

# Efecto inhibitorio del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre *Fusarium oxysporum* en la familia *Solanaceae*. Una revisión

## Inhibitory effect of *Lippia graveolens* essential oil on *Fusarium oxysporum* in the *Solanaceae* family. A review

Laura Daniela Albarracin-Gomez<sup>1</sup>, Stefany Hortua-Gamboa<sup>2</sup>, Jovana Acero-Godoy<sup>3</sup>

---

Fecha de recepción: 23 de setiembre, 2021

Fecha de aprobación: 21 de enero, 2022

Albarracin-Gomez, L.D., Hortua-Gamboa, S., Acero-Godoy, J. Efecto inhibitorio del aceite esencial de *Lippia graveolens* sobre *Fusarium Oxysporum* en la familia *Solanaceae*. Una revisión. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, N° 1. Enero-Marzo, 2023. Pág. 54-65.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i1.5877>

1 Estudiante Colegio mayor de Cundinamarca. Colombia. Correo electrónico: [lalbarracin@unicolmayor.edu.co](mailto:lalbarracin@unicolmayor.edu.co)

 <https://orcid.org/0000-0002-3360-4009>

2 Estudiante Colegio mayor de Cundinamarca. Colombia. Correo electrónico: [shortua@unicolmayor.edu.co](mailto:shortua@unicolmayor.edu.co)

 <https://orcid.org/0000-0002-0733-9395>

3 Profesora del Colegio mayor de Cundinamarca. Colombia. Correo electrónico: [jacerog@unicolmayor.edu.co](mailto:jacerog@unicolmayor.edu.co)

 <https://orcid.org/0000-0003-1656-6888>

## Palabras claves

Aceite esencial; *Fusarium*; *Lippia Graveolens*; *Solanaceae*; agroquímicos.

## Resumen

La agricultura enfrenta diferentes retos, uno de ellos es el generado por microorganismos fitopatógenos, entre estos se encuentran principalmente virus, bacterias y hongos, los cuales producen daños en la cosecha. Uno de los agentes causales de estos problemas es el hongo cosmopolita *Fusarium oxysporum*, el cual afecta a gran cantidad de cultivos, entre los que se encuentran plantas de la familia *Solanaceae*. Generalmente el control de estos patógenos depende de agroquímicos, que si bien eliminan el organismo causal de la enfermedad, generan otros problemas. Por tanto, en el presente documento se realiza una búsqueda sistemática de diferentes investigaciones que evidencian una alternativa biológica y sostenible como lo es el aceite esencial de la planta *Lippia graveolens*, la cual según artículos consultados contiene diferentes alcoholes que a concentraciones de 0,20 y 0,25 µl/ml, logra inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum* en un 100 % evidenciando así su eficiencia en el control de enfermedades fitopatógenas.

## Keywords

Essential oil; *Fusarium*; *Lippia Graveolens*; *Solanaceae* y, agrochemicals.

## Abstract

Agriculture faces different challenges, one of them is generated by phytopathogenic microorganisms, among these are mainly viruses, bacteria and fungi, which cause damage to the harvest. One of the causative agents of these problems is the cosmopolitan fungus *Fusarium oxysporum*, which affects a large number of crops, including plants of the *Solanaceae* family. Generally, the control of these pathogens depends on agrochemicals, which, although they eliminate the organism that causes the disease, generate other problems. Therefore, in this document a systematic search is carried out for different investigations that show a biological and sustainable alternative such as the essential oil of the *Lippia graveolens* plant, which according to the articles consulted contains different alcohols that at concentrations of 0.20 and 0.25 µl / ml, manages to inhibit the growth of *Fusarium oxysporum* by 100%, thus demonstrating its efficiency in the control of phytopathogenic diseases.

## Introducción

*Solanaceae* es una familia de plantas con distribución cosmopolita, ya que es capaz de colonizar distintos tipos de hábitats, prefiriendo los de tipo tropical y templado, representando un valor económico importante a nivel mundial, reportando aproximadamente más de 98 géneros y 2,800 especies, siendo la gran mayoría de estas comestibles, las cuales representan aproximadamente el 75% de los alimentos del planeta [1] [2], demostrando así su gran diversidad, ya que se distribuye en todos los continentes excepto en la Antártida [3] y [4], sin embargo se encuentran en mayor concentración en Australia y América Latina. Con respecto a su morfología esta familia va desde hierbas efímeras hasta grandes árboles [5], que pueden presentar flores especialmente hermafroditas, con gran variedad de tamaño, además llegan a ser inodoras, fragantes o fétidas y presentan ovario súpero que puede contener entre 1 o 2 lóculos, los cuales llevan entre 1 y 50 óvulos. Con respecto a sus hojas son generalmente pecioladas, sin espículas e inodoras, además el fruto de las solanáceas pueden ser una baya, cápsula o drupa.

