



## Caracterización química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Mangifera indica* L. de tres regiones de Venezuela

### Resumen

El presente trabajo describe la caracterización química cuali-cuantitativa y la evaluación antibacteriana de los aceites esenciales (AE) presentes en las hojas de *Mangifera indica* L., los cuales fueron recolectados en los estados de Mérida (M), Barinas (B), y Portuguesa (P), en la República Bolivariana de Venezuela, empleando la técnica de la hidrodestilación, acoplada a la trampa de Clevenger, obteniéndose 0,1 mL (0,0025%), 1,4 mL (0,035%) y 1,0 mL (0,025%), respectivamente. Los AE se caracterizaron por el método de cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (GC/EM). Se identificaron 30 compuestos en la muestra recolectada en M, 24 en B y 14 en P, siendo los principales en M:  $\beta$ -selineno (22,56%),  $\alpha$ -gurjuneno (14,66%) y  $\beta$ -cariofileno (10 40%); en B:  $\beta$ -cariofileno (36,32%),  $\alpha$ -humuleno (22,71%) y  $\alpha$ -gurjuneno (21,43%); y en P:  $\beta$ -cariofileno (36,07%),  $\alpha$ -gurjuneno (22,55%) y  $\alpha$ -humuleno (21,24%). Debido al rendimiento, solo se determinó la actividad antibacteriana en los AE de B y P, por el método de difusión en agar con discos, frente a bacterias de referencia internacional (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 23357 y *Pseudomonas aureginosa* ATCC 27853). Ambos AE inhibieron el desarrollo de *S. aureus* y *E. faecalis* con una concentración inhibitoria mínima de 200  $\mu$ L/mL y 300  $\mu$ L/mL, respectivamente. Este es el primer estudio comparativo y actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido de las hojas de *M. indica* L. de tres regiones de la República Bolivariana de Venezuela.

**Palabras clave:** *Mangifera indica* L.; aceite esencial; actividad antibacteriana.

## Chemical characterization and antibacterial activity of the essential oil of *Mangifera indica* L. in three regions of Venezuela

### Abstract

The present work describes the qualitative-quantitative chemical characterization of essential oils (EO) present in the leaves of *Mangifera indica* L. which were collected in the states of Mérida (M), Barinas (B), and Portuguese (P), in the Bolivarian Republic of Venezuela, using the technique of hydrodistillation, coupled to the trap of Clevenger. Volumes of 0.1 mL (0.0025%), 1.4 mL (0.035%) and 1.0 mL (0.025%) were obtained, respectively. The essential oils were characterized by the method of gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC/MS). 30 compounds in the sample collected in M, 24 in B and 14 in P were identified, being the majority in the M:  $\beta$ -selinene (22,56%),  $\alpha$ -gurjunene (14,66%) and  $\beta$ -caryophyllene (10 40%); en B:  $\beta$ -caryophyllene (36,32%),  $\alpha$ -humulene (22,71%) and  $\alpha$ -gurjunene (21,43%); and in P:  $\beta$ -caryophyllene (36,07%),  $\alpha$ -gurjunene (22,55%) and  $\alpha$ -humulene (21,24%). Due to the low yield, the antibacterial activity was determined in the EO of B and P, by the agar diffusion method with disks, by various international reference bacteria (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 23357, *Pseudomonas aureginosa* ATCC 27853). Both AE inhibited the development of *S. aureus* and *E. faecalis* with a minimum inhibitory concentration of 200  $\mu$ L/mL and 300  $\mu$ L/mL, respectively. This is the first comparative study and antibacterial activity of the essential oil obtained from the leaves of *M. indica* L. in three regions in the Bolivarian Republic of Venezuela.

**Keywords:** *Mangifera indica*; essential oil; antibacterial activity.

## Caracterização química e atividade antibacteriana do óleo essencial de *Mangifera indica* L. em três regiões da Venezuela

