

Efecto de los aceites esenciales de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (limonaria) y *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson (pronto alivio) sobre *Xanthomonas axonopodis* y *Ralstonia sp.*

Effect of essential oils of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (lemon grass) and *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. ex Britton & P. Wilson (bushy matgrass) on *Xanthomonas axonopodis* and *Ralstonia sp.*

Jovanna Acero Godoy^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-1656-6888>

Tomás de Jesús Guzmán Hernández² <https://orcid.org/0000-0002-2719-8550>

Ligia Consuelo Sánchez Leal¹ <https://orcid.org/0000-0001-7796-1326>

Ruth Mélida Sánchez Mora¹ <https://orcid.org/0000-0002-0572-8418>

Ginna Natalia Cruz Catiblanco³ <https://orcid.org/0000-0003-2355-4914>

Wilman Antonio Delgado Ávila⁴ <https://orcid.org/0000-0001-8415-7950>

Elizabeth Gil Archila⁵ <https://orcid.org/0000-0002-1774-970X>

¹Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico. Bogotá, Colombia.

²Universidad Nacional de Costa Rica. Programa de Doctorado DOCINADE. San José, Costa Rica.

³Agrosavia. Coordinación de Investigación y Transferencia de Tecnología. Bogotá, Colombia.

⁴Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Química. Laboratorio de Productos Naturales y Vegetales. Bogotá, Colombia.

⁵Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Laboratorio de Cromatografía. Bogotá, Colombia.

*Autor para la correspondencia: jacerog@unicolmayor.edu.co

RESUMEN

Introducción: Los aceites esenciales de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (limonaria) y *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P. Wilson (pronto alivio) han demostrado generar inhibición del crecimiento de diversos

microorganismos, entre los que se encuentran las bacterias fitopatógenas, las cuales causan grandes pérdidas en cultivos de importancia económica.

Objetivos: Evaluar el efecto de los aceites esenciales de *C. citratus* y *Lippia alba* contra las bacterias fitopatógenas *Xanthomonas axonopodis* y *Ralstonia sp.*

Métodos: Las plantas *C. citratus* (DC.) y *L. alba* fueron obtenidas en el centro de acopio Samper Mendoza, Bogotá-Colombia. Los aceites esenciales se extrajeron de las hojas por arrastre con vapor y el rendimiento se hizo por gravimetría. La composición relativa se realizó por cromatografía de gases, acoplada a espectrometría de masas y se determinó la densidad e índice de refracción. Las curvas de crecimiento para las bacterias *X. axonopodis* y *Ralstonia sp.* se realizaron determinando las densidades ópticas en el Bioscreen C a 25 °C, durante 84 horas contra los dos aceites esenciales a concentración de 28 mg/ml.

Resultados: Se obtuvieron rendimientos para *C. citratus* (0,13 %) y *L. alba* (0,62 %). El compuesto más abundante para limonaria fue geranial (41,88 %) y para pronto alivio, limoneno (49,91 %). Las curvas de crecimiento determinaron que los aceites evaluados frente a las bacterias presentaban diferencias significativas y *L. alba* presentó mayor inhibición en el crecimiento.

Conclusiones: Los aceites esenciales pueden ser usados según la combinación de sus compuestos como bioplaguicidas o antimicrobianos contra los microorganismos, tanto de la presente investigación, como otros que generan pérdidas para el sector agrícola. De esta forma, se pudiera disminuir el uso de plaguicidas sintéticos.

Palabras clave: aceites esenciales; *C. citratus*; *L. alba*; *Xanthomonas axonopodis*; *Ralstonia sp.*; inhibición del crecimiento; geranial; limoneno.

ABSTRACT

Introduction: The essential oils of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (lemon grass) and *Lippia alba* (Mill.) N. E. Br. ex Britton & P. Wilson (bushy matgrass) have shown to inhibit the growth of various microorganisms, among them phytopathogenic bacteria causing great damage to economically important crops.

Objective: Evaluate the effect of essential oils of *C. citratus* and *Lippia alba* on the phytopathogenic bacteria *Xanthomonas axonopodis* and *Ralstonia sp.*

Methods: The plants *C. citratus* (DC.) and *L. alba* were obtained from Samper Mendoza collection center in Bogotá, Colombia. The essential oils were extracted from the leaves by steam entrainment. Yield was estimated by gravimetry and relative composition by gas chromatography/mass spectrometry. Determination was made of the density and refractive index. The growth curves for the bacteria *X. axonopodis* and *Ralstonia sp.* were based on estimation of the optical densities on the Bioscreen C at 25°C for 84 hours versus the two essential oils at a concentration of 28 mg/ml.

