



**Efectividad de los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* (Tomillo) y *Origanum vulgare* subsp.*Hirtum* (Orégano griego) probados contra *Ralstonia solanacearum* fitopatógeno del cultivo de *Solanum lycopersicum* (Tomate).**

*Effectiveness of essential oils of *Thymus vulgaris* (Thyme) and *Origanum vulgare* subsp.*Hirtum* (Greek Oregano) tested against *Ralstonia solanacearum* phytopathogen of the crop *Solanum lycopersicum* (Tomato).*

Erika Amaya Rodríguez

Estudiante de Bacteriología y Laboratorio Clínico

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

[eamayar@unicolmayor.edu.co](mailto:eamayar@unicolmayor.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0002-5534-1756>

Colombia

Paula Andrea Sastoque Rey

Estudiante de Bacteriología y Laboratorio Clínico

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

[psastoque@unicolmayor.edu.co](mailto:psastoque@unicolmayor.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0002-3216-032>

Colombia

Jovanna Acero Godoy

Candidata a Doctora en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE).

Universidad Nacional, Costa Rica

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

[jacerog@unicolmayor.edu.co](mailto:jacerog@unicolmayor.edu.co)

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

Colombia

## Resumen

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) presenta una serie de fitopatógenos que invaden tejidos vasculares como lo es *Ralstonia solanacearum*, bacteria causante del marchitamiento en estos cultivos. Los aceites esenciales, son compuestos orgánicos vegetales que tienen principios volátiles en donde generalmente son modificados cuando ocurre su proceso de extracción, su composición química de fenoles, terpenos y monoterpenos les confiere capacidades antioxidantes y antimicrobianas. Según estudios *in vitro*, los AE obtenidos de las plantas *Thymus vulgaris* (tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (orégano griego) podrían llegar a ser una alternativa de manejo y erradicación de la enfermedad de marchitez bacteriana, ya que demostraron un mejor efecto inhibitorio que los antibióticos tradicionalmente utilizados en el control de plagas como la Estreptomicina y Ampicilina, sin embargo, sugieren estudios de fitotoxicidad para evaluar si estas concentraciones afectan o no el desarrollo adecuado de la planta. Esta revisión bibliográfica presenta una alternativa sostenible con el medio ambiente a través de los Aceites Esenciales (AE) para así disminuir el impacto de fitoquímicos evidenciando el biocontrol de la bacteria. Adicionalmente se propone el uso de los AE como ayuda para el manejo y erradicación de la marchitez bacteriana causada por *R. solanacearum*.

**Palabras claves:** Plantas; Compuestos volátiles; Microorganismo; Afectación; Marchitez.

## Abstract

The tomato crop (*Solanum lycopersicum*) presents a series of phytopathogens that invade vascular tissues such as *Ralstonia solanacearum*, a bacterium that causes wilting in these crops. Essential oils are organic plant compounds with volatile principles that are generally modified during the extraction process. Their chemical composition of phenols, terpenes and monoterpenes gives them antioxidant and antimicrobial properties. According to *in vitro* studies, EO obtained from the plants *Thymus vulgaris* (thyme) and *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (greek oregano) could become an alternative for the management and eradication of bacterial wilt disease, since they proved to have a better inhibitory effect than antibiotics traditionally used in pest control such as Streptomycin and Ampicillin; however, phytotoxicity studies are suggested to evaluate whether or not these concentrations affect the adequate development of the plant. This bibliographic review presents an environmentally sustainable alternative through the use of Essential Oils (EO) to reduce the impact of phytochemicals, evidencing the biocontrol of bacteria. Additionally, the use of EO is proposed as an aid for the management and eradication of bacterial wilt caused by *R. solanacearum*.

**Keywords:** Plants; Volatile compounds; Microorganism; Affectation; Wilt.

## Introducción

A lo largo de la historia del mundo, el hombre ha encontrado la manera de sacar provecho de los recursos naturales, especialmente de las plantas, ya que en ellas ha encontrado abrigo, alimento, medicina natural, entre otros muchos beneficios. Existen diferentes plagas y enfermedades en plantas que pueden representar serias repercusiones para la producción de los alimentos, el caso de la marchitez bacteriana del tomate *Solanum lycopersicum* L., en donde la planta es colonizada a través de su xilema por la bacteria fitopatógena *Ralstonia solanacearum* (Smith) Yabuuchi, lo que genera que la planta se infecte poco a poco, mostrando disminución de su crecimiento, amarillamiento y marchitamiento de repente causando así la muerte de la planta de una manera rápida (Pérez, 2015).

Además de la fitopatología que acarrea esta situación, se ve comprometido el factor económico debido a las pérdidas de los cultivos. *S. lycopersicum* es un cultivo de importancia económica para Colombia (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Se hace énfasis en la importancia del control fitosanitario para la protección de estos cultivos,



promoviendo la inclusión de metodologías alternas al uso de químicos no sintéticos, como lo son la implementación de aceites esenciales.

En Colombia, la producción de hortalizas se conforma por más o menos de 30 diferentes tipos de cultivos, de los cuales, la mayor área de cosecha es para cebolla de bulbo, zanahoria, arveja, tomate y cebolla de rama. En el caso específico del tomate hay un mayor volumen de producción en su cultivo, dado su mayor rendimiento para la producción de tomate bajo cubierta (invernadero) (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Colombia exporta anualmente el 29% de la cosecha de tomate; para 2016 exportó 275 toneladas netas, para 2018 un total de 582 toneladas netas y en 2019 exportó 650 toneladas netas, por lo que se puede observar un aumento anual en la cantidad de tomate que exporta el país (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Lo anterior muestra la importancia económica de estos cultivos y, por ende, su cuidado y protección ante patógenos como *R. solanacearum*.

Las plantas se presentan al mundo como ayudantes en el tratamiento de diversas enfermedades de humanos, plantas y animales, actualmente estudios *in vitro* han demostrado la capacidad que tienen los aceites esenciales (AE) frente a algunos microorganismos. Además, estos estudios demuestran que los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* L. (tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Link) Ietsw. (orégano griego) pueden inhibir el crecimiento de diferentes microorganismos fitopatógenos, entre ellos *R. solanacearum*, dado que su composición que les confiere propiedades antimicrobianas (Rueda *et al.*, 2018).