### Resumo

O presente trabalho descreve a caracterização química qualitativa e quantitativa e a avaliação antibacteriana dos óleos essenciais (EA) presentes nas folhas de *Mangifera indica* L., quais foram coletadas nos estados de Mérida (M), Barinas (B) e Português (P), na República Bolivariana da Venezuela, utilizando a técnica de hidro-destilação, acoplada à armadilha de Clevenger, obtendo 0,1 mL (0,0025%), 1,4 mL (0,035%) e 1,0 mL (0,025%), respectivamente. Os EAs foram caracterizados pelo método de cromatografia gasosa acoplado a espectrometria de massa (GC / MS). Foram identificados trinta compostos na amostra coletada em M, 24 em B e 14 em P, sendo os principais M:  $\beta$ -selineno (22,56%),  $\alpha$ -gurjuneno (14,66%) e  $\beta$ -cariofileno (10 40%); em B:  $\beta$ -cariofileno (36,32%),  $\alpha$ -humuleno (22,71%) e  $\alpha$ -gurjuneno (21,43%); e em P:  $\beta$ -cariofileno (36,07%),  $\alpha$ -gurjuneno (22,55%) e  $\alpha$ -humuleno (21,24%). Devido ao rendimento, apenas a atividade antibacteriana nos EA de B e P foi determinada, pelo método de difusão em agar com discos, contra bactérias de referência internacional (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Klebsiella pneumoniae* ATCC 23357 e *Pseudomonas aureginosa* ATCC 27853). Ambos os EA inibiram o desenvolvimento de *S. aureus* e *E. faecalis* com uma concentração inibitória mínima de 200  $\mu$ L/mL e 300  $\mu$ L/mL, respectivamente. Este é o primeiro estudo comparativo e atividade antibacteriana do óleo essencial obtido das folhas de *M. indica* L. de três regiões da República Bolivariana da Venezuela.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica* L.; óleo essencial; atividade antibacteriana.



## Introducción

*Mangifera indica* L. (mango) de la familia Anacardiaceae es considerada una de las principales frutas tropicales del mundo, la cual se cree se originó en Asia [1]. Varias partes de la planta son usadas en la medicina tradicional para el tratamiento de diferentes dolencias. Al respecto, diversos estudios han demostrado el potencial farmacológico de algunas de las partes del árbol de *M. indica* L. (hojas, cortezas, cáscara y pulpa de frutas, semilla, raíces y flores), ya que estas poseen propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias, antidiabéticas, antioxidantes, antibacterianas, antifúngicas, antihelmínticas, gastroprotectoras, hepatoprotectoras, inmunomoduladoras, antiplasmodiales, antihiperlipémicas, inmunoestimulantes y antihiperalgésicas [2-5]. Con relación a la composición química de *M. indica* L., se han reportado varios constituyentes bioactivos como polifenoles, terpenos, esteroides, carotenoides, vitaminas y aminoácidos, entre otros [2, 6].

El incremento de bacterias resistentes a los antimicrobianos sintéticos, sobre todo en ambientes hospitalarios, representa un problema de salud pública a nivel mundial [7, 8]. Por lo tanto, la búsqueda de nuevos metabolitos con actividad antibacteriana es fundamental, razón por la cual, los productos naturales son una fuente importante para la investigación.

Dado lo anterior, en este estudio se analizó la composición química y la actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido de las hojas de la especie *M. indica* L., las cuales fueron recolectadas en tres regiones de la República Bolivariana de Venezuela. La investigación se basó en la descripción de la actividad antibacteriana en los extractos obtenidos de diferentes partes de la planta de *M. indica* L. [9-14], con el objetivo de contribuir con la caracterización de esta especie. Este es el primer estudio comparativo acerca de la actividad antibacteriana del aceite esencial procedente de las hojas de *M. indica* L. de tres regiones de Venezuela.

## Materiales y métodos

### Recolección del material vegetal

Las hojas de *M. indica* L. fueron recolectadas en los estados de Mérida (Herbario MERF, Facultad de Farmacia y Bioanálisis), en octubre del año 2014, Barinas (Barinas) y Portuguesa (Guanare), en septiembre del año 2014, en la República Bolivariana de Venezuela. La planta fue identificada por el profesor Pablo Meléndez. Los vouchers N° RP01, RP02 y RP03 fueron depositados en el herbario MERF Ruiz Terán de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis de la Universidad de Los Andes.

### Extracción del aceite esencial de las hojas de *Mangifera indica* L.

Las hojas frescas (4,0 kg) de cada uno de los estados se cortaron en pequeños trozos y se sometieron a hidrodestilación durante 3 h, usando la trampa de Clevenger. El aceite esencial obtenido se secó con  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y se mantuvo a 4-6 °C bajo atmósfera de nitrógeno.

### Identificación de los componentes del aceite esencial de las hojas de *Mangifera indica* L.

Se realizó a través de Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas (CG-EM), empleando el equipo marca Hewlett Packard modelo 6890 con una columna de fenil-metil-polixilosano de 30 m y 0,25 mm de diámetro (HP-5 MS) y con un detector de masa marca Hewlett Packard MSD 5973.