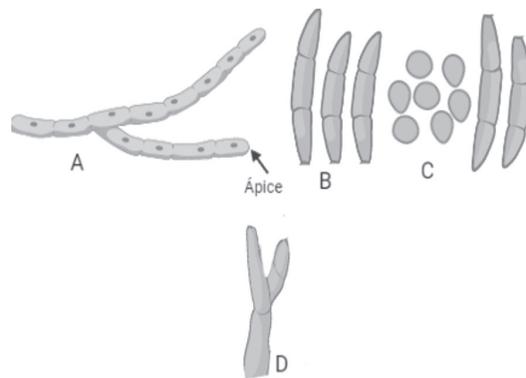
Respecto a los componentes que sus órganos segregan es importante señalar a los alcaloides tóxicos entre los que se encuentra la nicotina, solanina, tropanos y capsaicina [6], así como también se encuentran algunos que son usados en la medicina tradicional, especialmente como agentes antimicrobianos, insecticidas y antiinfecciosos [7]. Como se mencionó anteriormente muchas de las especies de la familia Solanaceae son de gran importancia florística, fitoquímica, etnobotánica única y económica [8] ya que son utilizados como productos alimenticios, que hacen parte de variedad de platos de familias a nivel mundial, entre estos se encuentran *Solanum tuberosum* (papa), *Solanum lycopersicum* (tomate), *Capsicum annuum* (pimiento), entre otras, los cuales pueden ser atacados por *Fusarium oxysporum* [9].

El género *Fusarium* es un grupo de hongos filamentosos distribuidos ampliamente a nivel mundial, siendo miembros activos y abundantes de la microbiota del suelo, generalmente son saprofitos nutriéndose así de materia en descomposición, sin embargo, algunas especies pueden generar diferentes enfermedades en las plantas principalmente en la cosecha, produciendo daños irremediables en el hospedero y por consiguiente grandes pérdidas a nivel productivo y económico [10]. La especie más señalada de ser fitopatológica es *Fusarium oxysporum* ya que cuenta con la capacidad de atacar diversas plantas de importancia agrícola, generando principalmente marchitamiento vascular seguido por la muerte del tejido vegetal; entre las plantas afectadas se encuentran las pertenecientes a las de la familia de las *Solanáceas* las cuales son de gran importancia económica, ya que algunos géneros son demandados a nivel mundial por ser productos alimenticios. Este problema no es reciente, por lo que para controlarlo se han utilizado agroquímicos, los cuales han traído consigo otros problemas como contaminación para el medio ambiente, riesgos para la salud humana y resistencia adquirida por los patógenos [11]. El presente artículo tiene como finalidad recopilar información sobre el uso del aceite esencial de *Lippia graveolens*, pues se sabe que estos aceites son una opción rentable y amigable con el medio ambiente, para la eliminación de diferentes microorganismos como *Fusarium oxysporum*, demostrando así que el campo de la biorremediación a partir de extractos de plantas merece seguir siendo estudiado, ya que puede ayudar en la resolución de muchos problemas a nivel industrial.

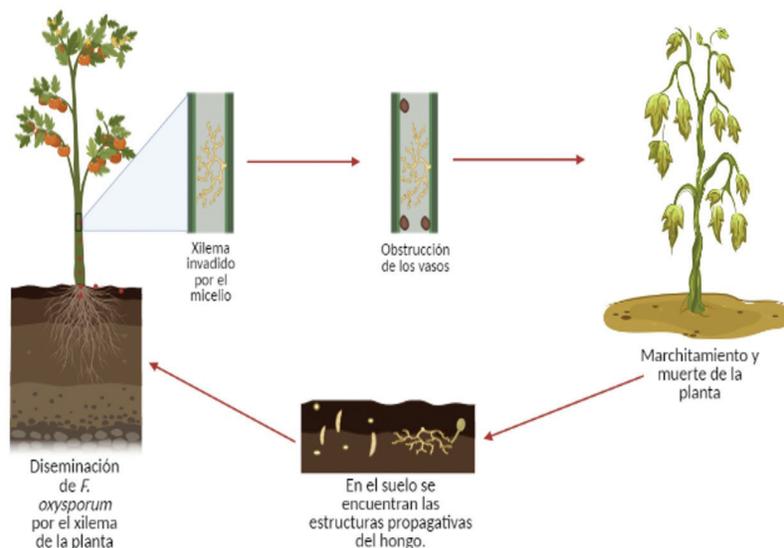
### ***Fusarium oxysporum* y su patogenicidad**

Este hongo es de distribución cosmopolita, el cual puede sobrevivir en el suelo como micelio (conjunto de hifas que forman la parte vegetativa del hongo) o como espora que germina en condiciones adecuadas, este último además de suministrar supervivencia por largo tiempo tras condiciones adversas, también permite la diseminación por viento y lluvia provocando que llegue a múltiples espacios y pueda infectar a otros cultivos, pues es considerado un patógeno oportunista, ya que es capaz de generar enfermedad en plantas humanas y animales, cuando estos se encuentran inmunosuprimidos, además tiene la capacidad de producir metabolitos secundarios que afectan un sin fin de productos agrícolas, lo que hace que este hongo sea el más competitivo de la naturaleza [12], [13]. En cuanto a sus características macroscópicas y microscópicas (figura 1), se dice que es un hongo de color blanco a violeta pálido u oscuro y magenta, con formación de macroconidia ligeramente curvada, con 3-4 septos, con ápice, microconidios ovalados, curvos con o sin tabique y monofialides [14]. Se sabe que *F. oxysporum* es la especie que causa mayor daño económico a los cultivos agrícolas en comparación con cualquier otro patógeno vegetal [15], ya que éste provoca pudrición del tallo y raíces, dado a que su mecanismo de acción es colonizar las raíces de manera patógena, pues dificulta la absorción de agua y nutrientes, alterando el metabolismo de la planta, ya que su objetivo es secuestrar las vías metabólicas secundarias del huésped, para un mejor establecimiento, mediante la producción de toxinas como las fusarinas, ácido fusárico, y moniliformina que son propias de esta especie, las cuales pueden causar efectos nocivos al ser humano y animales