Entre los componentes de los AE se encuentran diferentes compuestos fenólicos como el carvacrol, timol, compuestos terpénicos como  $\alpha$ -Pinoeno, linalool, o- $\beta$ -Cariofileno y monoterpenos como p-Cimeno. La diversidad química de los aceites esenciales permite que tengan actividades antimicrobianas, antioxidantes y biológicas, cuya composición química afecta directamente sus actividades, dando la oportunidad de su aprovechamiento a través de su uso como biocontrol de plagas, específicamente de *R. solanacearum*.

Hoy en día, gracias al creciente interés que se ha venido dando al uso de los extractos naturales, propiedades antioxidantes como la de las plantas de tomillo y el orégano, que son utilizados en la industria alimenticia por su alta actividad antimicrobiana, se presentan como una opción natural prometedora para disminuir el uso indiscriminado de productos químicos en los alimentos. De manera semejante se propone el uso de AE como una opción no tóxica, alterna a químicos no sintéticos, que no se ha demostrado que cause daño al ambiente, ni a la salud. También podría llegar a usarse en la prevención y el tratamiento de enfermedades producidas por compuestos sintéticos. Cabe mencionar que la composición química de los AE puede encontrarse afectada por diversos factores tales como el medio ambiente, la procedencia de la planta y también el método de extracción empleado (Acevedo *et al.*, 2013).

En este contexto, esta revisión pretende mostrar la eficacia que presentan los dos AE procedentes de plantas comunes como lo son el tomillo (*Thymus vulgaris*) y el orégano (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum*) frente a microorganismos fitopatógenos como *Ralstonia solanacearum* que afecta los cultivos de tomate.

## Metodología

Se llevó a cabo una revisión de bases científicas y fuentes de información de bases de datos como Scopus, ScienceDirect, SciELO y NCBI, con una revisión total de 33 artículos para conocer la efectividad de los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* (tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (orégano griego), probados contra *Ralstonia solanacearum*, fitopatógeno del cultivo de *Solanum lycopersicum* (Tomate).

## Resultados

### Tomate (*Solanum lycopersicum*)

Es una planta herbácea cuyo nombre común en Colombia es Tomate. Pertenece a la Familia Solanaceae y al género *Solanum* (Pérez, 2015). Es una planta nativa de América del Sur y actualmente su cultivo se ha extendido por todo el mundo, siendo China, Estados Unidos, Turquía y Egipto los principales países productores de esta hortaliza.

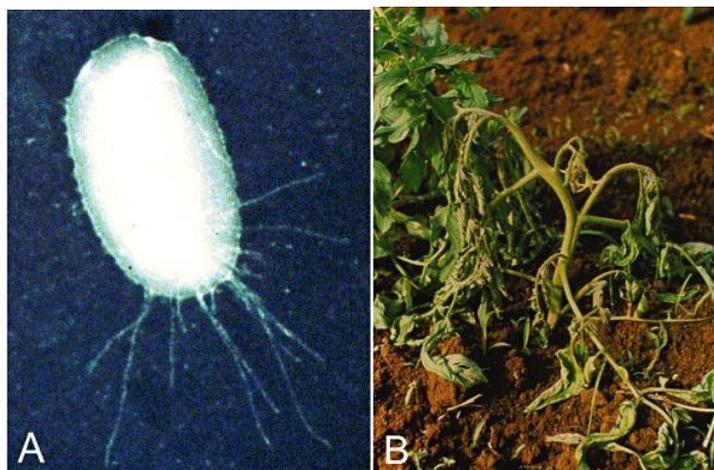
El tomate se cultiva tanto en climas cálidos como templados, con una temperatura ideal para su crecimiento entre los 21°C y 24°C; las temperaturas diferentes a las requeridas pueden interrumpir su desarrollo, lo cual provoca un insuficiente amarre del fruto o un aborto de flores. Para una correcta maduración del fruto, la planta necesita una temperatura de entre 18°C a 24° C. Para alcanzar una buena pigmentación rojiza del tomate el rango apropiado de temperatura debe ser de 22°C a 28° C. Requiere de luz entre 8 y 16 horas diarias, la humedad relativa necesaria para su cultivo oscila entre 65-70%, favoreciendo así el proceso normal de la polinización, garantizando así buena productividad (Pérez, 2015).

Para cultivar tomate se necesitan suelos de media a mucha fertilidad, profundos y bien drenados, pudiendo ser franco-arenosos, arcillo-arenosos y orgánicos. El pH del suelo preferiblemente debe estar dentro de un rango de 5.9-6.5, para tener el mejor aprovechamiento de los fertilizantes que se apliquen (Pérez, 2015).

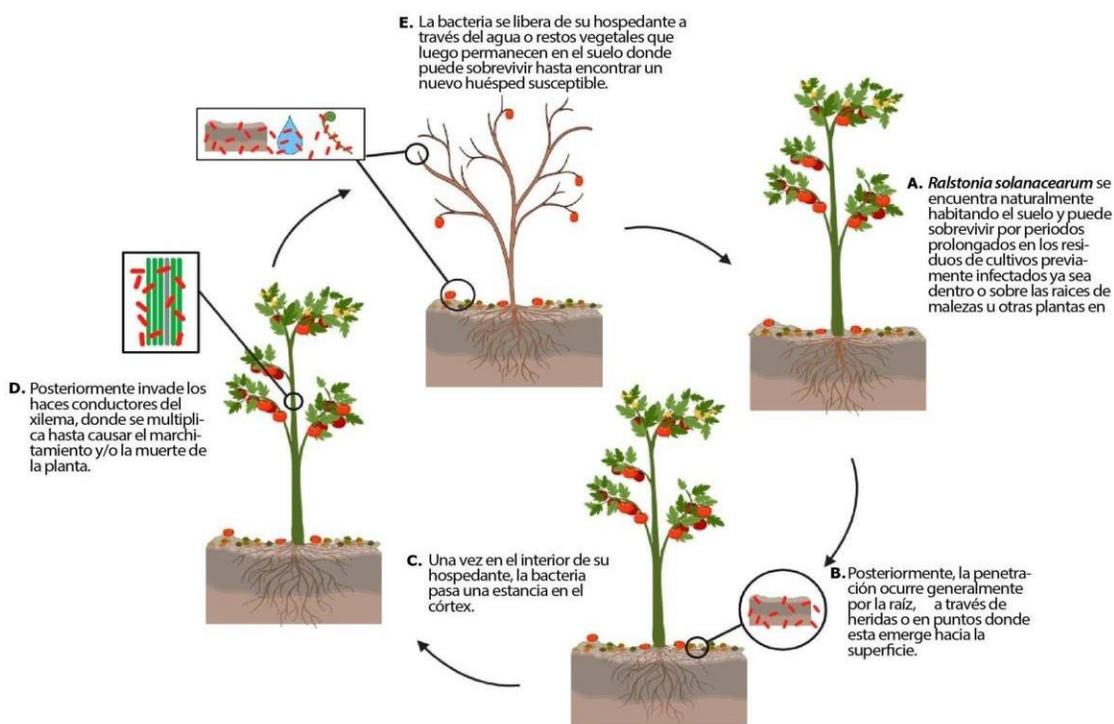
### Problemática de *Ralstonia solanacearum*