Se preparó una solución al 2% (20  $\mu\text{L}$  del aceite + 1 mL del éter dietílico) y se inyectó 1  $\mu\text{L}$  en el equipo, para su análisis el tiempo fue de 50 min, con un programa de temperatura inicial de 60 °C, siguiendo intervalos de aumento de 4 °C/min, hasta una temperatura final de 260 °C con un Split de 100:1. La caracterización e identificación de los compuestos obtenidos se realizó utilizando la base de datos Wiley MS Data Library 6<sup>th</sup> edición [15].

### Cálculo del índice de Kováts

Se determinaron los índices utilizando el mismo equipo mencionado anteriormente con una serie de patrones de *n*-parafinas desde  $C_7$  hasta  $C_{22}$  [16].

### Determinación de la actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana de los aceites esenciales se determinó por el método de difusión en agar con discos de papel, de acuerdo con la metodología descrita por Velasco *et al.* [17].

### Determinación de la Concentración Inhibitoria Mínima (CIM)

La CIM se define como la concentración más baja capaz de inhibir el crecimiento del microorganismo visible [18]. La CIM se determinó únicamente en los microorganismos que mostraron ser sensibles al aceite esencial. Para determinar la CIM se prepararon diluciones del aceite esencial con DMSO en un rango de concentración de 100-900  $\mu\text{L}/\text{mL}$  y se impregnaron discos con 10  $\mu\text{L}$  de cada dilución. Los ensayos se realizaron por duplicado.

## Resultados y discusión

Del proceso de hidrodestilación de las hojas frescas de *M. indica* L. se obtuvo 0,1 mL de AE del estado de Mérida, 1,4 mL del estado de Barinas y 1,0 mL del estado de Portuguesa para un rendimiento de 0,0025%, 0,035% y 0,025%, respectivamente, con las siguientes características: aspecto transparente, olor característico y color amarillo claro.

En la tabla 1 se muestran los compuestos identificados de los aceites esenciales. Se logró la identificación del 90,97% de los componentes de la muestra recolectada en el estado de Mérida, del 96,94% de la del estado de Barinas y del 98,55% de la del estado de Portuguesa.

Al comparar los tres aceites esenciales se observaron diferencias cualitativas y cuantitativas según la procedencia de la planta. Así, se identificaron 30 compuestos en la muestra recolectada en Mérida, 24 en Barinas y 14 en Portuguesa. Esta diferencia podría atribuirse a las condiciones climáticas, la composición de los suelos, la altitud, entre otros [19, 20]. Sin embargo, la naturaleza de los compuestos de los tres aceites esenciales obtenidos de las hojas de *M. indica* L. contiene en mayor proporción sesquiterpenos hidrocarbonados, con valores entre el 67 y 93%. Se halló  $\beta$ -cariofileno en un 36% para Barinas y Portuguesa y en un 10,49% para Mérida;  $\beta$ -selineno en un 22,56% para Mérida;  $\alpha$ -gurjuneno en un 21,43% para Barinas, en un 22,55% para Portuguesa y en un 14,66% para Mérida; y  $\alpha$ -humuleno en un 22,71% para Barinas y en un 21,24% para Portuguesa. Estos resultados se corresponden con estudios realizados recientemente en Brasil, como, por ejemplo, Oliveira *et al.* [3]. En este estudio se analizó el aceite esencial obtenido de las hojas de dos variedades de *M. indica* L.

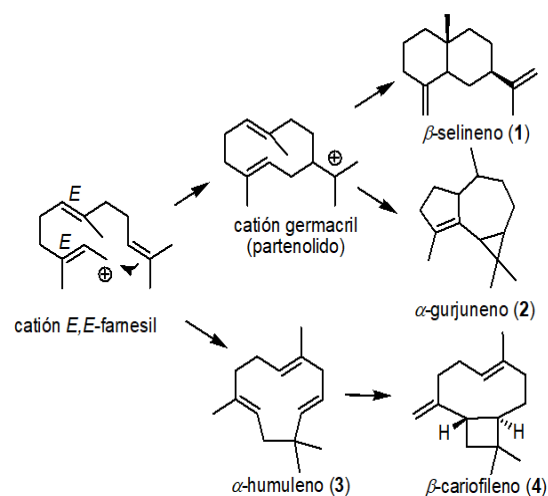
**Tabla 1.** Composición química del aceite esencial obtenido de las hojas de *Mangifera indica* L. de los estados Mérida, Barinas y Portuguesa.