Results: The yields obtained were 0.13% for *C. citratus* and 0.62% for *L. alba*. The most abundant compounds were geranial in lemon grass (41.88%) and limonene in bushy matgrass (49.91%). The growth curves show significant differences in the effect of each oil on the bacteria evaluated, with *L. alba* as the one displaying the greatest growth inhibition.

Conclusions: According to the data obtained by the study, the compounds in the essential oils may be combined in different ways to produce biopesticides or antimicrobials against the microorganisms evaluated herein or others that cause damage to the agricultural sector, thus reducing the use of synthetic pesticides.

Keywords: essential oils; *C. citratus*; *L. alba*; *Xanthomonas axonopodis*; *Ralstonia sp.*; growth inhibition; geranial; limonene.

Recibido: 16/08/2021

Aprobado: 23/08/2021

Introducción

La agricultura ocupa uno de los renglones más importantes en la economía mundial. Se debe, no solo a los rendimientos monetarios que produce, sino además porque la producción de alimentos permitirá el cumplimiento de varios objetivos del desarrollo sostenible para el 2030. Cultivos como *Solanum lycopersicum* (tomate), *Solanum tuberosum* (papa), *Coffe arabica* (café), *Zea mays* (maíz), entre otros, cobran importancia en Colombia, donde por la amplia variedad de pisos térmicos, se producen en cantidades importantes para el consumo interno y la exportación. Sin embargo, se presentan pérdidas considerables en estos cultivos a causa de diversos microorganismos fitopatógenos, entre los que se encuentran las bacterias del género *Xanthomona* y *Ralstonia*, las cuales disminuyen la productividad y rendimiento.

Para contrarrestar el avance de plagas y fitopatógenos que puedan dañar los cultivos, se aplica una gran variedad de productos agroquímicos sintéticos y antimicrobianos, tanto en el suelo como de manera foliar. Si bien combaten este tipo de plagas, se ha demostrado que generan daños irreversibles en los ecosistemas, contaminan fuentes hídricas y se pueden llegar a bioacumular en los animales incluyendo el ser humano. Sumado a lo anterior, algunos microorganismos generan mecanismos de resistencias contra estos productos modificando tanto su genética como las rutas metabólicas para evadirlos. Lo expuesto anteriormente acrecienta el problema porque en muchas ocasiones se aumentan las dosis de antimicrobianos que son obsoletos para el microorganismo al que va dirigido.⁽¹⁾

Por lo anterior, se buscan alternativas que puedan llegar a disminuir y reemplazar el uso de químicos sintéticos. Entre ellas, se han escudriñado subproductos de origen vegetal como los aceites esenciales (AE), que de manera *in vitro*, pueden inhibir el crecimiento de diversos microorganismos. Pueden ejercer acción antiviral, antifúngica, bactericida, bacteriostática y antiparasitaria, entre otros, contra microorganismos patógenos de diferentes orígenes (animal, humano y vegetal).⁽²⁾

El uso de los AE es ventajoso por las diversas técnicas que existen para su obtención, la amplia variedad de plantas aromáticas y medicinales que se cultivan en Colombia y el costo del material vegetal (económico y de fácil obtención en su mayoría).⁽³⁾ Entre las desventajas se pueden mencionar los bajos rendimientos de obtención (0,1 al 1,5 % w/v). Sin embargo, cabe anotar que los rangos para ser usado como antimicrobiano oscilan entre los miligramos y los microgramos, lo que aumenta el costo/beneficio de producción. No todos los AE de plantas que crecen en Colombia ejercen los mismos efectos en los microorganismos que se estudian. Para tener una aproximación de tales efectos, es necesario tener en cuenta la familia a la que pertenecen las plantas utilizadas, conocer las características fisicoquímicas del AE y determinar las concentraciones a las que se inhibe el crecimiento del microorganismo de interés.⁽⁴⁾

Por lo anterior, los autores del presente trabajo se propusieron evaluar el efecto de los aceites esenciales de *C. citratus* y *Lippia alba* contra las bacterias fitopatógenas *Xanthomonas axonopodis* y *Ralstonia sp.*