cuando aumentan los niveles de toxicidad [16]. Luego se disemina a través del sistema vascular para habitar en los vasos del xilema de la planta, causando así marchitez y muerte rápida de las plantas, lo que normalmente se conoce como marchitez vascular, que sucede cuando las plantas muestran amarillamiento, que comienza por las hojas más próximas al suelo, la base del tallo adquiere un color oscuro y los haces vasculares se tornan de color pardo oscuro (figura 2). Esta enfermedad es un proceso complejo debido a todos los pasos involucrados, haciendo que este patógeno sea reconocido como el microorganismo que más daño presenta a nivel agrícola. Algunos estudios indican que la especie *F. oxysporum* también presenta variantes patógenas, las cuales se agrupan según la especificidad del hospedador o grupo de hospedadores que infecta, haciendo que este sea uno de los hongos más resistentes frente a diversos organofosforados, pues se ha demostrado que el uso indiscriminado de fungicidas, provoca la aparición de nuevas cepas resistentes, lo que hace que no exista un agroquímico para su control [16], [17], [18], [19].



**Figura 1.** Características microscópicas de *Fusarium oxysporum*. (A) ápice de la hifa. (B) macroconidias. (C) microconidias. (D) monofialides.



**Figura 2.** Ciclo de la marchitez por *Fusarium oxysporum*

## Control químico

Para el tratamiento de enfermedades causadas por *Fusarium oxysporum* generalmente se utilizan fungicidas como los benzimidazoles, entre los que se incluyen el benomil, carbendazim, tiabendazol, y tiofanato, los cuales si bien atacan y reducen las pérdidas económicas y agronómicas, han desencadenado severos problemas [10], tales como el riesgo para la salud humana y animal, el aumento de la contaminación al medio ambiente y lo más grave es que su manejo indiscriminado ha generado un incremento en la resistencia de los patógenos, los cuales afectan con mayor incidencia, ya que no son sensibles a muchos componentes de estas sustancias químicas [20] [21] [22]. Como consecuencia de lo anterior, diversos investigadores han tratado de buscar alternativas eficaces, que disminuyan costos y efectos secundarios; una de ellas es generar resistencia en la planta por medio de cambios genéticos, para evitar que el patógeno logre invadir el tejido vegetal [20] [23], esta alternativa tiene muchos aspectos positivos, entre los que prevalece el cuidado del medio ambiente y mayor supervivencia frente a factores externos, pero cuenta con diversas limitaciones como alteraciones genéticas no esperadas, esterilidad y baja fertilidad [22]. Otra opción últimamente muy estudiada es el uso de extractos vegetales, los cuales pueden presentar un alto rango de actividad biológica debido a que son fuente rica de metabolitos secundarios, como alcoholes, que según su concentración y tipo pueden ser unos antifúngicos muy potentes, además son económicos, fáciles de extraer y no presentan riesgos conocidos para el medio ambiente [1].

## Control biológico

Entre las alternativas para tratar diversas enfermedades causadas por hongos se presenta el uso de aceites esenciales los cuales se refieren a compuestos líquidos aromáticos y volátiles producidos por plantas, los cuales suministran diferentes cualidades, como lo son el olor, el sabor y la capacidad de defenderse del medio externo por ataque de plagas o microorganismos. Estos se pueden extraer de las hojas, raíces, flores, frutos, semillas y madera por procesos físicos simples que no afectan su composición como lo es la destilación, es por ello que han sido usados desde hace varios siglos con fines medicinales, cosméticos y como saborizantes en diferentes alimentos; hoy en día gracias a diversas investigaciones se ha establecido que estas sustancias químicas actúan realizando sinergismos para funcionar, no solo como antibacterianos de amplio espectro, sino también como antivirales, antiparasitarios, antioxidantes y antifúngicos, demostrando así que pueden ser utilizados con múltiples propósitos [24]. En la actualidad se conoce la existencia de aproximadamente 3000 aceites esenciales, de los cuales 300 están disponibles comercialmente; siendo los principales componentes los terpenos / terpenoides y compuestos aromáticos y alifáticos, que se caracterizan por ser de bajo peso molecular [25]. Usualmente, los aceites esenciales están compuestos de dos a tres componentes principales en altas concentraciones (20-95%) y otros componentes presentes en concentraciones más bajas, siendo *Lippia graveolens* una de las plantas más estudiadas para el control de diferentes patógenos.

### *Lippia graveolens*

También conocida como orégano mexicano, orégano del monte, *Lippia berlandieri* entre otros. Es una planta perteneciente a la familia verbenaceae, orden lamiales, clase magnoliopsida y especie *Lippia graveolens*, de aproximadamente dos metros de alto, ramas cortamente pilosas y hojas con forma oblongas o elípticas. Se sabe que esta planta crece en climas secos o semisecos, en terrenos de origen calizo, por lo que la especie tiene potencial de domesticación, además de lo mencionado *Lippia graveolens* ha sido usada ampliamente como aditivo a muchos alimentos, así como también en la medicina tradicional como terapia para múltiples patologías. Todos estos beneficios que ofrece esta planta son gracias a sus múltiples compuestos químicos

entre los que se encuentran los ácidos fenólicos cafeico, clorogénico y rosmarínico; flavonoides, derivados del apigenol, del luteolol; ácido ursólico; sustancias tánicas y elementos minerales que cambian su concentración según donde sea la zona que los cultiven [26]. A diferencia de otras especies del mismo género, esta planta es hermafrodita, siendo esta autocompatible y autofertilizante, lo que facilita su cultivo. El aceite esencial contiene hidrocarburos terpénicos, alcoholes, óxidos, fenoles, éteres, cetonas y ésteres, reconociendo carvacrol, timol, p-cimeno, eugenol, cimeno, pineno y linalol como los que en mayor porcentaje se presentan [27].