Nº pico	TR	Nombre del Compuesto	% AE M	% AE B	% AE P	IK <sub>ref</sub>	IK <sub>calc</sub>
1	3,91	3-hexeno-1-ol	0,72	0,70	3,37	859	857
2	5,47	$\alpha$ -pineno	1,18	0,08	1,19	939	932
3	6,76	$\beta$ -Mirceno	0,50	-	-	990	976
4	7,32	$\delta$ -careno	6,38	0,09	1,97	1008	994
5	7,71	<i>p</i> -cimeno	0,89	-	-	1024	1006
6	7,87	$\beta$ -felandreno	5,66	-	-	1029	1013
7	12,69	Criptono	0,60	-	-	1185	1186
8	17,59	$\delta$ -elemeno	0,67	0,19	0,80	1338	1344
9	19,34	$\beta$ -elemeno	1,43	1,12	-	1390	1396
10	20,06	$\alpha$ -gurjuneno	14,66	21,43	22,55	1409	1421
11	20,30	$\beta$ -cariofileno	10,40	36,32	36,07	1419	1429
12	20,82	Aromadendreno	-	0,12	-	1441	1447
13	21,32	$\alpha$ -humuleno	6,19	22,71	21,24	1452	1465
14	21,51	Allo-aromadendreno	1,70	1,68	1,57	1460	1471
15	21,77	Aristolocheno 4,5 di-epi	2,76	-	-	1473	1480
16	21,82	$\gamma$ -gurjuneno	0,73	0,87	0,72	1477	1482
17	22,13	Germacreno-D	1,43	1,00	0,65	1485	1492
18	22,25	$\beta$ -selineno	22,56	0,54	-	1490	1501
19	22,51	Valenceno	1,70	-	-	1496	1505
20	22,58	Ledeno	4,55	4,42	7,21	1497	1506
21	22,61	Biciclogermacreno	-	3,31	-	1500	1507
22	22,83	$\alpha$ -farneseno	-	1,16	0,59	1505	1514
23	23,22	<i>Epi</i> - $\alpha$ -selineno	0,92	-	-	1522	1526
24	23,37	$\delta$ -cadineno	0,60	0,25	-	1523	1530
25	24,34	Germacreno B	0,89	0,38	-	1561	1561
26	24,66	Palustrol	0,70	0,40	-	1567	1570
27	24,93	Espatulanol	1,27	0,38	-	1578	1579
28	25,11	Óxido de cariofileno	3,38	1,27	-	1583	1585
29	25,35	Globulol	0,78	0,44	0,45	1590	1591
30	25,68	Ledol	1,03	0,49	0,53	1602	1600
31	25,85	Epóxido de humuleno	1,19	-	-	1608	1607
32	27,10	<i>T</i> -muurolol	0,82	0,17	-	1646	1658
33	32,69	Salicilato de bencilo	0,57	-	-	1865	1881
Hidrocarburos Alifáticos Oxigenados			1,32	0,70	3,37		
Hidrocarburos Monoterpénicos			14,61	0,17	3,16		
Hidrocarburos Sesquiterpénicos			67,06	93,09	91,04		
Sesquiterpenos oxigenados			7,98	2,98	0,98		
<b>Total identificado</b>			<b>90,97</b>	<b>96,94</b>	<b>98,55</b>		

TR: tiempo de retención. % Área: área relativa del AE M (aceite esencial del estado Mérida), porcentaje de área del AE B (aceite esencial del estado Barinas), porcentaje de área del AE P (aceite esencial del estado Portuguesa). IK<sub>ref</sub>: índice de Kováts tomado de la bibliografía [15]. IK<sub>calc</sub>: índice de Kováts calculado con la temperatura programada en la columna HP-5 MS (Wiley, NIST).

Se encontraron, en gran medida, compuestos de la variedad Espada sesquiterpenos, tales como:  $\beta$ -selineno (34,90%), cipereno (22,40%), (*E*)-cariofileno (16,39%),  $\alpha$ -humuleno (10,84%), terpinoleno (2,31%) y  $\alpha$ -selineno (2,31%). De la variedad Corazao de boi se hallaron: cipereno (32,62%), (*E*)-cariofileno (26,91%),  $\alpha$ -humuleno (17,12%), terpinoleno (2,32%),  $\beta$ -selineno (5,70%) y mirceno (2,80%). En el mismo año, Fontanelle *et al.* [21] señalaron, como constituyentes principales, para la variedad Tommy-Atkins los siguientes compuestos:  $\beta$ -selineno (29,49%), óxido de cariofileno (12,40%) y epóxido II de humuleno (8,66%); y para las variedades Rosa, Moscatel y Jazmín: óxido de cariofileno (23,62, 48,42 y 30,77%, respectivamente) y epóxido II de humuleno (11,56, 23,45 y 16,27%, respectivamente). Por otra parte, Gebara *et al.* [22] también reportaron altas proporciones de estos compuestos en el aceite esencial obtenido de las hojas de la variedad Coquinho. En Nigeria, el análisis del aceite esencial obtenido de las hojas de *M. indica* reveló que este era rico en sesquiterpenos (70,3%), siendo los compuestos más encontrados:  $\delta$ -3-careno (20,5%),  $\alpha$ -gurjuneno (19,2%),  $\beta$ -selineno (13,9%) y  $\beta$ -cariofileno (13,7%) [6].