Métodos

Material vegetal

El material vegetal *C. citratus* (limonaria) y *L. alba* (pronto alivio) se obtuvo en el centro de acopio Samper Mendoza, de la ciudad de Bogotá, Colombia. Procede de plantas aromáticas comunes, cultivadas en la Sabana de Bogotá. Esta última es una región localizada en el centro geográfico de Colombia, con una extensión aproximada de 4,251 km² sobre la cordillera oriental, en la parte sur del altiplano cundiboyacense, con una altura promedio de 2,600 m.s.n.m y una temperatura promedio de 14 °C. Un ejemplar de cada especie se depositó en la colección del herbario bajo el COL6 11953 para *Cymbogon citratus* (DC.) Stapf (limonaria) y COL612113 para *Lippia alba* (Mill.) N.E.Br. ex Britton & P.Wilson (pronto alivio).

Extracción de los aceites esenciales

Para la obtención de los AE se procesaron 2,0 kg de hojas frescas y se sometieron a destilación por arrastre con vapor en un equipo tipo Clevenger, durante 3 horas. Transcurrido este tiempo, se almacenaron a -10 °C en viales ámbar con sulfato de sodio (Na₂SO₄). El procedimiento se realizó por triplicado para cada especie en el Laboratorio de Productos Naturales y Vegetales de la Universidad Nacional de Bogotá, Colombia.

El rendimiento de los AE en base húmeda, con respecto a su biomasa vegetal se calculó por medio de la ecuación 1:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{peso (g) de AE}}{\text{peso (g) del material vegetal fresco}} * 100 \text{ (Ecuación 1)}$$

La densidad relativa de los AE se determinó mediante el método AOAC 920.212:1995. Se utilizó la ecuación 2 para su cálculo:⁽⁵⁾

$$\text{Densidad, } \rho \left(\frac{\text{g}}{\text{ml}} \right) = \frac{(\text{peso picnómetro+AE}) - (\text{peso picnómetro vacío})}{\text{Volumen (ml) de AE}} \text{ (Ecuación 2)}$$

Para el índice de refracción se utilizó el método AOAC 921.08:1990.⁽⁵⁾ La prueba fue realizada utilizando un refractómetro tipo ABBE, marca Sper Scientific. El análisis se realizó por triplicado.

Análisis de la composición química del aceite esencial

Los AE se analizaron por GC-MS en un cromatógrafo de gases Shimadzu GC2010, con inyector split/splitless, acoplado a un detector selectivo de masas MS/GCTQ8040, modo de ionización IE, analizador de masas triple cuádruplo y dos sistemas de separación. El primero empleó una columna apolar RTX-5MS (60 m × 0,25 mm × 0,25 μm) y el gas de arrastre fue helio a un flujo de 1,5 ml/min. La temperatura del horno se programó desde 40 °C (2 min) hasta 125 °C (2 min) a 4 °C/min. Luego, se incrementó hasta 160 °C (5 min) a 4 °C/min. Posteriormente, se aumentó hasta 220 °C (8 min) a 5 °C/min. Finalmente, la temperatura aumentó a 280 °C (4 min) a 5 °C/min. La temperatura en el puerto de inyección fue de 250 °C y la de la línea de transferencia de 290 °C. La relación de split 1:20 y el voltaje de ionización fue de 70 eV, a una corriente de 60 mA.

La adquisición de los espectros de masas se realizó en un rango de masas entre 30-600 m/z. El segundo sistema de separación fue una columna polar DB-WAX (60 m × 0,25 mm × 0,25 mm), operado bajo las mismas condiciones excepto por la programación de la temperatura del horno que fue de la siguiente forma: 45 °C (4 min) hasta 250 °C (8 min) a 4 °C/min. Se inyectó 1,0 ml de cada solución analizada. Dilución 1/40 (25 ml aceite a 1,0 ml utilizando hexano como

diluyente). El análisis se realizó en el Laboratorio de Cromatografía de la Pontificia Universidad Javeriana en Bogotá, Colombia.

La identificación de los compuestos se basó en la comparación de los índices de retención (IR), y sus espectros de masas con los reportados en las bases de datos NIST08, Wiley9L, Pherobase y en Adams.⁽⁶⁾ Los IR se calcularon teniendo en cuenta los tiempos de retención de una serie homóloga de n-alcenos (C8 - C28), corridos bajo las mismas condiciones de análisis cromatográficas que los AE. La composición relativa del aceite se determinó por GC-FID, basados en el área de los picos del GC, según la respuesta del FID.

