el cacao. La variabilidad en la sensibilidad de inhibición puede atribuirse a diferencias en la sensibilidad específica de las cepas y a la heterogeneidad en la composición química del aceite esencial, que a su vez depende del factor de la procedencia geográfica de la materia utilizada (Redi ANII, 2024). La variabilidad en la respuesta también puede estar asociada a factores como el método de extracción, la

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel *in vitro*

parte de la planta utilizada y la sensibilidad específica del patógeno (Alam et al., 2022). Además, algunos trabajos señalan que la actividad antifúngica puede potenciarse mediante combinaciones sinérgicas con otros aceites esenciales o compuestos bioactivos, abriendo vías para formulaciones más efectivas, debido a que las interacciones son aditivas cuando su acción combinatoria es la suma de cada componente por separado y sinérgicas cuando la acción combinatoria es mayor que la suma de cada componente por separado (Al-Mijalli et al., 2023).

Los aceites esenciales cítricos, particularmente los de naranja y limón, presentan una composición rica en monoterpenos como el limoneno, β -pineno y γ -terpineno, compuestos que han demostrado tener efectos disruptivos sobre la membrana celular de los hongos, alterando la permeabilidad y provocando la pérdida de contenido intracelular (Santiago et al., 2024). Las coincidencias entre los estudios revisados apuntan a que ambos aceites esenciales poseen un efecto antifúngico significativo, con limoneno como principal compuesto activo (Gupta et al., 2021).

Aunque los resultados *in vitro* son alentadores, su extrapolación a condiciones de campo requiere cautela. La actividad antifúngica observada puede verse afectada por factores como la volatilización del aceite, la fotodegradación, las condiciones edafoclimáticas y la interacción con la microbiota del suelo y la planta (Mahato et al., 2022). Además, la formulación de aceites esenciales, ya sea como emulsión, encapsulado o en combinación con otros bioactivos, juega un rol determinante en su eficacia y estabilidad.

Finalmente, el uso de aceites esenciales cítricos se alinea con principios de la agricultura sostenible, ya que son biodegradables, de bajo impacto ambiental y pueden obtenerse como subproductos de la industria agroalimentaria. Esta ventaja económica y ecológica fortalece su viabilidad como parte de programas de manejo integrado de enfermedades (Boerger et al., 2021).

Conclusiones

El análisis comparativo de los estudios revisados demuestra que los aceites esenciales de naranja (*Citrus sinensis*) y limón (*Citrus limon*) poseen una actividad antifúngica significativa frente a varios fitopatógenos de interés agrícola, aunque con diferencias notables según la especie fúngica, la concentración del aceite y su perfil químico.

Desde una perspectiva práctica, estos resultados refuerzan el potencial de los aceites esenciales cítricos como insumos naturales dentro de programas de agricultura sostenible, especialmente como agentes antifúngicos en el manejo postcosecha o en aplicaciones preventivas. No obstante, se

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel *in vitro*

identifican limitaciones importantes, como la fotodegradación, volatilización y escasa persistencia en condiciones de campo, lo cual subraya la necesidad de investigar estrategias de encapsulamiento, formulaciones sinérgicas y compatibilidad con otros bioinsumos.

Finalmente, se recomienda el desarrollo de estudios complementarios orientados a: (1) evaluar su eficacia en sistemas agrícolas reales, (2) determinar su fitotoxicidad en cultivos de interés, (3) optimizar la estabilidad de las formulaciones, y (4) comprender mejor sus mecanismos de acción a nivel celular. Este conocimiento será esencial para consolidar el uso de aceites esenciales cítricos como herramientas viables y seguras en el control alternativo de enfermedades fitopatógenas.

