

Composición química y actividad insecticida frente a mosquitos del aceite esencial de *Curcuma aeruginosa* Roxb

Chemical composition and insecticidal activity against mosquitoes of the essential oil of *Curcuma aeruginosa* Roxb

Dr. C. Quirino Arias Cedeño ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6024-9877>
Dr. C. Maureen Leyva Silva ² <http://orcid.org/0000-0002-4225-0150>
Dr. MV. Pedro Luis Guevara Blanco ¹ <https://orcid.org/0000-0001-5501-7078>
M. Sc. Lázaro Eduardo Valdés Izaguirre ^{1,3} <https://orcid.org/0000-0002-5285-2647>
Dr. M.H.C. Peter Langer ⁴ <https://orcid.org/0000-0002-7665-8912>

¹ Centro de Estudios de Química Aplicada, Facultad de Ciencias Técnicas, Universidad de Granma. Granma, Cuba.

² Departamento de Control de Vectores, Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri”. Ministerio de Salud Pública. La Habana, Cuba.

³ Departamento de Medicina Veterinaria. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Granma. Granma, Cuba.

⁴ Departamento de Química orgánica, Instituto de Química, Universidad de Rostock, Alemania

*Autor para la correspondencia: quirinoarias65@gmail.com

Recibido: de 2023

Aprobado: de 2024

RESUMEN

Con la finalidad de desarrollar alternativas naturales para el control de vectores de importancia médica, fue evaluada la composición química y la actividad insecticida del aceite esencial de rizomas de *Curcuma aeruginosa* Roxb. El aceite fue caracterizado por sus propiedades organolépticas, físico-químicas y los espectros ultravioleta e infrarrojo. La cuantificación de los componentes del aceite se realizó por cromatografía gaseosa, y fueron identificados los mayoritarios por espectrometría de masas. La Curzerenona resultó el componente más abundante. La actividad insecticida fue evaluada en poblaciones de *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* y *Culex quinquefasciatus*, utilizando metodologías estandarizadas por la Organización Mundial de la Salud. El aceite mantuvo respuesta homogénea frente a las tres poblaciones de mosquitos, mostrando una significativa actividad larvicida y adulticida. Constituye el primer reporte de la composición química del aceite esencial de *C. aeruginosa* cultivada en la región oriental cubana, y los bioensayos demostraron su potencial insecticida como alternativa ecológica.

Palabras Claves: *Curcuma aeruginosa*; aceite esencial; curzerenona; actividad larvicida; actividad adulticida

ABSTRACT

In order to develop natural alternatives to control mosquitoes of medical importance, the chemical composition and insecticidal activity of the essential oil of the rhizomes of *Curcuma aeruginosa* Roxb were evaluated. The oil was characterized by its organoleptic, physical-chemical properties and ultraviolet and infrared spectra. The quantification of the oil components was carried out by gas chromatography and the major ones were identified by mass spectrometry; Curzerenone was the most abundant component. The insecticidal activity was evaluated in populations of *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* using methodologies standardized by the World Health Organization. The oil maintained an homogeneous response against the three mosquito populations, showing significant larvicidal and adulticidal activities. It constitutes the first report of the chemical composition of the essential oil of *C. aeruginosa* cultivated in the eastern Cuban region and the bioassays conducted demonstrated its insecticidal potential as an ecological alternative.

Keywords: *Curcuma aeruginosa*; essential oil; curzerenone; larvicidal activity; adulticidal activity

INTRODUCCIÓN

El uso de plantas medicinales ha adquirido relevancia en los últimos años por su probada efectividad e inocuidad, y por ser la base del sistema de medicina alternativa y fuente de materia prima de medicamentos, productos fitosanitarios y plaguicidas.^(1,2)

El género *Curcuma*, con más de 70 especies de hierbas pertenecientes a la familia *Zingiberaceae*, está ampliamente distribuido en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. La *Curcuma aeruginosa* Roxb, nativa de la actual República de Myanmar en Indochina, es cultivada extensivamente en Malasia, Tailandia, India e Indonesia con fines ornamentales, alimenticios y para el tratamiento de diversas enfermedades, las que han sido de mucho interés en los últimos años.^(3,4)