Ensayo antimicrobiano frente a *X. axonopodis* y *Ralstonia sp.*

Las bacterias *X. axonopodis* y *Ralstonia sp.* son cepas salvajes, las cuales fueron proporcionadas por el cepario de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (UCMC), Bogotá, Colombia. Su aislamiento fue de plantas enfermas de *Brassica rappa sp.* (col china) y *Solanum lycopersicum* (tomate). Las cepas se reactivaron en agar nutritivo y agar McConkey. Los microorganismos se incubaron en el lector de placas Bioscreen C (Labsistem, Helsinki, Finlandia), durante 84 horas, 25 °C, 620 nm en agitación constante (100 rpm). Se usó para cada pozo 2,0 ml del microorganismo suspendido en caldo BHI (0,5 escala de MacFarland), 10 ml del AE. La concentración final fue de 28 mg/ml y 290 ml de medio BHI sin inocular. Se utilizó como control positivo, los microorganismos en medio BHI y como control negativo los microorganismos en medio BHI, más gentamicina (9,0 mg/ml).⁽⁷⁾

Análisis estadístico

Para el análisis de los datos se probaron los supuestos de normalidad, independencia de los errores y homogeneidad de varianza, mediante la prueba de Shapiro-wilk, Levene y Durbin Watson. Los datos fueron analizados mediante modelos lineales generales y mixtos, donde la parte fija del modelo correspondió al tratamiento de los AE y la parte aleatoria a las repeticiones y el tiempo. Para la variable absorbancia (por espectrofotometría), se usó la prueba de comparación de medias LSD Fisher ($p < 0,05$), con corrección de Bonferroni. Los análisis se realizaron con el *software* estadístico Infostat, con la ayuda de la plataforma para modelos lineales generales mixtos de R v. 3.6.3. usando la función lme, del paquete nlme.⁽⁸⁾

Resultados

La tabla 1 muestra los resultados del rendimiento (% p/p), índice de refracción y densidad para los dos AE. El aceite esencial de *L. alba* tuvo un rendimiento de 0,62 % y *C. citratus* 0,13 %. El color de los AE fue amarillo pálido.

Tabla 1. Rendimiento, densidad e índice de refracción de los aceites esenciales de *C. citratus* y *L. alba*

Nombre científico	Rendimiento (% p/p)	Densidad (g/ml)	Índice de refracción
<i>C. citratus</i>	0,132	0,863	1,4871
<i>L. alba</i>	0,620	0,861	1,4895

La determinación de la composición de los AEs de las dos plantas evaluadas se presenta en la Tabla 2. En el aceite esencial de *C. citratus* se identificaron 16 compuestos donde geranial (41,88 %) y geraniol (28,13 %) fueron los metabolitos más abundantes. En *L. alba* se identificaron 24 compuestos, de los cuales el de mayor abundancia fue limoneno (49,91 %), seguido del monoterpenoide carvona (21,19 %).

Composición química de los aceites esenciales

Los AE de *C. citratus* y *L. alba* están constituidos principalmente por mono- y sesquiterpenos. Se identificó el 95,57 % del total de la composición (relativa) para *C. citratus* y el 94,90 % para *L. alba* (Tabla 2). El geranial es el constituyente más abundante en *C. citratus* (41,88 %), seguido por el geraniol (28,30 %) y para *L. alba*, el limoneno (49,41%) y la carvona (21,19 %).