Referencias

1. Alam, M., Bano, N., Ahmad, T., Sharangi, A. B., Upadhyay, T. K., Alraey, Y., ... & Saeed, M. (2022). Synergistic role of plant extracts and essential oils against multidrug resistance and gram-negative bacterial strains producing extended-spectrum β -lactamases. *Antibiotics*, 11(7), 855. <https://doi.org/10.3390/antibiotics11070855>
2. Al-Mijalli, S. H., Jeddi, M., El Hachlafi, N., Abdallah, E. M., Assaggaf, H., Qasem, A., ... & Mrabti, H. N. (2023). Combination of sweet orange, lentisk and lemon eucalyptus essential oils: Optimization of a new complete antimicrobial formulation using a mixture design methodology. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19814>
3. Anand, G., & Rajeshkumar, K. C. (2022). Challenges and threats posed by plant pathogenic fungi on agricultural productivity and economy. In *Fungal diversity, ecology and control management* (pp. 483-493). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8877-5_23
4. Alvillos-Rivera, A. J., Mateo-Calvillo, C. H., Treviño-Quintanilla, L. G., Guillén-Garcés, R. A., & Villegas-Mendoza, I. E. (2025). *In vitro* inhibitory effect of selected drugs on mycelial growth of the fungus *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus djamor*. *Bioresource Technology Reports*, 102150. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102150>
5. Boerger, V., Bojic, D., Bosc, P., Clark, M., Dale, D., England, M., ... & Vargas, R. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture—Systems at breaking point. Synthesis report 2021.*
6. Brito, C., Hansen, H., Espinoza, L., Faúndez, M., Olea, A. F., Pino, S., & Díaz, K. (2021). Assessing the control of postharvest gray mold disease on tomato fruit using mixtures of

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos
agrícolas a nivel in vitro

- essential oils and their respective hydrolates. *Plants*, 10(8), 1719.
<https://doi.org/10.3390/plants10081719>
7. Camargo Piñeres, Y., Zambrano Montenegro, G., Ortega-Cuadros, M., Gutierrez Montero, D. J., & Yepes, J. A. (2021). Actividad antifúngica in vitro del aceite esencial de *Swinglea glutinosa* Merr sobre *Colletotrichum* sp. patógeno de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(1), 62-71.
<https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v23n1.88025>
 8. Christova, P. K., Dobрева, A. M., Dzhurmanski, A. G., Dincheva, I. N., Dimkova, S. D., & Zapryanova, N. G. (2024). The impact of plant essential oils on the growth of the pathogens *Botrytis cinerea*, *Fusarium solani*, and *Phytophthora pseudocryptogea*. *Life*, 14(7), 817.
<https://doi.org/10.3390/life14070817>
 9. Daquilema-Rea, J. A. (2016). Evaluación de las concentraciones de aceites esenciales de *Citrus sinensis* (naranja) en la inhibición de hongos patógenos en *Phaseolus vulgaris* L. (frijol canario) almacenados en las bodegas del Cantón Quevedo 2016 (Bachelor's thesis, UTEQ). Archivo digital. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/312e8c07-e8df-4922-b518-0c4970c9ac2e/content>
 10. dos Santos, M. S., Oro, C. E., Dolianitis, B. M., Wancura, J. H., Tres, M. V., & Zobot, G. L. (2022). Control of phytopathogens in agriculture by essential oils. In *Essential Oils: Applications and Trends in Food Science and Technology* (pp. 221-245). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-99476-1_10
 11. Duarte Pasaguay, C. G., Tomalá Reyes, C. J., & Manzano Santana, P. I. (2022). Valoración de la actividad antifúngica in vitro de dos aceites esenciales para la inhibición del crecimiento de *Lasiodiplodia theobromae* patógeno de banano y cacao post cosecha (Bachelor's thesis, ESPOL). Archivo digital. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56645>
 12. El-Baky, N. A., & Amara, A. A. A. F. (2021). Recent approaches towards control of fungal diseases in plants: An updated review. *Journal of Fungi*, 7(11), 900.
<https://doi.org/10.3390/jof7110900>
 13. Gupta, A., Jeyakumar, E., & Lawrence, R. (2021). Journey of limonene as an antimicrobial agent. *Journal of Pure & Applied Microbiology*, 15(3).
<https://doi.org/10.22207/JPAM.15.3.01>