### Componentes de *Lippia graveolens*

El aceite de orégano ha sido estudiado y ha resultado ser uno de los fungicidas más conocidos. Es natural y seguro, no crea cepas mutantes, puede eliminar microorganismos de todo tipo, desde ambientales como humanos, encontrando a *A. alternata*, *E. coli*, *S. aureus*, *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, entre otros más[28]. Las hojas y el tallo son las partes de la planta más estudiadas, ya que es donde se encuentran todas las propiedades biocidas y fungicidas, demostrando así que el aceite tiene amplia actividad, frente a diversos patógenos. Una gran ventaja del aceite esencial es que dichos patógenos no crea cepas mutantes y elimina posibles efectos secundarios [29], gracias a sus diversos compuestos, encontrándose más frecuentemente el carvacrol, timol y p-cimeno, los cuales le proporcionan estas características.

Carvacrol: Monoterpenoide fenólico, componente principal del aceite de *Lippia graveolens*, pues con concentraciones mínimas (0.05 g/L), se eliminan gran variedad de microorganismos, su mecanismo de acción radica en la capacidad de ubicarse en la membrana, provocando un aumento de la permeabilidad y fluidez, lo que se traduce en un grave deterioro de la misma[30].

Timol: Está estrechamente relacionado con el carvacrol debido a que son isómeros, pues ambos presentan un grupo hidroxilo pero en posición diferente. Es una sustancia fenólica, cristalina e incolora con un olor característico, la cual causa daños estructurales y funcionales en la membrana citoplasmática del patógeno, además interacciona desestabilizando proteínas de membrana y dianas intracelulares[30]. Varios estudios demuestran que el uso de timol resulta una alternativa natural para la formulación de productos destinados a la prevención del desarrollo de los mohos[31].

**Cuadro 1.** Principales componentes antifúngicos de *Lippia graveolens*.

Componentes principales del aceite esencial			
Familia: <i>Verbenaceae</i> Género: <i>Lippia</i> Especie: <i>graveolens</i>			
Componente	Clasificación química	Mecanismo	Bibliografía
Timol	Fenol, monoterpenoide	Interactúa con las membranas celulares, y objetivos intracelulares afectando su permeabilidad	(Hyldgaard et al., 2012)
Carvacrol	Fenol, monoterpenoide	Aumenta la fluidez y la permeabilidad de las membranas. Genera una alteración de la homeostasis de Ca <sup>2+</sup> y H <sup>+</sup> , produciendo estrés	Abbaszadeh, et al., (2013)
P - Cimeno	Monoterpeno	Causa dilatación de la membrana citoplasmática. No es tan efectivo cuando se usa sola, pero aumenta su efecto cuando se usa en combinación con carvacrol.	Lopez, et al (2016)

### Efecto inhibitorio de *Lippia graveolens* sobre *Fusarium oxysporum*

El extracto vegetal de *Lippia graveolens* está compuesto por múltiples metabolitos secundarios que actuando en sinergia o individualmente pueden generar efectos antimicrobianos y antifúngicos eliminando gran variedad de microorganismos, entre ellos a *Fusarium oxysporum*; la concentración de los componentes del aceite esencial es diferentes dependiendo la zona donde se cultiva, productos orgánicos presentes en el medio, temperatura, cantidad de agua, interacciones bióticas y manejo del cultivo [32]. A pesar de ello el aceite está principalmente constituido por carvacrol, timol y fenoles [33] [34], los cuales generalmente representan el 90 % de las sustancias totales (cuadro 1), siendo estos los que tienen características y estructuras lipofílicas que impiden la respiración y alteración en el transporte de iones en las membranas celulares de *F. oxysporum*, además estos compuestos actúan como captadores de radicales libres mediante el paso de átomos de hidrógeno o electrones, lo cual retarda la oxidación de los lípidos [35], y por último pueden producir cambios en la morfología normal de las hifas reduciendo su diámetro y provocando la lisis en las paredes de las mismas [36]. Por otro lado en cuanto al análisis fitoquímico, se muestra que este aceite posee otros componentes con actividad antifúngica, como lo son los flavonoides, taninos, alcaloides y saponinas, teniendo en cuenta que cada uno de estos compuestos tienen diferente efecto en la eliminación del hongo; en cuanto a la combinación de los flavonoides y alcaloides se dice que precipitan y desnaturalizan las proteínas protoplasmáticas, ya que los hidroxilos penetran la membrana. Por otro lado, los taninos forman complejos con enzimas y otras proteínas, provocando la inhibición de electrones que se transportan a través de la membrana, alterando iones como el hierro y cobre, lo cual impide la función de enzimas esenciales para la supervivencia del microorganismo, y por último, las saponinas que forman complejos con los esteroides, afectando las proteínas y fosfolípidos de las membranas celulares del hongo [37].