Los rizomas de *C. aeruginosa*, tradicionalmente fueron usados para tratar diarreas, infecciones fúngicas, tumores, asma y bronquitis y sus extractos exhiben moderada actividad antimicrobiana. Los resultados de la evaluación *in vitro* e *in vivo* del efecto antiinflamatorio de los extractos de *C. aeruginosa*, validan que sea considerado un potencial antiinflamatorio natural, lo que ha sido relacionado con la presencia de curcumina, entre otros metabolitos, compuesto responsable de muchos de sus efectos farmacológicos. Estudios recientes evidencian también que el aceite esencial (AE) de los rizomas frescos de esta especie podría ser una potencial fuente de sustancias naturales antimicrobianas.^(5,6) Menos investigada ha sido la actividad insecticida, propiedad adicional que permite sea considerada como una alternativa para el control biológico de vectores que afectan la salud humana y animal.⁽⁷⁾

Los crecientes inconvenientes de insecticidas sintéticos, por su alto costo, riesgos para la salud, contaminación ambiental y la evolución de resistencia en dianas de control, provocan el interés en métodos de control naturales contra plagas de importancia médica. La elaboración de bioproductos, más biodegradables que los sintéticos, es una alternativa accesible, de bajo costo y que minimiza las afectaciones ecológicas.⁽⁸⁾

La actividad biológica de aceites esenciales (AE) aislados de plantas aromáticas para el control de mosquitos y su relación con la composición química ha sido reportada.⁽⁹⁾ Sin embargo, el contenido y composición de AE de los rizomas de *Curcuma* varía con factores internos como genotipos y variedades de la especie, o factores externos como las condiciones climatológicas, de cultivo, madurez, almacenaje, métodos de extracción y de secado, entre otros. Estos

factores influyen en las variaciones significativas entre los reportes de la composición química de los AE de una especie cultivada en diferentes regiones y, por tanto, es necesario demostrar la calidad y composición de los AE para establecer su relación con la actividad biológica.^(10,11)

Los AE constituyen mezclas complejas y muy variable de compuestos orgánicos volátiles en concentraciones muy diferentes. Las fracciones más abundantes reportadas para el AE de *C. aeruginosa*, en general, presentan en su composición sesquiterpenos oxigenados, seguido de sesquiterpenos.⁽¹⁰⁾

Teniendo en cuenta la demanda de productos naturales con acción biológica que contribuyan al control integral de plagas, el objetivo del trabajo es determinar la composición y la potencial actividad insecticida del AE de los rizomas de *C. aeruginosa* cultivada en la región oriental de Cuba, lo que no ha sido reportado aún.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en los laboratorios de Productos Naturales del Centro de Estudios de Química Aplicada (CEQA) de la Universidad de Granma, de Control Químico de Vectores del Instituto de Medicina Tropical, “Pedro Kouri” (IPK), en Cuba, y del Instituto de Química de la Universidad de Rostock, en Alemania.

El material vegetal se recolectó después de terminado el ciclo vegetativo de las plantas, de forma aleatoria, en áreas del Parque Nacional “Sierra Maestra” en el municipio Bartolomé Masó de la provincia Granma, región oriental de Cuba, según la norma ramal del Ministerio de Salud Pública (NRSP) 309.⁽¹²⁾ Para la identificación de la especie *Curcuma aeruginosa* Robx., se herborizó un ejemplar representativo que fue depositado en el Jardín Botánico Cupaynicú en Granma. La evaluación se realizó por el Dr. C. Luis J. Catasús Guerra, Investigador Titular, Curador de Herbario y miembro de la Comisión Nacional de Expertos en Taxonomía Vegetal de la Flora de la República de Cuba.

La extracción del AE de los rizomas frescos se realizó por hidrodestilación. El mismo fue colectado en diclorometano, secado sobre sulfato de sodio anhidro y separado del disolvente en un rotoevaporador IKA RV10 a temperatura de 40 °C y presión atmosférica. El AE fue medido para calcular el rendimiento porcentual (masa/masa) y conservado en frascos ámbar a la temperatura de 4 °C.