 Tabla 2. Composición química relativa para los AEs de *C. citratus* y *L. alba*

N.	TR	I.R Lit	Compuesto	Clase	<i>C. citratus</i>		<i>L. alba</i>	
					IR. cal	% area	IR. cal	% area
1	16,157	953	Canfeno	MH			952	0,13
2	17,188	976	Sabineno	MH			978	0,15
3	17,772	991	Mirceno	MH			992	0,50
4	17,498	1002	Felandreno	MH	994	16,16		
5	19,429	1029	Limoneno	MH			1035	49,91
6	19,434	1031	Eucaliptol	MO	1033	0,49		
7	20,000	1050	Ocimeno	MH	1050	0,28	1041	0,31
8	20,610	1059	Terpineno	MH			1066	1,06
9	22,049	1096	Linalool	MO	1089	0,68	1102	0,23
10	24,302	1153	Citronelal	MO	1158	0,62		
11	24,448	1163	<i>trans</i> terpineol	MO	1160	0,40		
12	24,729	1164	(Z)-Isocitral	MO	1166	1,11		
13	25,081	1171	Mentol	MO	1171	1,23		
14	25,400	1177	Terpinen-4-ol	MO	1186	1,50	1184	0,15
15	25,600	1180	(E)-Isocitral	MO	1187	0,48		
16	28,200	1252	Geraniol	MO	1254	28,13		
17	28,599	1242	Carvona	MO			1261	21,19
18	29,199	1276	<i>trans</i> -óxido de carvona	MO			1271	0,52
19	29,648	1267	Geranial	MO	1286	41,88		

20	30,500	1290	Timol	MO	1296	1,56	1295	0,42
21	30,500	1299	Carvacrol	MO			1307	0,15
22	32,077	1338	Elemeno	SH			1347	0,53
23	33,636	1381	Acetato de geranilo	MO	1386	0,25		
24	34,092	1391	Elemeno	SH			1402	2,20
25	35,493	1418	Cariofileno (E)	SH	1434	0,80		
26	35,322	1432	Copaene	SH			1442	1,90
27	36,350	1455	Geranilacetona	MO			1456	0,30
28	36,498	1457	Farneseno	SH			1458	0,20
29	36,800	1467	9-epi-cariofileno	SH			1466	0,37
30	37,117	1478	Propanoato de Geranilo	MO			1474	0,41
31	38,020	1509	Germacreno A	SH	1500	0,30	1508	12,41
32	38,788	1503	Biciclogermacreno	SH			1504	0,53
33	39,588	1535	10-epi-cubebol	SO			1534	0,32
34	39,811	1539	Cadineno	SH				
35	40,515	1559	Éter <i>trans</i> -cadineno	SH			1552	0,55
36	40,500	1576	Germacren D-4-ol	SO			1590	0,46
Monoterpenos					16,44 %		52,06 %	
Monoterpenos oxigenados					78,03 %		23,37 %	
Sesquiterpenos oxigenados					0,00 %		0,78 %	
Sesquiterpenos					1,10 %		18,69 %	
Compuestos sin identificar					4,43 %		5,10 %	
Total					100,00 %		100,00 %	
Compuestos por planta					16		24	

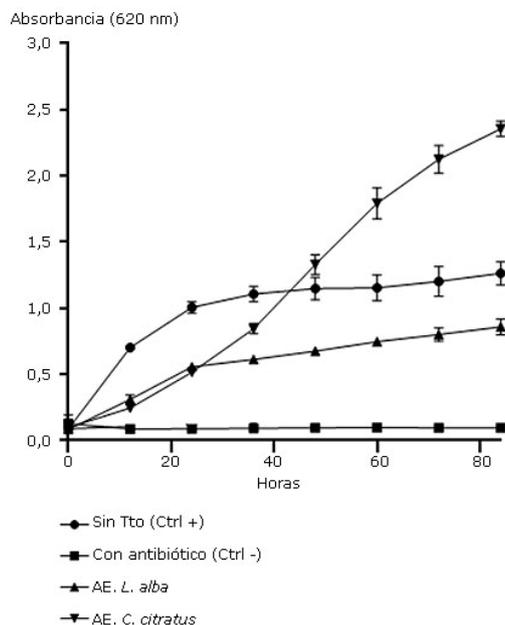
Todas las muestras se analizaron por triplicado. TR: Tiempo de retención; I.R Lit; índice de retención de la literatura; I.R.cal: Índice de retención calculado; % area: composición relativa en %; *MO: Monotepeno; MH: Monoterpeno oxigenado; SH: sesquiterpeno; SO: Sesquiterpeno oxigenado.

Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales frente a *X. axonopodis* y *Ralstonia sp.*

Las curvas de crecimiento de las bacterias fitopatógenas *X. axonopodis* y *Ralstonia sp.* para los diferentes tratamientos planteados en el presente trabajo se muestran en las figuras 1 y 2.