Todo esto se traduce en que los compuestos presentes en el aceite esencial, interrumpen la función mitocondrial y de la membrana citoplasmática, ocasionando que los procesos del ciclo celular en la fase S se detengan y provoquen el escape de componentes intracelulares, sin embargo no se conoce el mecanismo de acción específico del aceite, pero se puede atribuir a que este tiene compuestos solubles tanto en agua como en grasas, los cuales son capaces de penetrar la membrana permeable de las células del hongo, pues la lipofilicidad es la principal característica involucrada en la actividad antifúngica de dichos compuestos, dado a que indica el sitio objetivo a atacar [33]. Como bien ya se ha mencionado, *Fusarium oxysporum* es resistente a múltiples fungicidas, y esto es gracias a la membrana que posee, ya que esta puede excluir ciertos compuestos químicos del agroquímico usado para su eliminación, por lo cual el aceite de *Lippia graveolens* tiene una gran ventaja al lograr ingresar a la membrana citoplasmática, pudiendo así erradicar el patógeno que causa marchitamiento en plantas de cultivo de papa, tomate, berenjenas y entre otras muchas más pertenecientes a la familia *solanaceae* [37], [38].

**Cuadro 2.** Efecto de los componentes de *Lippia graveolens* extraídos por destilación y hidrodestilación contra *Fusarium oxysporum*.

Efecto de <i>Lippia graveolens</i> sobre <i>Fusarium oxysporum</i>				
Extractos	Flores y hojas de <i>L. graveolens</i>			
Compuesto (origen vegetal)	Cantidad extraída	Inhibición del crecimiento	Concentración de Extracto acuoso	Bibliografía
Timol Carvacrol, P-cimeno y demás constituyentes del aceite esencial	0,02 µL/ml	4,2 %		(Hyldgaard et al., 2012)
	0,05 µL/ml	16,8 %		Lopez, et al (2016)
	0,1 µL/ml	53,6 %		Cueto, et al (2010)
	0,15 µL/ml	93,8 %		
	0,2 µL/ml	100 %	40 mg / L	Caceres, et al (2014)
	0,25 µL/ml	100 %		

La combinación de estos compuestos alcohólicos en una misma planta, permite comprender que el aceite esencial de *Lippia graveolens*, logra combatir y eliminar la acción del hongo filamentosos *Fusarium oxysporum*, pero ¿cuál es la cantidad mínima requerida para que se logre un efecto adecuado de inhibición?, varias investigaciones han tratado de solucionar esta pregunta, cómo es la desarrollada por (Cueto, 2010) [39] en la que se extrajo el aceite esencial utilizando destilación al vapor durante 3 horas, y se prepararon diferentes concentraciones (0.02, 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 y 0.25 µl/ml ) utilizando Tween 20 esteril 0,5% (v/v), para posteriormente impregnar una caja de petri y evaluar su acción al colocar un disco de agar que contenía el micelio de *Fusarium oxysporum*, se procedió a incubar durante 7 días a 28°C y se observó que en todas las concentraciones hubo efectos antifúngicos, pero la inhibición total se logró a una concentración de 0.20 y 0.25 µl/ml (cuadro 2). En otro [38] se utilizó la segunda fase de la extracción del aceite esencial en la que se recurre a la obtención del extracto acuoso o también llamada agua floral, por medio del contacto de la planta con agua en ebullición, este procedimiento ha sido investigado y se ha comprobado de igual medida su actividad biológica; por lo que en el estudio se obtuvieron tres extractos acuosos de diferentes plantas correspondientes a, clavo (*Eugenia caryophyllata*), canela (*Cinnamomum zeylanicum*) y orégano mexicano (*Lippia berlandieri*) obtenidos mediante la técnica de hidrodestilación, contra diferentes hongos incluyendo el de *Fusarium oxysporum*, de este se concluye que el que mejor logró inhibición para los 6 hongos estudiados fue el extracto acuoso de *Lippia graveolens* con una concentración de 40 mg/L [38]. Demostrando así que los constituyentes del aceite esencial de *Lippia graveolens* representan una gran actividad biocida con pocas concentraciones y con métodos fáciles de extracción, mejorando así tanto la calidad de la planta que es afectada por el hongo, como la parte económica de quien la cultive para posterior comercialización de sus frutos.