La calidad del aceite fue evaluada mediante parámetros organolépticos y químico-físicos. El índice de refracción (n^{20}_D , 20 °C), fue determinado en un equipo KRÜSS, modelo AR-4; la rotación óptica (C:1, 24 °C, CHCl_3), medida en tubos de 2 cm de largo en un polarímetro GYROMAT-HP, modelo DR. KERNCHEN y la densidad relativa por picnometría, en un micro picnómetro BRABD WERTHEIM de 1 mL a la temperatura de 22 °C, expresada en g/mL. En todos los casos de acuerdo con lo establecido por la NRSP 312.⁽¹³⁾

Los perfiles de los espectros ultravioleta (UV-vis) e infrarrojo (IR) fueron realizados en equipos Perkin-Elmer Lambda 2UV-Spectrometer y 380 FT-IR Spectrometer, respectivamente. Los espectros UV fueron obtenidos de disoluciones de etanol utilizando celdas de cuarzo de 1 cm de espesor, mediante el software UV-2100 y los espectros IR registrados en bromuro de potasio. La temperatura en el momento de la medición fue de 20 °C. Todos los equipos usados son de procedencia alemana.

La composición química del AE fue determinada en un cromatógrafo gaseoso (7890A), acoplado directamente al espectrómetro de masas de serie 5973 ambos de Agilent Technologies. Se utilizó una columna capilar de sílice HP-5 (30 m \times 0,25 mm \times 250 μm). El gas transportador fue argón con velocidad de flujo de 1 mL por minuto. La temperatura de separación inicial fue programada a 50 °C, con incremento gradual de 8 grados por min hasta 260 °C por 5 min, luego se incrementó hasta 280 °C por 5 min, hasta la elución total a temperatura final de 300 °C. Para obtener los espectros de masas se usó el método de ionización química. La identificación de los compuestos se realizó auxiliada con bases de datos automatizadas y el Atlas Registry of Mass Spectra Data.

Las evaluaciones de la actividad insecticida se realizaron en poblaciones de mosquitos *Aedes aegypti* (Rockefeller y Marianao, 2013), *A. albopictus* (Fraga, 2012) y *Culex quinquefasciatus* (Baracoa, 2014). Para la actividad larvicida se utilizó la metodología de la Organización Mundial de la Salud (OMS),⁽¹⁴⁾ y como control positivo se utilizó Temefos grado técnico. Se determinó la mortalidad a las 24 horas. La evaluación de la actividad adulticida se realizó mediante las técnicas de botellas impregnadas, siguiendo el protocolo del Centro para el control y prevención de enfermedades (CDC),⁽¹⁵⁾ y de papeles impregnados, según metodología de la OMS,⁽¹⁶⁾ como control positivo se usó Malation 5 %.

Las concentraciones letales 50 (CL_{50}) y 90 (CL_{90}) para la actividad larvicida y los tiempos de derribo (TD_{50} y TD_{90}), fueron obtenidos mediante la prueba Probit del programa estadístico SPSS (versión 11 para Windows). A los datos obtenidos se le comprobó la normalidad por la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza según Bartlett, se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y comparación múltiple de medias, según la prueba paramétrica de Tukey a probabilidad de error al 1 % ($p < 0,01$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis botánico realizado a un ejemplar representativo de la planta herborizada, permitió establecer que corresponde con la especie de interés, la *Curcuma aeruginosa* Roxb, conocida en el país como Flor de Abril, e introducida con fin ornamental. En los sitios de colecta, la especie forma amplias poblaciones, lo que denota la buena adaptación lograda a la región oriental cubana. La especie se registró con número de herbario 3012, serie Catasús, sin antecedentes de estudios con fines medicinales en el país, y constituyó el primer reporte botánico de la especie en Cuba.

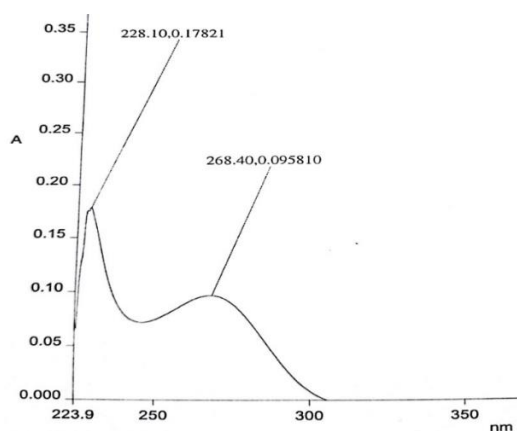
El AE extraído es un líquido oleoso, de aspecto claro y transparente, con un tenue color amarillo, olor fuerte penetrante y textura característica de aceite de plantas aromáticas. El rendimiento promedio obtenido de AE fue de 0,43 %, como se observa en la [tabla 1](#). Este valor es superior al alcanzado en otros estudios para la especie con el mismo método de extracción.⁽¹⁷⁾