Para *X. axonopodis*, se analizó la curva de crecimiento (Fig. 1), mediante modelos lineales generales mixtos, la cual indicó que los aceites presentaban una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0,0001$). La comparación de medias LSD-Fisher indicó que la mayor absorbancia se obtuvo con el AE de *C. citratus*. Después, se identificó la curva de crecimiento del microorganismo sin ningún tipo de tratamiento (Sin Tto.), (Ctrl +), continuando con el AE de *L. alba*. Por último, se analizó el microorganismo con gentamicina (Ctrl -). Lo anterior indica que *L. alba*, a la concentración de 28 mg/ml, puede inhibir el

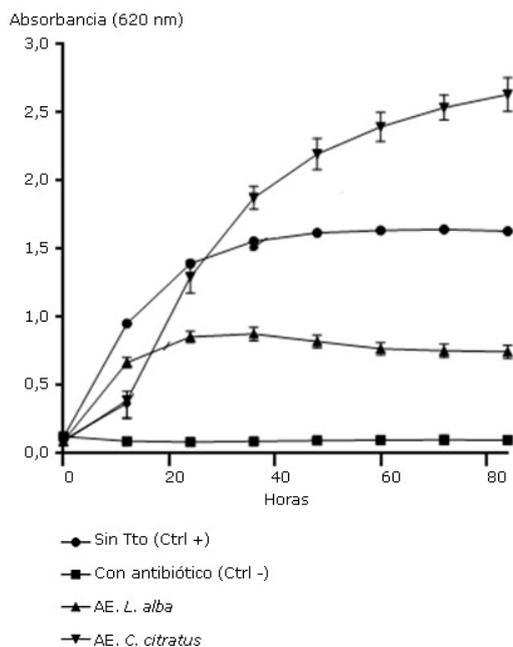
crecimiento de *X. axonopodis*, mientras que *C. citratus*, a la misma concentración estimula el crecimiento.



Sin Tto (Ctrl +): solamente la bacteria con el medio de cultivo. Con Antibiótico (Ctrl -): es la bacteria en el medio, más gentamicina.

Fig. 1. Curva de crecimiento de *X. axonopodis* frente a los aceites esenciales de *C. citratus* y *L. alba*.

El análisis de modelos lineales generales y mixtos para *Ralstonia sp.* indicó que los AE presentaban diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,0001$). La mayor absorbancia se obtuvo con el AE de *C. citratus*. Se analizó la curva de crecimiento del microorganismo sin ningún tipo de tratamiento, como control positivo (Sin Tto), continuando con AE de *L. alba*. Por último, el microorganismo con gentamicina, como control negativo (Ctrl -). Según lo arrojado por la prueba de comparación de medias LSD-Fisher, el AE de *L. alba* es una posible alternativa para la inhibición del crecimiento de *Ralstonia sp.*



Sin Tto (Ctrl +): solamente la bacteria con el medio de cultivo. Con Antibiótico (Ctrl -): es la bacteria en el medio, más gentamicina.

Fig. 2. Curva de crecimiento de *Ralstonia sp.* frente a los aceites esenciales de *C. citratus* y *L. alba*.

Discusión

El uso de AE se ha incrementado en la última década por sus diversas funciones como saborizantes y preservantes. Además, se han realizado diversas investigaciones en las que se ha probado que pueden tener usos prometedores como insecticidas, antioxidantes, antimicrobianos y antivirales, entre otros. Con respecto al rendimiento obtenido, dependerá del método de extracción, la zona en que se cultivó el material vegetal, las condiciones edafológicas del suelo, el clima, la precipitación de lluvias y la genética de la planta. Si bien ni los rendimientos ni los compuestos pueden llegar a ser comparables, proveen una idea de lo que se obtiene de dicho material vegetal. El presente estudio obtuvo un rendimiento de 0,132 % del AE Comparado con otros realizados en Colombia; Pérez Cordero y otros (2017), obtuvieron para *C. citratus* (colectada en tres zonas del Departamento de Sucre en Costa Atlántica), un promedio de 0,534 % del AE por medio del método de hidrodestilación asistida por microondas. Tofiño y Rivera (2016) obtuvieron en la Sierra Nevada de Santa Marta un 0,71 % de rendimiento por el mismo método de la presente investigación.^(9,10) También para *L. alba*, Tofiño y Rivera (2016) obtuvieron rendimientos de 0,5 % del AE obtenido de la zona Atlántica contra 0,62 % del presente trabajo.⁽¹⁰⁾

Con respecto a la composición del AE de *C. citratus*, en el presente estudio se obtuvo principalmente geranial (41,88 %). Su concentración también fue

determinada por *Tofiño y Rivera* (2016), con un (31,3 %).⁽¹⁰⁾ La cuantificación de geranial en varios estudios en Colombia puede estar determinada por factores climáticos, régimen de precipitación, la altura y otros criterios que determinan el rendimiento en la producción de este. La zona donde se recolectó el material vegetal de la presente investigación se encuentra a mayor altura que la de *Tofiño y Rivera*, lo cual podría indicar que la altura favorece la producción de geranial en *C. citratus*.