*Ralstonia solanacearum* es un microorganismo gramnegativo, estrictamente aerobio, crece a una temperatura óptima de 28°C, su patogenicidad se basa en infectar y obstruir el xilema de las plantas, haciendo que su hospedador presente una sintomatología como el marchitamiento, achaparramiento y amarillamiento del follaje (en algunas ocasiones puede no presentar síntomas), además, es característica la aparición de exudados pegajosos de color blanco lechoso en las plantas de tomate. Cabe destacar que la bacteria *R. solanacearum* se disemina a través del suelo y aguas contaminadas, formando allí un reservorio que facilita la infección de las plantas a través de las raíces (Pérez, 2015) (**figura 1 y 2**).





**Figura 1.** *Ralstonia solanacearum*. A) Fotografía (Fuente: J. Vasse) y B) Tomate con síntomas de marchitez por afectación de *R. solanacearum* (Fuente: Mansfield *et al.*, 2012)



**Figura 2.** Ciclo de vida de *Ralstonia solanacearum* en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). Fuente: elaboración propia

*R. solanacearum* se encuentra entre los 10 patógenos bacterianos de importancia científica y económica en patología vegetal molecular (Mansfield *et al.*, 2012). Dicha importancia se da porque tiene una gama de huéspedes muy amplia, con diversos cultivos afectados que varían desde la papa, el tomate y el banano. Se considera uno de los

microorganismos fitopatógenos más destructivos del mundo, la razón de esto es porque la especie *R. solanacearum* se compone por un grupo muy grande de cepas que varían en su origen geográfico, rango de hospedadores y comportamiento patógeno (Mansfield *et al.*, 2012).

La diversidad genética de *R. solanacearum* se presenta como una especie heterogénea subdividida en 5 razas (R1, R2, R3, R4 y R5) en base a su rango de hospederos y en seis biovares según su actividad metabólica (Bv1, Bv2, Bv3, Bv4, Bv5 y Bv6). Las cepas que comúnmente afectan al tomate integran a la raza 1 (Bv1, Bv3 y Bv4) y a la raza 3 (Bv2 y Bv2 Tropical (Bv2T)) (Perea *et al.*, 2011).

La distribución geográfica de R1 se da principalmente en las tierras bajas de los trópicos y subtrópicos, como Asia, Australia y América, zonas con una alta temperatura óptima de 35 °C; en cuanto a la R3, se encuentra presente en altitudes mayores en los trópicos y subtrópicos y algunas zonas templadas, con baja temperatura óptima de 27°C; la actividad humana proporcionó medios para su distribución mundial, principalmente debido a importación de material contaminado con *R. solanacearum* (Oliveira, 2013).

Existen dos genomas de referencia encontrados en GenBank para *Ralstonia solanacearum* ASM158715v1, Tipo Chr y Tipo Plsm, cuyas secuencias de referencia son NZ\_CP012943.1 y NZ\_CP012944.1, respectivamente (GenBank, 2021).

Esta enfermedad de marchitez ha sido reportada desde 1882 en Italia y en América Latina desde 1965 (López *et al.*, 2016). El diagnóstico de la marchitez bacteriana se puede realizar con dos simples pruebas de campo, la primer prueba se basa en la observación de la presencia de un exudado pegajoso y lechoso, el otro diagnóstico es a través de la “prueba del flujo bacteriano” o “hilo de exudado bacteriano” (López *et al.*, 2016).

El trabajo para la mejora de la calidad en la producción de los cultivos de tomate para que la planta crezca en buenas condiciones y se pueda satisfacer su demanda, está basado en el control físico, químico y biológico de las distintas amenazas para el cultivo, siendo una de las principales amenazas la enfermedad de marchitez causada por *R. solanacearum*. Por ello, alternativas como el uso de aceites esenciales se vuelven mecanismos importantes para incrementar el rendimiento de los cultivos de *S. lycopersicum*, otorgándole la capacidad a las plantas de repeler plagas a través de la inhibición del crecimiento bacteriano.

### **Control de la marchitez bacteriana del tomate**

Al usar sustancias químicas sintéticas como control químico de enfermedades en plantas, estas ejercen actividades biocidas, con el fin de eliminar o chequear los diferentes patógenos que pueden afectar los cultivos, esta técnica es basada en emplear fungicidas y en menor escala bactericidas y nematocidas, como resultado tendríamos productos tóxicos que pueden durar en el ambiente por varios años.

Otro tipo de control químico que se ha venido realizando en la agricultura es el uso de hipoclorito de sodio (NaClO), el cual resulta ser un compuesto químico inorgánico básico y alcalino (pH más o menos de 11), es usado para el control fitosanitario dado que ayuda a



desinfectar diferentes elementos como invernaderos, (tijeras de podar, navajas, bandejas de siembra, etc.) y variedades de tipo vegetativo (tubérculos, semillas, cormos). También se emplea para eliminar microorganismos fitopatógenos existentes en el agua de riego. Investigaciones mostraron que al estar en contacto de 5 min con 2.4 mg/L de cloro libre en el agua de riego se pueden eliminar todos los hongos y oomicetos. Se estima que el uso de este agente químico (producto biocida) afecta la fauna benéfica del suelo (López *et al.*, 2016).