El AE de la *C. aeruginosa*, es dextrógiro y posee una significativa diferencia en la rotación óptica (+ 7,225) con respecto a la especie más conocida del género *C. longa*, que es levógira (-33,412), lo que evidencia una notable diferencia en la composición química.⁽¹⁸⁾ El aceite es más denso que el agua y posee un alto índice de refracción, superior a 1,5 característico de aceites esenciales. Además, posee buena solubilidad en disolventes de diferente polaridad, como tolueno, diclorometano, acetato de etilo, acetona y etanol. Este comportamiento es una evidencia de abundancia de compuestos oxigenados en su composición.⁽¹⁹⁾

El espectro UV del AE ([figura 1](#)), posee dos bandas de baja intensidad, la banda estrecha de máxima absorción a 228,1 nm, puede ser asociada a las transiciones electrónicas de componentes con presencia de enlaces dobles carbono-carbono, como los monoterpenos y sesquiterpenos oxigenados, en los que se producen con relativa facilidad las transiciones de tipo $\pi \rightarrow \pi^*$.

Tabla 1: Rendimiento y parámetros químico-físicos del AE extraído de los rizomas de *C. aeruginosa*

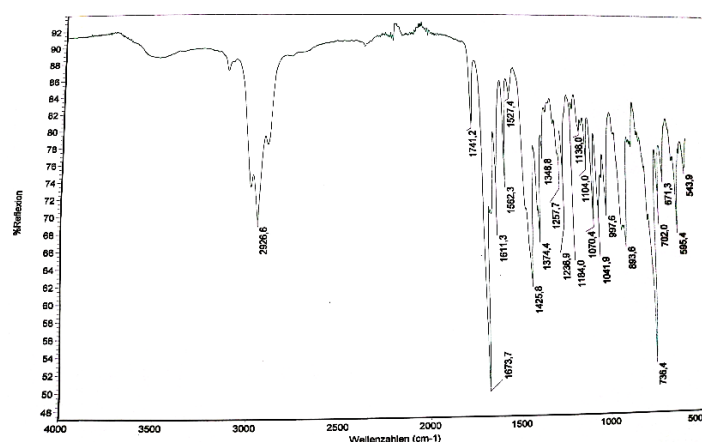
Especie	Rdto (%, m/m)	Índice de refracción (n_D^{20} , 20 °C)	Rotación óptica (C:1,24°C,CHCl ₃)	Densidad (g/mL, T: 25 °C)
<i>C.aeruginosa</i>	0,43	1,5116	+7,225	1,075

**Fig. 1:** Perfil del espectro de UV-VIS del AE de *C. aeruginosa*

La otra señal del espectro corresponde a una banda ancha de más baja intensidad en 268,4 nm, que pudiera ser resultado de las contribuciones a la absorbancia total de las transiciones electrónicas $\pi \rightarrow \pi^*$ de los grupos cetónicos presentes en diversos componentes sesquiterpénicos oxigenados de gran abundancia relativa en el AE. El perfil del espectro se corresponde con el encontrado para otros aceites esenciales con composición terpénica similar.⁽¹⁸⁾

El perfil del espectro infrarrojo del AE (figura 2), muestra las señales de las vibraciones de mayor intensidad en $1\ 673,7\ \text{cm}^{-1}$ característico de grupos carbonilos conjugados que pueden corresponder a sesquiterpenos cetónicos, así como la señal de $2\ 926,6\ \text{cm}^{-1}$ típica de corrimiento hipsocrómico de grupos hidroxilos que pudiesen ser asociados a alcoholes alifáticos y ciclos hidroxilados.⁽²⁰⁾

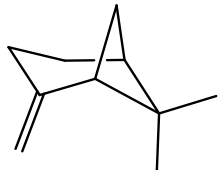
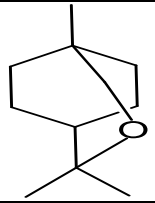
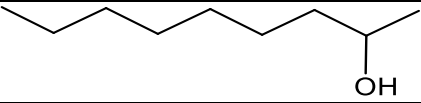