Para *L. alba*, los principales compuestos identificados (limoneno 49,9 % y carvona 21,19 %) varían considerablemente con respecto a otras investigaciones llevadas a cabo en Colombia. *Muñoz y otros* (2019) analizaron el AE de *L. alba* colectada en dos regiones del Departamento de Bolívar (zona Caribe), y obtuvieron de cada especie colectada el óxido de cis-piperitona en un 44 % y un 7,20 %, respectivamente.⁽¹¹⁾ En la investigación realizada por *Tofiño y Rivera* (2016), cuantificaron geranial (18,9 %) y neral (15,9 %) para *L. alba*, colectada en la Costa Atlántica.⁽¹⁰⁾ Los anteriores resultados indican que esta especie es una planta con diferentes quimiotipo (I-VII), tal como lo describieron *Ortega Cuadros y otros* (2020). El AE del presente estudio correspondería al quimiotipo III (limoneno), el cual fue referenciado como uno de los más prometedores para estudios de actividad antimicrobiana. Cada quimiotipo puede verse influenciado por factores como la altura, el terreno y demás condicionantes edafoclimáticos. En diversas condiciones, una misma planta puedan expresar genotipos diferentes.⁽¹²⁾

Los AEs de las plantas utilizadas en el presente estudio tienen referentes bibliográficos de sus usos en laboratorio como antimicrobianos contra un amplio rango de bacterias y hongos fitopatógenos en animales y humanos. Sin embargo, no se encontraron reportes de sus AEs contra *X. axonopodis* ni *Ralstonia sp.*

Una revisión realizada por *Kang* (2019) concluyó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB), utilizando otros AE para *Xanthomonas* oscilaba entre los 600 mg/ml y los 920 mg/ml. La presente investigación utilizó una concentración de 28 mg/ml, con la cual se logró inhibir el crecimiento de la bacteria con el AE de *L. alba*. No obstante, es necesario realizar estudios posteriores diluyendo el AE hasta el orden de los mg/ml para determinar la CMI.⁽¹³⁾ En 2019, *Mohamed y otros*,⁽¹⁴⁾ evaluaron la actividad de los AE de *Corymbia citriodora*, *Cupressus sempervirens* y *Lantana cámara*, frente a *Ralstonia solanacearum*. Los resultados demostraron inhibición del microorganismo con concentraciones que variaron entre los 500 y 5000 mg/ml. Para la presente investigación, *L. alba* inhibió el crecimiento de la bacteria a 28 mg/ml, lo que confirma la necesidad de buscar las CMI y CMB para futuros trabajos.

Las especies *C. citratus* y *L. alba* son plantas cuyos AEs pueden tener un uso promisorio como antimicrobianos contra microorganismos (*Xanthomonas* y *Ralstonia*), que producen enfermedades en los cultivos y causan grandes pérdidas económicas. Además, la extracción y obtención industrial de los AE es factible, siempre y cuando se tenga estandarizado el método de obtención que produzca los mejores costos/rendimientos. Es necesario conocer la trazabilidad del material vegetal, y la caracterización fisicoquímica de este.

Agradecimientos

A la Dra. Liliana Muñoz, a los bacteriólogos Mateo Becerra, Daniela Castro Fonseca, Leslie Daniela Ordoñez y todo el personal del Laboratorio de Productos Naturales y Vegetales por el apoyo en la presente investigación.