Entre las publicaciones revisadas, encontramos métodos para tratar el suelo como esterilizantes y sustratos, siendo estrategias recomendadas para el control de la marchitez bacteriana. La fumigación es altamente efectiva para exterminar poblaciones bacterianas y otros microorganismos de las superficies. Los compuestos usados para ello incluyen al bromuro de metilo, el dazomet (basamid), el dicloropropeno (telone) y otros productos a base de isotiocianato (Ortega, 2015).

En el control biológico se emplean organismos vivos para disminuir la densidad de la población de otros microorganismos, esta técnica ha surgido como una alternativa prometedora. También, otros estudios han demostrado que el uso de *Streptomyces* sp. es efectivo en el control de la marchitez en papa (*Solanum tuberosum* L.), en plátano (*Musa* spp.) y en tomate (*S. lycopersicum*). Los experimentos utilizando hongos ectomicorrízicos también sugieren otra forma de control biológico de la enfermedad (Remache, 2018).

Son pocos los mecanismos para bio-control de plagas que no repercuten negativamente en el medio ambiente, dentro de estos se encuentran los aceites esenciales, los cuales en la actualidad toman fuerza en el mercado de bio-plaguicidas. La mayor propiedad relacionada con el uso de aceites esenciales es su modo de acción, ya que disrumpe la bicapa lipídica de las células, por lo que algunos AE tienen modos de acción específicos que los convierten en buenos sinergistas (Lugo *et al.*, 2017).

## **Plantas promisorias para la obtención de Aceites Esenciales**

### ***Thymus vulgaris* L. (tomillo)**

El tomillo pertenece a la familia Lamiaceae y al género *Thymus*. La especie corresponde a *Thymus vulgaris* L. (Solís, 2011). Es una planta aromática, leñosa, tiene muchas formas, de 10 a 40 cm de altura, cuando se encuentran en sitios protegidos pueden alcanzar el medio metro. Posee muchas ramas, leñosas, compactas, de color parduzco o blanco aterciopelado. De su constitución química se resaltan el aceite esencial y los flavonoides. En cuanto al aceite esencial está constituido fundamentalmente por fenoles monoterpénicos, como timol, carvacrol, p-cimeno,  $\gamma$ -terpineno, limoneno, borneol y linalol. Por su parte, los flavonoides, tales como la luteolina, apigenina, naringenina, eriodictol, cirsilineol, salvigenina, crisimaritina, timonina y timusina, entre otros (Solís, 2011).

Existe un riesgo muy bajo en el desarrollo de resistencia a los antimicrobianos, gracias a que el aceite esencial es un conservante natural fijo para los alimentos, ya que las mezclas de diferentes compuestos que tiene el aceite vegetal generan mecanismos de actividades antimicrobianas (Mandal *et al.*, 2016).



### ***Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (orégano)**

El orégano pertenece a la familia Lamiaceae y subfamilia Nepetoideae, su género es *Origanum*, la especie *Origanum vulgare* y la subespecie *O. vulgare* subsp. *hirtum* (Solís, 2011). El Orégano es un vegetal herbáceo y aromático. En cuanto a sus hojas tanto las secas como las frescas se han venido empleando como condimento en diferentes recetas culinarias ya que da un excelente sabor a las comidas. El orégano tiene beneficios para la salud humana, y puede ayudar además a sustituir varios aditivos sintéticos de los alimentos, debido a que contiene aceites esenciales que ayudan a disminuir este uso (Acevedo *et al.*, 2013).

Los compuestos que en mayor proporción se encuentran en *O. vulgare* subsp. *hirtum* son el carvacrol, timol, p-cimeno y  $\gamma$ -terpineno, pero existen estudios realizados por cromatografía de gases/espectrometría de masas, en donde han identificado de 16 a 56 compuestos diferentes. Esta subespecie es la más estudiada, debido a su relación en la composición y calidad del aceite esencial, el cual tiene un significativo valor comercial. El rendimiento del aceite esencial en la hoja seca varía entre 2% y 6%, afectándose por la altitud del lugar de cultivo y por la época de recolección, sabiendo que en la época de otoño es más bajo (Solís, 2011).

### **Aceites esenciales**

Los aceites esenciales son productos derivados agroindustriales, con un alto valor agregado, cuya característica especial es dada por su olor intenso y peculiar para cada aceite, esta condición depende del tipo de planta usada para la extracción y de la composición química de esta. Los AE son líquidos de naturaleza aceitosa, volátil, aromática, que se consiguen de diferentes partes de las plantas, particularmente de hojas y flores. Son el resultado del metabolismo secundario de la planta, el cual le sirve de protección contra microorganismos patógenos dada su capacidad para resistir insectos plaga y aminorar el apetito de algunos herbívoros al conferir un sabor desagradable a la planta (Stashenko, 2018).

De acuerdo con la especie, se estima que un aceite esencial puede contener entre 50 a 300 compuestos químicos, los cuales pertenecen a los grupos de hidrocarburos terpénicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides, entre otros (Stashenko, 2009). Los aceites han demostrado tener características insecticidas, antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas y antivirales. Géneros diversos tales como: *Origanum* (orégano), *Thymus* (tomillo), *Cinnamomum* (canela) que presentan propiedades antioxidantes, vinculadas con los compuestos fenólicos, carvacrol y el timol, generalmente son utilizados bajo ciertas condiciones como fungicidas y bactericidas induciendo una lisis rápida de la célula bacteriana (Rueda *et al.*, 2014).

El mecanismo de acción de los AE se lleva a cabo en la membrana de la célula tras interferir en la bicapa de fosfolípidos, lo que genera el aumento de su permeabilidad, ocasionando la fuga de iones y demás componentes que están dentro de la célula (Parra, 2020). Nuevas alternativas antimicrobianas se han generado gracias a la intensa investigación realizada, basadas básicamente en la explotación de los recursos naturales, en este caso se habla



de los aceites esenciales que, con el paso del tiempo, han ganado un mayor interés debido a su actividad antimicrobiana (Gucwa *et al.*, 2018).

La diversidad química de los aceites esenciales permite que estos tengan actividades antimicrobianas, antioxidantes y biológicas, dicha composición química afecta directamente sus actividades, dando la oportunidad de generar su aprovechamiento a través de su uso como biocontrol de plagas, en este caso de *R. solanacearum*. Dentro de los componentes comunes de los AE se encuentran compuestos de bajo peso molecular como hidrocarburos mono y sesquiterpénicos y compuestos oxigenados como terpenoides (Bayen *et al.*, 2020).