Las especies de *M. indica* L. de Barinas y Portuguesa crecen en climas muchos más cálidos, con temperaturas promedio anual entre 22 y 32 °C y con una altitud de 107 y 187 m.s.n.m, respectivamente, en comparación a la especie del estado de Mérida, la cual se desarrolla a temperaturas más bajas (temperatura promedio anual entre 12 y 20 °C y una altitud de 1630 m.s.n.m). Tras analizar los componentes mayoritarios, se pudo observar que estos tienen un origen común a partir del *E,E*-farnesil. Solo la biosíntesis de la especie de Mérida produce selineno (2) mientras que la de Barinas y Portuguesa producen  $\alpha$ -humuleno y  $\beta$ -cariofileno (Figura 1) [23]. Esta diferencia podría atribuirse a los siguientes factores, los cuales influyen en el contenido de metabolitos secundarios y en los cambios de las condiciones físicas: clima, temperatura, agua, años, radiación UV, depredadores, variaciones fisiológicas, factores genéticos, nutrientes, evolución, altitud, composición atmosférica, entre otros. Estos factores contribuyeron a la evolución de la especie para adaptarse y sobrevivir en el medio ambiente que la rodea [24, 25].


**Figura 1.** Esquema de la biosíntesis de  $\beta$ -Selineno,  $\alpha$ -humuleno y  $\beta$ -cariofileno.

Respecto a la evaluación de la actividad antibacteriana, el aceite esencial obtenido de las hojas de *M. indica* L. de los estados Barinas y Portuguesa inhibió el crecimiento de las bacterias Gram positivas, *S. aureus* y *E. faecalis*, con un valor de CIM de 200  $\mu$ L/mL y 300  $\mu$ L/mL, respectivamente, para ambos estados (tabla 2). Debido al bajo rendimiento obtenido del aceite esencial del estado de Mérida (0,1 mL), no fue posible determinar dicha actividad.

De acuerdo con la literatura consultada, este es el primer reporte sobre actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido de las hojas de esta especie.

**Tabla 2.** Actividad antibacteriana del aceite esencial obtenido de las hojas de *Mangifera indica* L. de los estados Barinas y Portuguesa.

Microorganismos	Zona de inhibición* (mm)							CIM μL/mL
	Aceite esencial		Compuestos de Referencia (control)					
	Portuguesa	Barinas	OX	VA	CXM	ATM	CEF	
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	11*	10*	26*					200
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	9*	9*		23*				300
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ATCC 23357	NA	NA			33*			NP
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	NA	NA				22*		NP
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 27853	NA	NA					31*	NP

\*mm de los halos de inhibición diámetro del disco 6 mm, media tomada de dos ensayos consecutivos; NA: no activo; NP: no probado. OX: oxacilina; VA: vancomicina; CXM: cefuroxima; ATM: aztreonam; CEF: cefepime; CIM: concentración inhibitoria mínima rango 100-900 μL/mL.

Son numerosas las investigaciones realizadas para evaluar la actividad antibacteriana de los extractos con diferentes solventes de varias partes del árbol de *M. indica* L., con relación a los extractos de hojas [26]. Estas, señalan que el extracto con cloroformo de las hojas de *M. indica* L., recolectado en Nigeria, fue activo frente a *S. aureus*. Por otra parte, Islam *et al.* [9] mostraron el efecto antibacteriano del extracto metanólico de las hojas de una variedad de mango localizada en Bangladesh, el cual inhibió el desarrollo de *S. aureus*, *Streptococcus agalactiae*, *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis* y *Lactobacillus bulgaricus*. La actividad frente a *B. cereus* también fue reportada por Madduluri *et al.* [27] en extractos metanólicos y etanólicos de las hojas de *M. indica* procedente de la India. Bharti [28] refiere que los extractos de hexano y hexano / acetato de etilo de las hojas de *M. indica* (India) ejerce prometedores efectos antibacterianos contra *Mycobacterium tuberculosis*, *Enterobacter aerogenes* y *Streptococcus pyogenes*. Chandrashekaret *et al.* [29] informaron que el extracto etanólico de las hojas de *M. indica* L., puede inhibir el crecimiento de *Streptococcus mutans*.