## Discusión

La protección al medio ambiente y sus recursos se ha convertido en un tema prioritario hoy en día, es por ello que se han buscado nuevas alternativas que logren la sustitución de los agroquímicos, sustancias que contienen componentes altamente contaminantes, los cuales pueden llegar a la atmósfera y fuentes hídricas, perjudicando gravemente a los seres vivos. Una de las alternativas más viables, sostenibles, natural y de fácil aplicación es el uso de aceites esenciales, los cuales son extractos que provienen de diferentes partes de plantas (tallo, flor y hojas), que contienen múltiples componentes capaces de actuar como biocidas. Una de las familias de plantas más estudiadas por su gran cantidad de beneficios es la familia Verbenaceae la cual está constituida por más de 175 géneros y 2.800 especies [40], entre la que se encuentra *Lippia graveolens*, la cual es reconocida por eliminar diferentes fitopatógenos que afectan un sin número de plantas a nivel mundial, debido a su potencial antifúngico, antibacteriano y antivirico, pues sus componentes tienen la capacidad de inhibirlos debido a la variedad de alcoholes que la componen, entre los que se encuentra de manera más representativa el timol en un 40 % a 60% y el carvacrol de un 5% a un 25%, sabiendo que esta variación depende principalmente de los componentes del suelo donde se cultiven [41]. Teniendo en cuenta lo anterior se han realizado diversas investigaciones donde se comprueba la acción de *Lippia graveolens* contra múltiples fitopatógenos como en el caso del hongo *Fusarium oxysporum*, principal causal de la marchitez vascular en plantas de importancia agronómica, pues se sabe que este es un hongo que puede sobrevivir sin necesidad de un huésped primario, atribuyéndole una mejor sobrevivencia [39], en estos estudios se refleja que con pocas concentraciones del aceite esencial se logra un efecto inhibitorio del 100% del hongo *Fusarium oxysporum* a una concentración de 0.20µl/ml, pudiendo ver además que con técnicas sencillas como la hidrodestilación, se logra recuperar componentes biológicamente activos, que actúan como biocidas a una concentración de 40 mg/L, eliminando en el mismo porcentaje a este patógeno. Teniendo en cuenta lo anterior es importante realizar estudios, que indiquen la correcta implementación de este aceite esencial, para el almacenamiento y conservación de las cosechas de papa, tomate, berenjena y otras más pertenecientes a las plantas de la familia Solanaceae, pues son estas las de mayor importancia, ya que representan 75% de los alimentos del planeta [42].

## Conclusiones

La gran variedad de compuestos químicos que conforman los aceites esenciales de diversas plantas, hacen de su uso una alternativa llamativa, viable y de fácil implementación, es por tanto que en la presente revisión se ha demostrado que los compuestos fenólicos que contiene el aceite esencial de *Lippia graveolens*, hacen de esta planta una gran aliada para combatir y tratar enfermedades causadas por diferentes agentes patológicos, como en el caso del hongo filamentoso *Fusarium oxysporum*, el cual afecta el proceso de cosecha. Por otro lado, el cultivo de *Lippia graveolens* se puede realizar de manera muy fácil, por lo que el campesino podría implementar su crecimiento, para aprovechar sus múltiples beneficios. Es importante por tanto seguir encaminando las investigaciones hacia el mundo de la biorremediación y posibles sinergias entre plantas que puedan mejorar y potencializar sus efectos.

## Referencias

- [1] Heredia-Ortíz, C. Y., Orozco-Guerrero, M. L., Rubiano, C. P., & G, D. A. M. (2019). Actividad antibacteriana de extractos alcohólicos de hojas de *Solanum dolichosepalum* (Bitter). *Informador Técnico*, 83(2), 121-130. <https://doi.org/10.23850/22565035.2061>
- [2] Resources | Free Full-Text | Biodiversity of Food Species of the Solanaceae Family: A Preliminary Taxonomic Inventory of Subfamily Solanoideae. (s. f.). Recuperado 23 de agosto de 2021, de <https://www.mdpi.com/2079-9276/4/2/277>
- [3] Palchetti, M. V. Cantero, J. J., Barboza, G. E. (2020). Solanaceae diversity in South America and its distribution in Argentina. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 92. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020190017>
- [4] Vorontsova, M. S., & Knapp, S. (2012). A new species of *Solanum* (Solanaceae) from South Africa related to the cultivated eggplant. *PhytoKeys*, 8, 1. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.8.2462>
- [5] Ganaie, M. M., Reshi, Z. A., Verma, V., & Raja, V. (2018). Family Solanaceae: Taxonomy and modern trends. *Annals of Plant Sciences*, 7(9), 2403-2414. <https://doi.org/10.21746/aps.2018.7.9.1>
- [6] Riqueza y distribución de la familia Solanaceae en el estado de Aguascalientes, México. (s. f.). Recuperado 8 de abril de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-42982015000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-42982015000100009)
- [7] Afroz, M., Akter, S., Ahmed, A., Rouf, R., Shilpi, J. A., Tiralongo, E., Sarker, S. D., Göransson, U., & Uddin, S. J. (2020). Ethnobotany and Antimicrobial Peptides From Plants of the Solanaceae Family: An Update and Future Prospects. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 565. <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00565>
- [8] Pollen morphology of family Solanaceae and its taxonomic significance. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2021, de <https://www.scielo.br/j/aabc/a/XvScGrPRTLsWpD6XM8gmYDQ/?lang=en>
- [9] González, P., & González, P. (2020). Variación morfológica de estructuras reproductivas de las Solanaceae en el Parque Nacional Yanachaga-Chemillen (Perú). *Arnaldoa*, 27(2), 427-458. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.272.27203>
- [10] Villa-Martínez, A., Pérez-Leal, R., Morales-Morales, H. A., Basurto-Sotelo, M., Soto-Parra, J. M., Martínez-Escudero, E. (2015). Situación actual en el control de *Fusarium* spp. Y evaluación de la actividad antifúngica de extractos vegetales. *Acta Agronómica*, 64(2), 194-205.
- [11] Hawkins, N. J., Bass, C., Dixon, A., & Neve, P. (2019). The evolutionary origins of pesticide resistance. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 94(1), 135-155. <https://doi.org/10.1111/brv.12440>
- [12] Retana, K., Ramírez-Coché, J. A., Castro, O., Blanco-Meneses, M., Retana, K., Ramírez-Coché, J. A., Castro, O., & Blanco-Meneses, M. (2018). Caracterización morfológica y molecular de *Fusarium oxysporum* F. SP. Apii asociado a la marchitez del apio en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 42(1), 115-126. <https://doi.org/10.15517/rac.v42i1.32199>
- [13] Forero-Reyes, C. M., Alvarado-Fernández, A. M., Ceballos-Rojas, A. M., González - Carmona, L. C., Linares-Linares, M. Y., Castañeda-Salazar, R., Pulido-Villamarín, A., Góngora-Medina, M. E., Cortés-Vecino, J. A., & Rodríguez-Bocanegra, M. X. (2018). Evaluación de la capacidad patogénica de *Fusarium* spp. En modelo vegetal y murino. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(1), 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.11.009>
- [14] Carmona, S. L., Burbano-David, D., Gómez, M. R., Lopez, W., Ceballos, N., Castaño-Zapata, J., Simbaqueba, J., & Soto-Suárez, M. (2020). Characterization of Pathogenic and Nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Isolates Associated with Commercial Tomato Crops in the Andean Region of Colombia. *Pathogens*, 9(1), 70. <https://doi.org/10.3390/pathogens9010070>
- [15] Srinivas, C., Nirmala Devi, D., Narasimha Murthy, K., Mohan, C. D., Lakshmeesha, T. R., Singh, B., Kalagatur, N. K., Niranjana, S. R., Hashem, A., Alqarawi, A. A., Tabassum, B., Abd Allah, E. F., Chandra Nayaka, S., & Srivastava, R. K. (2019). *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity– A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1315-1324. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.06.002>
- [16] Perincherry, L., Lalak-Kańczugowska, J., & Stępień, Ł. (2019). *Fusarium*-Produced Mycotoxins in Plant-Pathogen Interactions. *Toxins*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/toxins11110664>
- [17] Snyder, W. C., Hansen, H. N. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (sacc.) w.c. Snyder & h.n. Hansen]: una revisión. 12.
- [18] Poletto, T., Muniz, M. F. B., Fantinel, V. S., Harakava, R., Rolim, J. M., Poletto, T., Muniz, M. F. B., Fantinel, V. S., Harakava, R., & Rolim, J. M. (2020). Characterization and Pathogenicity of *Fusarium oxysporum* Associated with *Carya illinoensis* Seedlings. *Floresta e Ambiente*, 27(2). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.108917>