Los aceites de *T. vulgaris* (tomillo) y *O. vulgare* subsp. *hirtum* (Orégano griego) tienen un alto interés potencial en las industrias cosméticas, farmacéuticas y alimentarias. Se identificó que la actividad antimicrobiana de los AE depende de sus componentes químicos. También la actividad antimicrobiana está relacionada con la presencia de compuestos fenólicos como el timol e hidrocarburos terpénicos, lo que se concluye que se puede generar nuevos antisépticos naturales aplicables en la industria farmacéutica y alimentaria (Borugã *et al.*, 2014). Por otra parte, se determinó que *O. vulgare* presenta 37 compuestos en las hojas y flores, 11 en el tallo y 29 en la raíz. Se encontraron sustancias como el Carvacrol, Timol y Cariofilina que se caracterizan por su poder insecticida natural (Leyva *et al.*, 2017).

### **Composición química de los aceites esenciales *Thymus vulgaris* (tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (orégano griego)**

#### ***Thymus vulgaris* (tomillo)**

La **tabla 1** presenta las composiciones químicas de *T. vulgaris* en diferentes años. La variación presentada en la cantidad relativa del aceite en cada estudio puede deberse a la zona geográfica de la cual provenía cada planta de *T. vulgaris*. Durante el estudio del 2013, los investigadores usaron una planta proveniente del municipio de Fusagasugá (Cundinamarca-Colombia); en el estudio revisado del 2014 se menciona que *T. vulgaris* fue obtenido de la zona Andina Norte (Ecuador); para el estudio del 2018 la planta de *T. vulgaris* fue adquirida y estudiada en Budapest (Hungría) y, finalmente, en el estudio del 2020 la planta provenía de Bucaramanga (Santander-Colombia).

#### **Tabla 1.**

*Composición química del aceite esencial de Thymus vulgaris*



Compuesto	Cantidad relativa (%)	Lugar	Referencia
$\alpha$ - Pineno	29	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
	3.2	Ecuador	Yáñez <i>et al.</i> , 2014
	1.6	Colombia	Parra, 2020
$\alpha$ -Tujeno	0.3	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
	2.1	Colombia	Parra, 2020
Canfeno	4.9	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
	1.3	Colombia	Parra, 2020
Carvacrol	0.78	Ecuador	Yáñez <i>et al.</i> , 2014
	3.1	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
	2.3	Colombia	Parra, 2020
1,8-Cineol	21.5	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
	2.0	Colombia	Parra, 2020
<i>endo</i> -Borneol	2.7	Colombia	Parra, 2020
Geranilato de metilo	4.8	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
Linalol	0.3	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
	1.19	Ecuador	Yáñez <i>et al.</i> , 2014
	5.3	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
	5.4	Colombia	Parra, 2020
<i>o</i> -cimeno	17.9	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
Timol	32.62	Ecuador	Yáñez <i>et al.</i> , 2014
	23.2	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
	21.2	Colombia	Parra, 2020
Transcarveol	3.17	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
<i>trans</i> - $\beta$ -Cariofileno	1.6	Colombia	Coy <i>et al.</i> , 2013
	4.37	Ecuador	Yáñez <i>et al.</i> , 2014
	2.5	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
	5.3	Colombia	Parra, 2020
Óxido de Cariofileno	2.51	Ecuador	Yáñez <i>et al.</i> , 2014
	0.2	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
$\gamma$ -Terpineno	1.0	Colombia	Parra, 2020
	10.0	Hungría	Gömöri <i>et al.</i> , 2018
	10.5	Colombia	Parra, 2020

Fuente: elaboración propia

La técnica utilizada para la determinación de la composición química de *T. vulgaris* en los estudios revisados del presente artículo fue la Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas (CG-MS). Al realizar la comparación de los compuestos obtenidos en los estudios por los distintos autores, se puede observar que uno de los principales componentes fue el Carvacrol monoterpene oxigenado junto con el Timol; por su parte, el Carvacrol presentó una cantidad relativa alta, de 3.1% (Gömöri *et al.*, 2018), 2.3% (Parra, 2020) y 0.78% (Yáñez *et al.*, 2014).



El Timol presentó una cantidad relativa de 32.62% (Yáñez *et al.*, 2014), 23.2% (Gömöri *et al.*, 2018) y 21.2% (Parra, 2020); estos compuestos anteriormente mencionados presentan una actividad antibacteriana y fungicida. Por otro lado, tenemos el compuesto Linalol, que presentó una cantidad relativa de 5.4% (Parra, 2020), 5.3% (Gömöri *et al.*, 2018), 1.19% (Yáñez *et al.*, 2014) y 0.3% (Coy *et al.*, 2013), seguido del compuesto trans- $\beta$ -Cariofileno, el cual presentó una cantidad relativa de 5.3% (Parra 2020), 4.37% (Yáñez *et al.*, 2014), 2.5% (Gömöri *et al.*, 2018) y 1.6% (Coy *et al.*, 2013).

### ***Origanum vulgare subsp. hirtum* (Orégano griego)**

De acuerdo con los distintos autores, la composición del aceite esencial *O. vulgare subsp. hirtum* puede variar en la cantidad, pese a ser la misma planta en estudio, esto pudo deberse a la región geográfica de la cual obtuvieron cada una de las plantas de orégano. En el estudio de 2010 se usaron plantas provenientes de Marshall (ubicada en el condado de Lyon en el estado de Minnesota-EUA); para el estudio de 2015, la planta provino de Ermenek (ciudad y distrito de la provincia de Karaman en la región mediterránea de Turquía); durante el estudio de 2019 se usó una planta que provenía de Polonia y, finalmente, en el estudio de 2020 se usó orégano proveniente de Europa Central.

La **tabla 2** presenta la composición química del aceite esencial *O. vulgare subsp. Hirtum*, cabe resaltar que el método de extracción de los aceites esenciales realizado en todas las investigaciones fue por cromatografía de gases-detector de ionización de llama (GC-FID) y técnicas de cromatografía de gases/espectrofotometría de masas (GC/MS).