El extracto de acetona de las hojas de *M. indica* L., cultivada en Pakistán, inhibió el desarrollo de *Salmonella Typhi* multirresistente [30]. La mayoría de estos resultados coinciden en la actividad frente a bacterias Gram positivas. Esta actividad, para el caso del aceite esencial obtenido de las hojas de *M. indica* L., evaluado en este estudio, se puede atribuir a la presencia del compuesto mayoritario β-cariofileno (36%), al cual se le ha descrito actividad antibacteriana frente a *S. aureus* [31, 32]. En cuanto a la actividad antibacteriana, con relación al mecanismo de acción de los aceites esenciales como agentes antibacterianos, se debe considerar el gran número de componentes químicos existentes en estos, ya que no presentan un mecanismo específico. Es posible afirmar que el mecanismo de acción podría estar dirigido a inhibir la síntesis del peptidoglicano, compuesto principal de la pared celular de este grupo bacteriano. Esto se debe a la presencia de los extremos lipofílicos de la membrana celular de las bacterias Gram positivas que pueden facilitar la penetración de los compuestos hidrófobos [33, 34, 35].

## Conclusiones

A partir de este estudio, se puede concluir que el AE obtenido de las hojas de *M. indica* L. está compuesto, principalmente, por sesquiterpenos hidrocarbonados con valores entre 67 y 93%. Los siguientes compuestos predominan según la región: β-cariofileno (B: 36,32%, P: 36,07%), β-selineno (M: 22,56%), α-gurjuneno (M: 14,66% B: 21,43% y P: 22,55%), β-cariofileno (M: 10,40%) y α-humuleno (B: 22,71% y P: 21,24%). El AE obtenido de las hojas de *M. indica* L., recolectado en Barinas y Portuguesa, inhibió el desarrollo de las bacterias Gram positivas, *S. aureus* y *E. faecalis*, con valores de CIM de 200 μL/mL y 300 μL/mL, respectivamente. Dicho resultado brinda una alternativa terapéutica frente a estos patógenos de importancia clínica.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Herbario MERF “Ruiz Terán” de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis. De la Universidad de los Andes, los autores agradecen al Cepario del Laboratorio de Microbiología y Parasitología de la Facultad de Farmacia y Bioanálisis; al Laboratorio de Síndromes Gastrointestinales y Urinarios (SGU), “Profesora Luisa Vizcaya”; al Departamento de Microbiología y Parasitología; a la Facultad de Farmacia y Bioanálisis; a la Universidad de los Andes; y al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de las Artes de la Universidad de los Andes (CDCHTA-ULA) por su apoyo económico a través del proyecto FA-562-14-08-B.

## Referencias

- [1] R. Hirano y K. Watanabe, “Myanmar mango landraces reveal genetic uniqueness over common cultivars from Florida, India, and Southeast Asia,” *Genome*. vol. 53, n° 4, pp. 321-330, 2010. DOI: 10.1139/g10-005.
- [2] M. Ediriweera, K. Tennekoon, S. Samarakoon, “A Review on ethnopharmacological applications, pharmacological activities, and bioactive compounds of *Mangifera indica* (Mango),” *Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, pp. 1-24, 2017. DOI: doi.org/10.1155/2017/6949835.
- [3] R. Oliveira, T. Dutra, E. Simionatto, N. Ré, C. Kassuya y C. Cardoso, “Anti-inflammatory effects of essential oils from *Mangifera indica*,” *Genet. Mol. Res.*, vol. 16, n° 1, pp. 1-9, 2017. DOI: dx.doi.org/10.4238/gmr16019227.
- [4] Ch. Savant, A. Kulkarni, B. Mannasaheb y R. Gajare, “Immunostimulant phytoconstituents from *Mangifera indica* L. bark oil,” *J. of Phytopharmacol.*, vol. 3, n° 2, pp. 139-148, 2014.
- [5] B. Garrido, F. Bosch, G. Garrido, R. Delgado, J. Porro y J. Manero, “Utilidad del extracto de *Mangifera indica* L (VIMANG) en el síndrome doloroso regional complejo. A propósito de un caso,” *Rev. Soc. Esp. Dolor.*, vol. 14, n° 7, pp. 494-500, 2007.
- [6] A.D[zbreve]amić, P. Marín, A. Gbolade, M. Ristić, “Chemical composition of *Mangifera indica* essential oil from Nigeria,” *J. Essen Oil Res.*, vol. 22, n° 2, pp. 123-125, 2014. DOI: 10.1080/10412905.2010.9700279.
- [7] P. Agaba, J. Tumukunde, J. Tindimwebwa y A. Kwizera, “Nosocomial bacterial infections and their antimicrobial susceptibility patterns among patients in Ugandan intensive care units: a cross sectional study,” *BMC Res Notes.*, vol. 10, n° 349, pp. 2-12, 2017. DOI: 10.1186/s13104-017-2695-5.