- [19] Hernández Amasifuen, A. D., Pineda Lázaro, A. J., & Noriega-Córdova, H. W. (2019). Aislamiento e identificación de *Fusarium oxysporum* obtenidos de zonas productoras de «ají paprika» *Capsicum annum* L. (Solanaceae) en el distrito de Barranca, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 689-698. <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26211>
- [20] Duarte-Alvarado, D., Lagos-Burbano, T. C., Lagos-Santander, L. K., Benavides-Cardona, C. A., Duarte-Alvarado, D., Lagos-Burbano, T. C., Lagos-Santander, L. K., & Benavides-Cardona, C. A. (2021). Evaluation of resistance to *Fusarium oxysporum* in genotypes of lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(2), 9603-9614. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n2.90447>
- [21] Manejo integrado del mal de Panamá [*Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. Sp. Cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: Una revisión | *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. (s. f.). Recuperado 24 de agosto de 2021, de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1240>
- [22] Ramu, V., Venkatarangiah, K., Krishnappa, P., Shimoga Rajanna, S. K., Deeplanaik, N., Chandra Pal, A., & Kini, K. R. (2016). Identification of Biomarkers for Resistance to *Fusarium oxysporum* f. Sp. Cubense Infection and in Silico Studies in *Musa paradisica* Cultivar Puttabale through Proteomic Approach. *Proteomes*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.3390/proteomes4010009>
- [23] Tapiero, A. L. (1999). Resistencia duradera de plantas a las enfermedades. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 3(1), 36-40.
- [24] Gerardo, R., Quezada F. H., Lara M., Medina T., Pérez L. M., (2011). Parámetros ambientales y abundancia del orégano. [online] *Redalyc.org*. Available at: <<https://www.redalyc.org/pdf/4419/441942925008.pdf>> (16 de marzo de 2021).
- [25] Villada, L. A. G. (2018). Aceites esenciales: un mercado potencial para el aprovechamiento de la biodiversidad colombiana. *Ingeniería y Sociedad*, 13 (2018), 22-28.
- [26] Soto-Domínguez, A., García-Garza, R., Ramírez-Casas, Y., Morán-Martínez, J., Serrano-Gallardo, L. B. (2012). El Extracto Acuoso de Orégano (*Lippia graveolens* HBK) del Norte de México Tiene Actividad Antioxidante sin Mostrar un Efecto Tóxico in vitro e in vivo. *International Journal of Morphology*, 30(3), 937-944. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022012000300029>
- [27] Ortega-Nieblas, Ma. M., Robles-Burgueño, Ma. R., Acedo-Félix, E., González-León, A., Morales-Trejo, A., Vázquez-Moreno, L. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of oregano(*Lippia palmeri* S. WATS) ESSENTIAL OIL. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 34(1), 11. <https://doi.org/10.35196/rfm.2011.1.11>.
- [28] Lopez, L.-R. (2018). Efecto antifúngico de emulsiones a base de aceite esencial de orégano mexicano (*Lippia graveolens*), contra *Candida albicans*. 4. <https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2018/sj181g.pdf>
- [29] Puente, E. O. R., Bracamontes, J. J. J., López, I. G. R., & Peña, R. J. H. (2018). Evaluación de la actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de orégano y tomillo contra «*Ralstonia solanacearum*». *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, Extra 20, 4251-4261.
- [30] Hyldgaard, Morten, Tina Mygind, y Rikke Louise Meyer. 2012. «Essential Oils in Food Preservation: Mode of Action, Synergies, and Interactions with Food Matrix Components». *Frontiers in Microbiology* 3. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3265747/> (16 de marzo de 2021).
- [31] Sofía, B., Cecilia, D., Roberto, R., Sofía, B., Cecilia, D., Roberto, R. (2015). Evaluation of thymol to antifungic control on paint films. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 20(3), 699-704. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620150003.0073>
- [32] Arriola, V. A. (s. f.)Variación en la composición química del aceite esencial de *Lippia graveolens*, en poblaciones silvestres de Yucatán, y su relación con factores edafoclimáticos.. 77
- [33] Peschiutta, M. L., Arena, J. S., Ramirez Sanchez, A., Gomez Torres, E., Pizzolitto, R. P., Merlo, C., Zunino, M. P., Omarini, A. B., Dambolena, J. S., & Zygodlo, J. A. (2016). Effectiveness of Mexican oregano essential oil from the Dominican Republic (*Lippia graveolens*) against maize pests (*Sitophilus zeamais* and *Fusarium verticillioides*). *Agriscientia*, 33(2), 89-97. artículo sobre un estudio de lipia graveols [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/24334/CONICET\\_Digital\\_Nro.c288cc30-1cdd-419f-bc40-70f7671e2f1e\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/24334/CONICET_Digital_Nro.c288cc30-1cdd-419f-bc40-70f7671e2f1e_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- [34] Estrada Cano, C., Anaya Castro, M. A., Castellanos, L. M., Antonio Garcia Triana, N. A. O., & Ochoa, L. H. (2017). Antifungal Activity of Microcapsulated Clove (*Eugenia caryophyllata*) and Mexican Oregano (*Lippia berlandieri*) Essential Oils against *Fusarium oxysporum*. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 09(01). <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000342>
- [35] Rodriguez-Garcia, I., Cruz-Valenzuela, M. R., Silva-Espinoza, B. A., Gonzalez-Aguilar, G. A., Moctezuma, E., Gutierrez-Pacheco, M. M., Tapia-Rodriguez, M. R., Ortega-Ramirez, L. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2016). Oregano (*Lippia graveolens*) essential oil added within pectin edible coatings prevents fungal decay and increases the antioxidant capacity of treated tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3772-3778. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7568>