Referencias bibliográficas

1. Durso LM, Cook KL. One Health and Antibiotic Resistance in Agroecosystems. *Eco Health*. 2019 [acceso: 01/03/2020];16(3):414-9. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10393-018-1324-7>
2. Elguea-Culebras G, Sánchez-Vioque R, Berruga MI, Herraiz-Peñalver D, González-Coloma A, Andrés MF, *et al.* Biocidal Potential and Chemical Composition of Industrial Essential Oils from *Hyssopus officinalis*, *Lavandula × intermedia* var. SUPER, and *Santolina chamaecyparissus*. *Chem Biodiversity*. 2018;15(1):e1700313. DOI: <http://doi.wiley.com/10.1002/cbdv.201700313>
3. Martínez DHF. Cadena de plantas aromáticas, medicinales, condimentarias y afines. *PECTIA*. 2016 [acceso: 13/03/05/2021];48:11717. Disponible en: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.16222.33601>
4. de Matos SP, Teixeira HF, de Lima ÁAN, Veiga-Junior VF, Koester LS. Essential Oils and Isolated Terpenes in Nanosystems Designed for Topical Administration: A Review. *Biomolecules*. 2019 [acceso: 12/05/2021];9(4):138. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2218-273X/9/4/138>
5. AOAC. Official Methods of Analysis. 15ta. ed. Washington DC, USA: AOAC Inc; 1990. Vol. 1.
6. Adams R. Identification of essential oils components by Gas Chromatography/mass spectrometry. 4th ed. Illinois, USA: Allured Pub Corp; 2007. p. 804.

7. Bomma M, Okafor F, Mentreddy SR, Nyochembeng L, Rangari VK, Khan S. The chemical composition, characterization, and combination effect of *Ocimum campechianum* leaf essential oils and bio-produced silver nanoparticles against *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli*. Researchgate. 2020 [acceso: 11/07/2021];10(4):518-26. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Manjula-Bomma-2/publication/343084844.pdf>
8. Di Rienzo J, Macchiavelli R, Casanoves F. Modelos Lineales Mixtos. Aplicaciones en InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba; 2012. p. 254.
9. Pérez Cordero AF, Chamorro Anaya LM, Vitola Romero DC, Hernández Gómez JM. Actividad antifúngica de *Cymbopogon citratus* contra *Colletotrichum gloeosporioides*. Mesoam Agron. 2017 [acceso: 22/08/2021];28(2):465. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/23647>
10. Tofiño Rivera A, Ortega Cuadros M, Galvis Pareja D, Jiménez Rios H, Merini LJ, Martínez Pabón MC. Effect of *Lippia alba* and *Cymbopogon citratus* essential oils on biofilms of *Streptococcus mutans* and cytotoxicity in CHO cells. Journal of Ethnopharmacology. 2016 [acceso: 21/03/2020];194:749-54. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874116313289>
11. Muñoz Acevedo A, González M, Rodríguez J, De Moya Y. New Chemovariety of *Lippia alba* from Colombia: Compositional Analysis of the Volatile Secondary Metabolites and Some in vitro Biological Activities of the Essential Oil From Plant Leaves. Natural Product Communications. 2019 [acceso: 04/04/2020];1(9):1-7. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1934578X19862905>
12. Ortega Cuadros M, Castañeda CG, Amarís GC, Tofiño Rivera AP. Essential oils biological activity of the shrub *Lippia alba* (Verbenaceae). Rev Biol Trop. 2020 [acceso: 01/08/2021];68(1):3044-59. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v68n1/0034-7744-rbt-68-01-344.pdf>
13. Kang L. Overview: biotic signalling for smart pest management. Phil Trans R Soc B. 2019 [acceso: 01/03/2020];374(1767):20180306. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2018.0306>
14. Mohamed AA, Behiry SI, Younes HA, Ashmawy NA, Salem MZM, Márquez Molina O, *et al*. Antibacterial activity of three essential oils and some monoterpenes against *Ralstonia solanacearum* phylotype II isolated from potato. Microbial Pathogenesis. 2019 [acceso: 03/03/2020];135:103604.

Disponible

en:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0882401019305406>

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no tenemos conflictos de intereses en la investigación.

Contribución de los autores

Jovanna Acero Godoy: Gestor de análisis e investigación.

Elizabeth Gil Archila: Asesora para la extracción y análisis de compuesto

Tomás de Jesús Guzmán Hernández: Gestor de análisis de la información.

Wilman Antonio Delgado Ávila: Gestor en la selección de especies del estudio y extracción de compuestos.

Ligia Consuelo Sánchez: Cepario y análisis de la información.

Ruth Melida Sánchez: Análisis químico.

Ginna Natalia Cruz Catiblanco: Analista de información y bioestadística.