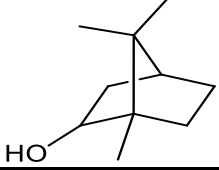
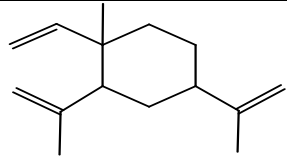
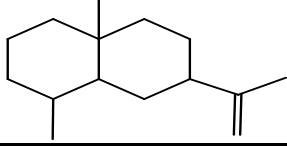
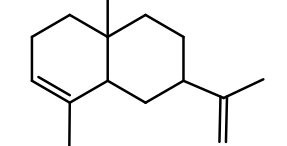
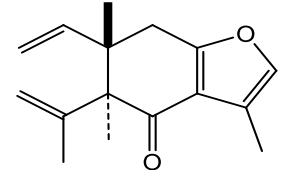
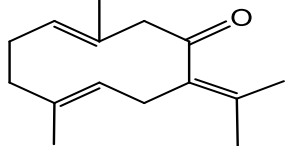
La cromatografía gaseosa cuantitativa del AE de *C. aeruginosa* permitió detectar 16 componentes químicos presentes en el aceite por las diferencias entre sus tiempos de retención en la columna cromatográfica (t_R). De los compuestos detectados fueron identificados diez para un 88,63 % del total del AE por acoplamiento de la cromatografía gaseosa con espectrometría de masas (CG/EM). Los compuestos fueron identificados por comparación de sus patrones de fragmentación de masas con bases de datos.

**Fig. 2:** Perfil del espectro infrarrojo del AE de *C. aeruginosa*

Del total de los componentes identificados, el mayor contenido del aceite corresponde a compuestos del grupo de los sesquiterpenos oxigenados (STO), con un 68,77 % y un 12,76 % corresponde a monoterpenos oxigenados (MTO); mientras que un 4,76 % son sesquiterpenos (ST) y el 1,18 % corresponde a monoterpenos (MT), como se muestra en la tabla 2. Esta composición química se corresponde con estudios recientes informados.^(10,11)

Similares resultados fueron reportados en Tailandia por Theanphong y colaboradores,⁽²¹⁾ utilizando los mismos métodos para aislar, separar y cuantificar la composición del AE de *C. aeruginosa*. Fue informada la presencia de 22 componentes, y los tres compuestos mayoritarios fueron germacrona (23,49 %), curzerenona (11,78 %) y el 1,8-cineol (10,92 %), siendo también la fracción mayoritaria del AE los sesquiterpenos oxigenados con un 42,85 %. Sin embargo, recientemente, fueron identificados los compuestos volátiles del AE de los rizomas de *C. aeruginosa* recolectados en la Reserva Natural Cham Chu, en Vietnam y se encontró una diferencia significativa en la composición. Los principales componentes fueron β -pineno (21,9 %), neocurdiona (16,1 %) y curcumol (15,2 %).⁽¹⁷⁾

Tabla 2: Compuestos identificados por CG/EM en el aceite esencial de *C. aeruginosa*

Nro. señal	t _R (min)	Abundancia relativa %	Fórmula Molecular M ⁺ , Tipo	Fórmula estructural propuesta
1	5.12	1,08	C ₁₀ H ₁₆ , 130, MT	
2	6.36	1,92	C ₁₀ H ₁₈ O 154, MTO	
3	7.45	1,46	C ₉ H ₂₀ O 144, ROH	
4	8.40	8,52	C ₁₀ H ₁₆ O 152, MTO	
5	8.52	2,32	C ₁₀ H ₁₆ O 154, MTO	
6	12.55	2,64	C ₁₅ H ₂₄ 204, ST	
7	14.28	1,18	C ₁₅ H ₂₄ 204, ST	
8	14.35	0,94	C ₁₅ H ₂₄ 204, ST	
9	16.13	64,18	C ₁₅ H ₁₈ O ₂ 230, STO	
10	17.32	4,59	C ₁₅ H ₂₂ O 218, STO	

Leyenda: Tiempo de retención (t_R), Abundancia (%), Ion molecular (M⁺), Tipo de Terpeno: Monoterpenos, MT, Monoterpenos oxigenados (MTO), Sesquiterpenos (ST) y Sesquiterpenos oxigenados (STO) y la estructura propuesta para los compuestos.