- [36] Perczak, A., Gwiazdowska, D., Gwiazdowski, R., Juś, K., Marchwińska, K., & Waśkiewicz, A. (2019). The Inhibitory Potential of Selected Essential Oils on *Fusarium* spp. Growth and Mycotoxins Biosynthesis in Maize Seeds. *Pathogens*, 9(1), 23. <https://doi.org/10.3390/pathogens9010023>
- [37] Tucuch-Perez, M. A., Arredondo-Valdes, R., & Hernandez-Castillo, F. D. (2020). Antifungal activity of phytochemical compounds of extracts from Mexican semi-desert plants against *Fusarium oxysporum* from tomato by microdilution in plate method. *Nova Scientia*, 12(25), Article 25. <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2345>
- [38] Cáceres Rueda de León, I., Colorado Vargas, R., Salas Muñoz, E., Muñoz Castellanos, L. N., & Hernández Ochoa, L. (2013). Actividad Antifúngica in vitro de Extractos Acuáticos de Especies contra *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Geotrichum candidum*, *Trichoderma* spp., *Penicillium digitatum* y *Aspergillus niger*. *Revista mexicana de fitopatología*, 31(2), 105-112.
- [39] Cueto-Wong, M. C., Rivas-Morales, C., Alanís-Guzmán, M. G., Oranday-Cárdenas, A., Amaya-Guerra, C. A., Núñez-González, A., Samaniego-Gaxiola, J. A., & Cano-Ríos, P. (2010). Antifungal properties of essential oil of mexican oregano (*Lippia berlandieri*) against *Fusarium oxysporum* f. Sp. *Lycopersici*. *Revista Mexicana de Micología*, 31, 29-35.
- [40] Acero-Godoy, J., Guzmán-Hernández, T., Muñoz-Ruíz, C. (2019). Revisión documental de uso de los aceites esenciales obtenidos de *Lippia alba* (Verbenaceae), como alternativa antibacteriana y antifúngica. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(1), 3-11. <https://doi.org/10.8845/tm.v32.i1.4114>
- [41] Dita, M., Barquero, M., Heck, D., Mizubuti, ESG y Staver, CP (2018). Marchitez por *Fusarium* del banano: conocimientos actuales sobre epidemiología y necesidades de investigación para el manejo sostenible de enfermedades. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1468. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01468>
- [42] Shaaban, H., & El-Ghorab, A. (2012). Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components: Review. *Journal of Essential Oil Research*, Vol. 24, 203-212. <https://doi.org/10.1080/10412905.2012.659528>