### **Tabla 2.**

*Composición química del aceite esencial de Origanum vulgare subsp. hirtum*



Compuesto	Cantidad relativa (%)	Lugar	Referencia
$\alpha$ -Humuleno	0.03	Turquía	Sarikurkcú <i>et al.</i> , 2015
	0.18	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\alpha$ -Terpineno	5.30	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\alpha$ -Terpineol	0.17	Turquía	Sarikurkcú <i>et al.</i> , 2015
	1.76	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
$\alpha$ Thujene	0.14	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	1.82	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	4.11	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\beta$ -Cariofileno	1.27	Turquía	Sarikurkcú <i>et al.</i> , 2015
	1.61	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	2.80	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\beta$ -Mirceno	0.56	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	2.22	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
Borneol	0.14	Turquía	Sarikurkcú <i>et al.</i> , 2015
	0.11	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	2.86	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\beta$ -Pinenol	0.17	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	4.01	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
Carvacrol	85.28	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	0.33	Turquía	Sarikurkcú <i>et al.</i> , 2015
	64.44	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	28.35	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\delta$ -Cadineno	0.87	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	0.37	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
Linalol	96.31	Turquía	Sarikurkcú <i>et al.</i> , 2015
	0.2	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	0.75	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
Terpinen-4-ol	0.22	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	0.34	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	3.68	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
$\gamma$ -Terpineno	1.84	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	12.18	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	28.00	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
Timol	3.01	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	4.42	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
Timol metil éter	0.79	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020
	0.14	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
para-Cymen	4.75	Colombia	Roldan <i>et al.</i> , 2010
	3.42	Polonia	Kosakowska <i>et al.</i> , 2019
	8.88	Europa Central	Węglarz <i>et al.</i> , 2020

Fuente: elaboración propia

La mayoría de los compuestos encontrados por el estudio realizado en 2010 corresponden a monoterpenos, ya sean fenoles, oxigenados o hidrocarburos, los compuestos



de especial importancia que han mostrado actividades biológicas específicas son los monoterpenos fenólicos, el carvacrol y el timol, que son especialmente abundantes en los AE de orégano y tomillo (Roldan *et al.*, 2010). De acuerdo con el estudio de 2015, se caracterizaron diez componentes en el AE de *O. vulgare* subsp. *hirtum*, que representaban el 98.97% del aceite total; los componentes más abundantes fueron el linalol (96.31%) y el  $\beta$  Cariofileno (1.27%), además se informa en dicho estudio que, anteriormente, el *O. vulgare* subsp. *hirtum* que crecía en Turquía contenía carvacrol, p-cimeno y  $\gamma$ -Terpineno como componentes principales (Sarikurkcü *et al.*, 2015).

El estudio de 2019 muestra que el carvacrol fue el componente dominante del AE (hasta un 73.85%), los monoterpenos estaban presentes en las cantidades más elevadas, con un claro predominio de los monoterpenos fenólicos (timol y carvacrol), que representaban hasta el 74.59% del aceite esencial, los hidrocarburos monoterpénicos constituían hasta el 25.23% del aceite esencial, con predominando el  $\gamma$ -terpineno, el p-cimeno y el  $\beta$ -mirceno. (Kosakowska *et al.*, 2019).

Para el estudio de 2020 el AE de *O. vulgare* subsp. *hirtum* se clasificó como quimiotipo mixto carvacrol/ $\gamma$ -terpineno, detectaron 24 constituyentes, con predominio de los hidrocarburos monoterpenos que comprenden hasta 53.43%, los monoterpenos fenólicos también estaban presentes en cantidades considerables (hasta 32.75%). Carvacrol tomó la mayor parte de esta fracción (hasta 32.02%), mientras que la parte de hidrocarburos monoterpénicos estuvo formada principalmente por  $\gamma$ -terpineno (hasta 28%) (Węglarz *et al.*, 2020).

### Actividad antibacteriana

El aceite de *T. vulgaris* (tomillo) ejerce un efecto inhibitorio contra la bacteria *R. solanacearum*, la cual, como se ha venido mencionando, tiene un impacto mundial, debido a la enfermedad de marchitez bacteriana que causa en las plantas de tomate y otras.

El poder bactericida de este AE fue medido en un estudio de 2018, mediante la técnica de difusión en agar que utilizó discos de estreptomycin y ampicilina contra *R. solanacearum* como control positivo y medio de cultivo agar dextrosa papa previamente inoculado con la cepa en estudio (aislada de tubérculos de papa). El estudio evaluó 3 diluciones (1:1, 1:5, 1:10) y se colocaron 7.5, 10 y 15  $\mu$ l de cada una de las concentraciones del aceite. Frente a los efectos inhibitorios, el estudio reveló que la dilución 1:1 con una cantidad de 15  $\mu$ l de aceite esencial de tomillo, era eficaz reduciendo el crecimiento de *R. solanacearum*, dando por sentado que su uso podría considerarse como una alternativa para el biocontrol de dicha bacteria en plantas (Rueda *et al.*, 2018).

En un ensayo preliminar se evidenció la actividad antibacteriana que presentan los AE de *O. vulgare* y *T. vulgaris* frente al microorganismo *Clostridium perfringens*, ya que han demostrado un efecto hacia las bacterias gramnegativas y grampositivas, con resultados similares a los que dan los antibióticos. Se observó la presencia de halos de inhibición comparado con el de la vancomicina, arrojando un resultado de inhibición igual o mayor al

50% con respecto al antibiótico, lo que indica que este extracto tiene una acción antibacteriana (Ardila *et al.*, 2009).

La actividad antimicrobiana del AE de *T. vulgaris* también ha sido medida de forma *in vitro* contra *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, en donde presentó un efecto inhibitorio satisfactorio contra todas las bacterias evaluadas, indicando la susceptibilidad de las bacterias al aceite esencial (Radünz *et al.*, 2020). Así mismo, otro estudio evaluó la actividad antibacteriana de *O. vulgare* subsp. *hirtum* y encontraron que este AE es eficaz para inhibir el crecimiento de bacterias grampositivas y gramnegativas con valores de concentración mínima inhibitoria (CMI) de entre 62.5 y 500 g/ml, dicha acción se le atribuyó a la presencia de una proporción significativa de carvacrol y timol como constituyentes fenólicos (Sarikurkcu *et al.*, 2015).