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos agrícolas a nivel *in vitro*

14. He, D. C., He, M. H., Amalin, D. M., Liu, W., Alvindia, D. G., & Zhan, J. (2021). Biological control of plant diseases: An evolutionary and eco-economic consideration. *Pathogens*, 10(10), 1311. <https://doi.org/10.3390/pathogens10101311>
15. Kaewkrajay, C., & Dethoup, T. (2024). Biocontrol ability of marine yeasts against postharvest diseases in mangos caused by *Colletotrichum gloeosporioides* and *Lasiodiplodia theobromae*. *European Journal of Plant Pathology*, 168(4), 709-721. <https://doi.org/10.1007/s10658-023-02795-9>
16. Li, Y., Liu, S., Zhao, C., Zhang, Z., Nie, D., Tang, W., & Li, Y. (2022). The chemical composition and antibacterial and antioxidant activities of five citrus essential oils. *Molecules*, 27(20), 7044. <https://doi.org/10.3390/molecules27207044>
17. Mahato, N., Sharma, K., Koteswararao, R., Sinha, M., Baral, E., & Cho, M. H. (2019). Citrus essential oils: Extraction, authentication and application in food preservation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 59(4), 611-625. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1384716>
18. Marin, V. R., Zamunér, C. F. C., Santos, E. A. D., Ferreira, H., & Sass, D. C. (2024). Essential oils as alternatives in the control of phytopathogens: a systematic review of the last five years. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 27(4), 903-937. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2024.2368629>
19. Redi ANII. (2024). Fitopatología: alternativas para el control de *Fusarium* spp. en cultivos agrícolas. *Revista de Fitopatología, Suplemento 2*, 45-58. <https://redi.anii.org.uy/jspui/bitstream/20.500.12381/3630/1/RMF%20Suplemento%202024.pdf>
20. Rezende, J. L., Fernandes, C. C., Costa, A. O. M., Santos, L. S., Vicente Neto, F., Sperandio, E. M., ... & Miranda, M. L. D. (2020). Antifungal potential of essential oils from two varieties of *Citrus sinensis* (lima orange and bahia navel orange) in postharvest control of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. *Food Science and Technology*, 40, 405-409. <https://doi.org/10.1590/fst.30519>
21. Santiago-Santiago, M., Sánchez-Viveros, G., Pariona, N., Hernández-Montiel, L. G., & Chiquito-Contreras, R. G. (2024). ¿La nueva terapia para las plantas?-Los aceites esenciales para control de enfermedades en agricultura. *Informacion Tecnica Economica Agraria*,

Efecto inhibitorio de los aceites esenciales de limón (*Citrus limon*) y naranja (*Citrus sinensis*) sobre fitopatógenos
agrícolas a nivel *in vitro*

- 120(2). [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2024/120-2/\(116-132\)%20V101646.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2024/120-2/(116-132)%20V101646.pdf)
22. Scalvenzi, L., Yaguache Camacho, B. D., Guerrini, A., Radice, M., & Chiurato, M. (2016). Efectos de los aceites esenciales amazónicos de *Citrus limon* y *Cymbopogon citratus* sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos (Bachelor's thesis, Universidad Regional Amazónica). Archivo digital. <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1292>
23. Sempere-Ferre, F., Asamar, J., Castell, V., Roselló, J., & Santamarina, M. P. (2021). Evaluating the antifungal potential of botanical compounds to control *Botryotinia fuckeliana* and *Rhizoctonia solani*. *Molecules*, 26(9), 2472. <https://doi.org/10.3390/molecules26092472>
24. Uscocovich-Álvarez, Á. A., Baquerizo-Figueroa, J. M., Rojas-Uribe, L. S., Santos-Fálconez, M. C., Reinoso-Baque, I. M., & Díaz-Campozano, E. G. (2024). Efecto del recubrimiento con quitosano en la reducción microbiológica y conservación del color del banano poscosecha. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., 7(13), 227-240. <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0163>

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).