- [8] T. Feleke, S. Eshetie, M. Dagnew, M. Endris, W. Abebe, T. Moges y M. Feleke, "Multidrug-resistant bacterial isolates from patients suspected of nosocomial infections at the university of gondar comprehensive specialized hospital, northwest Ethiopia," *BMC Res Notes*, vol. 11, n° 1, pp. 1-7, 2018. DOI: doi.org/10.1186/s13104-018-3709-7.
- [9] R. Islam, M. Mannan, M. Kabir, A. Islam y K. Olival, "Analgesic, anti-inflammatory and antimicrobial effects of ethanol extracts of mango leaves," *JBAU*, vol. 8, n° 2, pp. 239-244, 2010.
- [10] Ch. Savant, A. Kulkarni, B. Abdel-Wahab, A. Al-Qahtani, B. Mannasaheb y I. Shaikh, "Phytochemical characterization and Antibacterial potentials of *Mangifera indica* L. bark oil," *J. Appl Pharmac Sci.*, vol. 7, n° 04, pp. 138-141, 2017. DOI: 10.7324/JAPS.2017.70420.
- [11] K. Guerra Guamán y A. Román Salmerón. Determinación de la actividad antimicrobiana de extractos de las hojas de *Mangifera indica* L. Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil, Facultad Ciencias Químicas, Ecuador, Guayaquil, 2016.
- [12] J. Mutua, S. Imathiu y W. Owino, "Evaluation of the proximate composition, antioxidant potential, and antimicrobial activity of mango seed kernel extracts," *Food Sci Nutr.*, vol. 5, n° 2, pp. 349-357, 2016. DOI: 10.1002/fsn3.399.
- [13] A. Subbiya, K. Mahalakshmi, S. Pushpangadan, K. Padmavathy, P. Vivekanandan y V. Sukumaran, "Antibacterial efficacy of *Mangifera indica* L. kernel and *Ocimum sanctum* L. leaves against *Enterococcus faecalis* dental biofilm," *J. Conserv Dent.* vol. 16, n° 5, pp. 454-457, 2013. DOI: 10.4103/0972-0707.117507.
- [14] C. Dikonketso, P. Preety, S. Ajay, C. Brigdet y S. Namrita, "Antibacterial Activity of *Azadirachta indica*, *Pongamia pinnata*, *Psidium guajava*, and *Mangifera indica* and their mechanism of action against *Streptococcus mutans*," *Pharmacogn Mag.*, vol. 14, n° 53, pp. 76-80, 2018. DOI: 10.4103/pm.pm\_102\_17.
- [15] R. Adams. Identificación de compuestos de aceites esenciales por Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de masas. 4<sup>th</sup> Edición. Illinois (USA), pp. 1-804, 2007.
- [16] E. Kováts. Retenciones de índices de haluro alifático, Alcohol aldehído y cetona. XLI, pp. 1915, 1958.
- [17] J. Velasco, J. Rojas, P. Salazar, M. Rodríguez, T. Díaz, A. Morales y M. Rondón, "Actividad antibacteriana del aceite esencial de *Lippia oreganoides* frente a cepas bacterianas multirresistentes de origen nosocomial," *Nat Prod Commun.*, vol. 2, n° 1, pp. 85-88, 2007.
- [18] CLSI. *Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. 28<sup>th</sup> ed. CLSI supplement M100. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute. USA, pp. 1-15, 2018.
- [19] K. Aboukhalid et al., "Influence of environmental factors on essential oil variability in *Origanum compactum* Benth. Growing wild in Morocco," *Chem Biodivers.*, vol. 14, n° 9, 2017. DOI: 10.1002/cbdv.201700158.
- [20] A. Kumar, A. Niranjana, A. Lehri, R. Srivastava y S. Tewari, "Effect of Geographical Climatic Conditions on Yield, Chemical Composition and Carbon Isotope Composition of Nagarmotha (*Cyperus scariosus* R. Br.) Essential Oil," *J. Essent Oil Bear Pl.*, vol. 19, n° 2, pp. 368-373, 2016. DOI: 10.1080/0972060X.2016.1148642.
- [21] R. Fontenelle *et al.*, "Effect of essential oils from *Mangifera indica* L. cultivars on the antifungal susceptibility of *Candida spp.* strains isolated from dogs," *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, vol. 18, n° 2, pp. 337-346, 2017. DOI: doi.org/10.1590/S1519-99402017000200012.
- [22] S. Gebara, W. Oliveira, N. Ré-Poppi, E. Simionatto y E. Carasek, "Volatile compounds of leaves and fruits of *Mangifera indica* var. *coquinho* (Anacardiaceae) obtained using solid phase microextraction and hydrodistillation," *Food Chem.*, vol. 127, n° 2, pp. 689-693, 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.123