## Conclusiones

Es indudable que, por la falta de implementación e investigación en el campo de la agricultura en el tema de aceites esenciales, se siguen utilizando los métodos tradicionales para el control de plagas como el uso de químicos sintéticos. Partiendo del principio de sostenibilidad ambiental se propone una agricultura amigable con el planeta, a través de la implementación alternativa del biocontrol de la enfermedad de la marchitez bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* mediante el uso de aceites esenciales, como lo son *Thymus vulgaris* (Tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (Orégano Griego), extrayendo estos aceites podemos cambiar los por métodos tradicionales de control de plagas en plantas, ya que se ha demostrado en varios experimentos su efectividad a la hora de reducir y eliminar la población de bacterias de *Ralstonia solanacearum*. Lo anterior logra impactar positivamente la economía agrícola, puesto que se puede evitar la marchitez y pérdida de los cultivos de tomate que eran afectados por *R. solanacearum*.

La cantidad relativa de los aceites esenciales de *Thymus vulgaris* (tomillo) y *Origanum vulgare* subsp. *hirtum* (orégano griego) puede variar de acuerdo con el método de extracción de este y a la zona geográfica de donde provienen las plantas. Aun así, el efecto de los AE ejercido contra *R. solanacearum* y otras bacterias sigue siendo eficaz a la hora de tratar plagas fitopatógenas.

El aprovechamiento de este tipo de recursos naturales para el control de enfermedades en plantas puede traer buenos beneficios tanto para la salud, la economía y el medio ambiente, puesto que al no fumar los cultivos con químicos sintéticos, los alimentos producto de dichos cultivos serán más orgánicos y menos nocivos para la salud, asimismo, dejarían de perderse grandes hectáreas de cultivo de *Solanum lycopersicum* que son afectadas por la plaga de *Ralstonia solanacearum*, lo cual puede lograr una eficiencia en la producción y, además, el uso de AE tiene un impacto positivo en el medio ambiente porque se degradan rápidamente y no contaminan.



## Literatura citada

- Acevedo, D., Navarro, M., y Monroy, L. (2013). Composición química del aceite esencial extraído de hojas de orégano (*Origanum vulgare*). *Información tecnológica*, 24(4), 43-48. Recuperado de: [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642013000400005&lng=en&nrm=iso&tlng=en](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000400005&lng=en&nrm=iso&tlng=en)
- Ardila, M., Vargas, A., Pérez, J., Mejía, L. (2009). Ensayo preliminar de la actividad antibacteriana de extractos de *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia caryophyllata*, *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* y *Thymus vulgaris* frente a *Clostridium perfringens*. *Biosalud*, 8(1), 37-46. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1657-95502009000100007&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502009000100007&lng=en&tlng=es).
- Bayen, B., Karboune, S., Khodaei, N., Minh, M., Mdimagh, A. (2020). Compositional diversity and antioxidant properties of essential oils: Predictive models. *Department of Food Science and Agricultural Chemistry*, 138, 110684. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643820316728>
- Borugă, O., Jianu, C., Mișcă, C., Golet, I., Gruia, A.T., Horhat, FG. (2014). *Thymus vulgaris* essential oil: chemical composition and antimicrobial activity. *Journal of Medicine and Life*, 7(Spec Iss 3), 56–60. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4391421/>
- Coy-Barrera, C.A., Acosta, G.E. (2013). Actividad antibacteriana y determinación de la composición química de los aceites esenciales de romero (*Rosmarinus officinalis*), tomillo (*Thymus vulgaris*) y cúrcuma (*Curcuma longa*) de Colombia. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 18 (2). Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-47962013000200007&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962013000200007&lng=es&tlng=es).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2021). Nuevos balances de alimentos. FAOSTAT. Recuperado de: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>
- Gömöri, C., Vidács, A., Kerekes, E., Nacs, E., Böszörményi, A., Vágvölgyi, C., Krisch, J. (2018). Altered Antimicrobial and Anti-biofilm Forming Effect of Thyme Essential Oil due to Changes in Composition. *Natural Product Communications*, 13(4), 483-487. Recuperado de: <https://doi.org/10.1177/1934578X1801300426>
- Gucwa, K., Milewski, S., Dymerski, T., Szweđa, P. (2018). Investigation of the Antifungal Activity and Mode of Action of *Thymus vulgaris*, *Citrus limonum*, *Pelargonium graveolens*, *Cinnamomum cassia*, *Ocimum basilicum*, and *Eugenia caryophyllus* Essential Oils. *Molecules*, 23 (5), 1116. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6099571/>
- Kosakowska, O., Węglarz, Z., Bączek, K. (2019). Yield and quality of ‘Greek oregano’ (*Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum*) herb from organic production system in temperate

- climate. *Industrial Crops and Products*, 141, 111782. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669019307927?via%3DiHub>
- Leyva, N., Gutiérrez, E., Vázquez, G., Heredia, J. (2017). Essential Oils of Oregano: Biological Activity beyond Their Antimicrobial Properties. *Molecules* 22(6), 989. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/molecules22060989>
- López, M., Morán, S., Segovia, J. (2016). Manejo fitosanitario de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E.F. Smith) del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Trabajo de Grado. Universidad de El Salvador. Recuperado de: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9461/1/13101601.pdf>
- Lugo-Trampe, Morales, F. (2017). Uso de los aceites esenciales en el control de plagas. *Artrópodos y Salud*, 7(1), 44-53. Recuperado de: [http://artropodosysalud.com/Publicaciones/No7-Jun2017/7Aceites\\_essenciales.pdf](http://artropodosysalud.com/Publicaciones/No7-Jun2017/7Aceites_essenciales.pdf)
- Mandal, S., DebMandal, M. (2016). Chapter 94 - Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Oils. Pp. 825-834. In Preedy, V.R. (Ed.). *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. Academic Press. Elsevier. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124166417000948?via%3DiHub>
- Mansfield, J., Genin, S., Magori, S., Citovsky, V., Sriariyanum, M., Ronald, P., Dow, M., Verdier, V., Beer, S., Machado, M., Toth, I., Salmond, G., Foster, G. (2012). Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. *Molecular Plant Pathology* 13(6), 614-629. Recuperado de: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Cadena de las Hortalizas. Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. Gobierno de Colombia, Colombia. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Hortalizas/Documentos/2019-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Oliveira, F. (2013). Environmental cues controlling the pathogenicity of *Ralstonia solanacearum* on plants. *Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, España*. Recuperado de: <https://1library.co/document/7qvxm01y-environmental-controlling-pathogenicity-ralstonia-solanacearum-ambientales-patogenicidad-solanacearum.html>
- Ortega, E. (2015). La mancha bacteriana del tomate *Ralstonia solanacearum* sus características y manejo integrado. *Especialización en cultivos tropicales. Curso epidemiología aplicada al manejo de los cultivos tropicales*. Recuperado de: [https://www.academia.edu/16277626/Marchitez\\_bacteriana\\_en\\_tomate\\_Ralstonia\\_solanacearum\\_sus\\_caracter%C3%ADsticas\\_y\\_manejo\\_integrado](https://www.academia.edu/16277626/Marchitez_bacteriana_en_tomate_Ralstonia_solanacearum_sus_caracter%C3%ADsticas_y_manejo_integrado)
- Parra, S. (2020). Estudio de la composición química y actividad biológica de aceites esenciales de Cardamomo (*Elettaria cardamomum*) y Tomillo (*Thymus vulgaris*). *Universidad*