En Cuba, el único antecedente informado sobre la composición química del AE de *C. aeruginosa*, fue realizado por CG/EM en el laboratorio de antidoping de La Habana, con muestras de AE de la región occidental. El compuesto mayoritario identificado fue la epicurzerona (II), con una abundancia de 95,5 %. Este sesquiterpenoide fue aislado por primera vez de los rizomas de la *C. zedoaria*, junto a la curzerenona, su epímero (I). Ambas sustancias, como se observa en la figura 3, sólo se diferencian en la posición del átomo de H del átomo de carbono 5 del anillo central, por lo que poseen espectros UV, IR y de masas prácticamente idénticos.⁽²²⁾

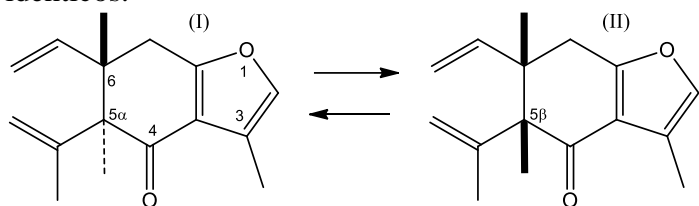


Fig. 3: Estructuras de los metabolitos curzerenona (I) [6,7-dihidro-5β-isopropenil-3,6β-dimetil-6-vinilbenzofuran-(5H)-4-ona] y epicurzerenona (II) [6,7-dihidro-5α-isopropenil-3,6β-dimetil-6-vinilbenzofuran-(5H)-4-ona].

En 2019, Zheng y colaboradores evaluaron los efectos anticancerígenos de la curzerenona contra células de carcinoma resistente a fármacos. Se encontró que induce un potente efecto antiproliferativo contra células de cáncer de pulmón resistente a gemcitabina.⁽²³⁾

Determinación de la actividad insecticida del AE

En la tabla 3 se muestran los resultados de la actividad larvicida de los aceites esenciales sobre las especies *A.*

aegypti, *A. albopictus* y *C. quinquefasciatus*. Las diferentes concentraciones evaluadas, provocaron entre un 10 y 100 % de mortalidad, lográndose calcular las CL₅₀ y CL₉₀, la pendiente de la recta de regresión (b) y sus respectivos χ².

El aceite evaluado evidencia una actividad larvicida significativa, al presentar CL₅₀ inferiores a 100 mg/L sobre poblaciones de las tres especies de mosquitos estudiadas, a excepción de la población Marianao 2013, que sobrepasó este valor ligeramente (126 mg/L).

La actividad mostrada frente a *A. albopictus* en este estudio, es superior a la reportada recientemente por Lim y colaboradores para extractos de diferente polaridad de *C. longa* cultivada en Malasia.⁽²⁴⁾ Sin embargo, el AE de *C. longa* mostró en estudios previos valores de CL₅₀ inferiores a los reportados en esta investigación para el de *C. aeruginosa* frente las mismas poblaciones de *A. aegypti*.⁽¹⁸⁾ Las concentraciones letales obtenidas para este AE se encuentran en un intervalo similar a los reportados (25,3 mg/L-60,1 mg/L) previamente para otras especies de plantas cultivadas en el occidente de Cuba.⁽²²⁾

Los tiempos de derribo para las tres especies de mosquitos estudiadas, por ambas técnicas empleadas, se encontraron entre 0,30 y 0,45 h (Tabla 4). Estos valores son similares a los reportados por Aungtikun y Soonwera, 2021 para los aceites esenciales de tres especies de canela (*Cinnamomum* spp.), en los que el cinamaldehído es el componente mayoritario con más del 70 % de abundancia relativa en todos los casos, frente a colonias de *A. aegypti* y *A. albopictus*.⁽²⁵⁾

Tabla 3: Valores de concentraciones letales y otros parámetros calculados posterior a la exposición del aceite esencial sobre distintas poblaciones de mosquitos