- [23] P. Dewick. *Medical Natural Product*. 3<sup>er</sup> edición, Jhon Wiley & Sons LTD. University of Nottingham, UK, pp. 1-546, 2009.
- [24] N. Gobbo y N. Lopes, "Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários," *Quim Nova.*, vol. 30, n° 2, pp. 274-381, 2007. DOI: dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000200026.
- [25] A. Figueiredo, L. Barroso y P. Scheffer, "Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils," *Flavour and Frag J.*, vol. 23, n° 4, pp. 213-226, 2008. DOI: doi.org/10.1002/ffj.1875.
- [26] S. Diso, S. Ali, M. Mukhtar y M. Garba, "Antibacterial activity and phytochemical screening of *Mangifera indica* (Mango) stem and leaf extracts on clinical isolates of methicillin resistant *Staphylococcus aureus*," *J. Adv Medic Pharmac Sci.*, vol. 13, n° 1, pp. 1-6, 2017. DOI: 10.9734/JAMPS/2017/31127.
- [27] S. Madduluri, K. Babu-Rao y B. Sitaram, "In vitro evaluation of antibacterial activity of five indigenous plants extract against five bacterial pathogens of human," *Int J Pharm Pharm Sci.*, vol. 5, n° 4, pp. 679-684, 2013.
- [28] R. Bharti. Studies on antimicrobial activity and phytochemical profile of *Mangifera indica* leaf extract. *IOSR J. Environ Sci Toxic and Food Technol.*, vol. 7, n° 3, pp. 74-78. 2013.
- [29] B. Chandrashekar, R. Nagarajappa, R. Singh y R. Thakur, "An in vitro study on the anti-microbial efficacy of ten herbal extracts on primary plaque colonizers," *J. Young Pharmacists.*, vol. 6, n° 4, pp. 33-39. 2014. DOI: 10.5530/jyp.2014.4.6.
- [30] A. Hannan, S. Asghar, T. Naeem, M. Ikram-Ullah, I. Ahmed, S. Aneela y S. Hussain, "Antibacterial effect of mango (*Mangifera indica* Linn.) leaf extract against antibiotic sensitive and multi-drug resistant *Salmonella Typhi*," *Pak J Pharm Sci.*, vol. 26, n° 4, pp. 715-719, 2013.
- [31] S. Dahham, Y. Tabana, M. Iqbal, M. Ahamed, M. Ezzat, A. Majid y A. Majid, "The anticancer, antioxidant and antimicrobial properties of the sesquiterpene  $\beta$ -Caryophyllene from the essential oil of *Aquilaria crassna*," *Molecules.*, vol. 20, n° 7, pp. 11808-11829, 2015. DOI: doi.org/10.3390/molecules200711808.
- [32] A. Guerrini, G. Sacchetti, A. Grandini, A. Spagnoletti, M. Asanza, y L. Scalvenzi, "Cytotoxic Effect and TLC Bioautography-Guided Approach to Detect Health Properties of Amazonian *Hedyosmum sprucei* Essential Oil," *Hindawi Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, pp. 1-8, 2016. DOI: doi.org/10.1155/2016/1638342.
- [33] M. Torrenegra, N. Pájaro y G. León, "Actividad antibacteriana in vitro de aceites esenciales de diferentes especies del genero *Citrus*," *Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.*, vol. 46 n° 2, pp. 160-175, 2017. DOI: doi.org/10.15446/rcciquifa.v46n2.67934.

[34] F. Argote, Z. Suarez, M. Tobar, J. Perez, A. Hurtado y J. Delgado. Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Chemotype. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Edición Especial, No 2, pp. 52-60, 2017. DOI: doi.org/10.18684/bsaa(v15)EdiciónEspecialn2.578.

[35] S. Chouhan, K. Sharma y S. Guleria, "Antimicrobial Activity of Some Essential Oils-Present Status and Future Perspectives," *Medicines*, vol. 4, nº 58, pp 1-21, 2017. DOI: 10.3390/medicines4030058.

**Article citation:**

R. Aparicio-Zambrano, J. Velasco-Carrillo, R. Paredes-Uzcatogui & L. Rojas-Fermin. "Caracterización química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Mangifera indica* L. de tres regiones de Venezuela" *Rev. Colomb. Quim.*, vol. 48, no. 3, pp. 13-18, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n3.79292>.