Santo Tomás, Bucaramanga, Colombia. Recuperado de:  
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22342/2020ParraSilvia.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

- Perea, J., García, R., Allende, R., Carrillo, J., León, J., Valdez, B., López, F., Sary, M. (2011). Identificación de razas y biovares de *Ralstonia solanacearum* aisladas de plantas de tomate. *Revista mexicana de fitopatología*, 29(2), 98-108. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-33092011000200002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33092011000200002&lng=es&tlng=es).
- Pérez, R. (2015). Evaluación agronómica de la resistencia a marchitez bacteriana, causada por *Ralstonia solanacearum* E.F. Smith, en cuatro portainjertos comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), bajo condiciones protegidas de casa malla, en el municipio de Ipala, Chiquimula. *Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario de Oriente Agronomía*. Recuperado de:  
[http://cunori.edu.gt/descargas/Resistencia\\_Ralstonia\\_solanacearum.pdf](http://cunori.edu.gt/descargas/Resistencia_Ralstonia_solanacearum.pdf)
- Radünz, M., Hackbart, H., Mota, T., Paes, C., Primon, F., Dal Magro, J., Sanches, P., Avila, E., Radünz, A., Zavarezea, E. (2020). Antimicrobial potential of spray drying encapsulated thyme (*Thymus vulgaris*) essential oil on the conservation of hamburger-like meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 330, 108696. Recuperado de:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160520301902>
- NCBI (National Center for Biotechnology Information). *Ralstonia solanacearum*. Genbank. Recuperado de:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/?term=ralstonia+solanacearum>
- Remache, F. (2018). Evaluación del efecto de microorganismos antagonistas en el control de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum* E. F. Smith), presente en plantaciones de eucalipto tropical (*Eucalyptus urograndis*) en la Hacienda Los Ángeles, Cantón Buena Fé, Provincia de Los Ríos. Tesis de licenciatura, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de:  
<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/8492/1/33T0179.pdf>
- Roldán, L., Díaz, G., Durringer, J. (2010). Composition and antibacterial activity of essential oils obtained from plants of the Lamiaceae family against pathogenic and beneficial bacteria. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(4), 451-461. Recuperado de:  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-06902010000400006&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902010000400006&lng=en&tlng=en).
- Rueda, E., Hernández, L., Holguin, R., Ruiz, F., López, J., Huez, M., León, J., Borboa, J., Ortega, J. (2014). *Ralstonia solanacearum*: Una enfermedad bacteriana de importancia cuarentenaria en el cultivo de *Solanum tuberosum* L. *Invurnus*, 9(1), 24-36. Recuperado de: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/672>

- Rueda, E., Juvera, J., Romo, I., Holguín, R. (2018). Evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de aceites esenciales de orégano y tomillo contra *Ralstonia solanacearum*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20, 4251-4261. Recuperado de: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/995/832>
- Sarikurkcü, C., Zengin, G., Oskay, M., Uysal, S., Ceylan, R., Aktumsek, A. (2015). Composition, antioxidant, antimicrobial and enzyme inhibition activities of two *Origanum vulgare* subspecies (subsp. *vulgare* and subsp. *hirtum*) essential oils. *Industrial Crops and Products*, 70, 178-184. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669015002198>
- Solís, P. (2011). “Evaluación de la Actividad Antimicrobiana de los Aceites Esenciales de Orégano (*Origanum vulgare* L) y Tomillo (*Thymus vulgaris* L) Como Potenciales Bioconservadores en Carne de Pollo”. Bioquímico Farmacéutico. Recuperado de: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/1992/1/56T00300.pdf>
- Shukla, P., Bajpai, K., Tripathi, S., Kumar, S., Gautam, G.K. (2013). A Review on the Taxonomy, Ethnobotany, Chemistry and Pharmacology of *Solanum Lycopersicum* Linn. *International Journal of Chemistry and Pharmaceutical Sciences*, 1(8), 521-527. Recuperado de: <https://www.pharmaresearchlibrary.com/wp-content/uploads/2014/01/PRL2013-IJCPs-1912.pdf>
- Stashenko, E. (2009). Aceites Esenciales. *Universidad Industrial de Santander, Centro Nacional de Investigaciones para la Agroindustrialización de Especies Vegetales, Aromáticas y Medicinales Tropicales-CENIVAM*. Departamento Administrativo de Ciencias, Tecnología e Innovación. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, República de Colombia. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/maldomar/aceites-esenciales-10750274>
- Stashenko, E. (2018). Del laboratorio al campo: el desarrollo y perspectivas de la industria de aceites esenciales en Colombia. *Centro de Investigación de Biomoléculas, CENIVAM, Universidad Industrial de Santander*. Bucaramanga, Colombia. Recuperado de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/memoriasuis/article/download/10068/10067/>
- Węglarz, Z., Kosakowska, O., Przybył, J., Pióro-Jabrucka, E., Bączek, K. (2020). The Quality of Greek Oregano (*O. vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart) and Common Oregano (*O. vulgare* L. subsp. *vulgare*) Cultivated in the Temperate Climate of Central Europe. *Foods*, 9(11), 1671. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/foods9111671>
- Yáñez, P., Escoba, A., Molina, C., Zapata, G. (2014). Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* contra *Tetranychus urticae*. *La Granja*, 19(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.17163/lgr.n19.2014.01>