Poblaciones	<i>Curcuma aeruginosa</i>				Temefos			
	b ±DE	CL ₅₀ (LC)	CL ₉₀ (LC)	χ ² (p)	b ±DE	CL ₅₀ (LC)	CL ₉₀ (LC)	χ ² (p)
<i>Rockefeller</i>	11,4 (0,81)	53,2 (51,0-54,2)	68,1 (66,5-71,7)	4,9 (0,42)	2,1 (0,46)	0,005 (0,0050-0,0055)	0,016 (0,0158-0,0175)	1,5 (0,23)
<i>Marianao 2013</i>	4,9 (0,65)	126,1 (106,2-220,4)	230,1 (158,9-398,6)	6,1 (0,10)	2,5 (0,1)	0,018 (0,015-0,020)	0,256 (0,23-0,28)	1,8 (0,24)
<i>Fraga 2012</i>	6,8 (0,08)	40,2 (35,6-44,3)	70,1 (67,3-72,1)	12,4 (0,001)	4,9 (0,73)	0,020 (0,016-0,023)	0,042 (0,035-0,050)	5,2 (0,902)
<i>Baracoa 2014</i>	5,1 (0,42)	43,1 (28,5-56,4)	76,5 (57,8-120,8)	19,6 (0,00)	4,3 (0,44)	0,017 (0,014-0,023)	0,035 (0,029-0,041)	4,1 (0,87)

Leyenda: Valores obtenidos mediante Probit SPSS b (pendiente); DE (desviación estándar) CL₅₀ y CL₉₀ (concentraciones de la sustancia tóxica que provocan el 50 y el 90 por ciento de mortalidad respectivamente expresada en mg/L); LC (límite de confiabilidad 95 %); χ² (chi cuadrado y su probabilidad). Fuente: Propia

Tabla 4: Tiempos letales obtenidos y otros parámetros calculados posteriores a la exposición, utilizando botellas y papeles impregnados, del aceite esencial sobre distintas poblaciones de mosquitos

Técnicas	Botellas impregnadas			Papeles Impregnados		
Muestras	Dosis (mg/mL)	TD ₅₀ (h) (LC)	TD ₉₀ (h) (LC)	Dosis (mg/mL)	TD ₅₀ (h) (LC)	TD ₉₀ (h) (LC)
Rockefeller (A. aegypti)						
<i>Curcuma aeruginosa</i>	50	0,35 (0,26-0,42)	0,53 (0,44-0,91)	50	0,34 (0,28-0,38)	0,58 (0,49-0,79)
<i>Malation</i>				5%	0,50 (0,43-0,56)	0,41 (0,38-0,47)
Marianao 2013 (A. aegypti)						
<i>Curcuma aeruginosa</i>	50	0,45 (0,43-0,48)	0,76 (0,69-0,88)	50	0,37 (0,32-0,42)	0,57 (0,49-0,76)
<i>Malation</i>				5%	1,60 (1,50-1,68)	2,63 (2,58-2,7)
Fraga 2012 (A. albopictus)						
<i>Curcuma aeruginosa</i>	50	0,33 (0,20-0,36)	0,55 (0,68-0,88)	50	0,30 (0,036-0,15)	0,37 (0,25-1,07)
<i>Malation</i>				5%	1,52 (1,48-1,58)	4,05 (4,0-4,1)
Baracoa 2014 (C. quinquefasciatus)						
<i>Curcuma aeruginosa</i>	50	0,34 (0,29-0,38)	0,64 (0,36-0,68)	50	0,25 (0,20-0,31)	0,55 (0,43-0,87)
<i>Malation</i>				5 %	1,96 (1,89-2,03)	4,09 (4,0-4,11)

Leyenda: TD₅₀ y TD₉₀ (Tiempos que provocan el 50 y el 90 por ciento de derribo (h) respectivamente), LC (límite de confiabilidad 95%); Malation se utilizó como control positivo. Fuente: Propia

La homogeneidad de la respuesta en las especies de mosquitos estudiadas y los tiempos de derribo obtenidos, permiten considerar al aceite esencial de *C. aeruginosa* como efectivo para el control adulticida de poblaciones de *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* y *Culex quinquefasciatus*.

CONCLUSIONES

El estudio del aceite esencial de *C. aeruginosa* permitió caracterizar sus propiedades organolépticas, parámetros químico-físicos y los perfiles de sus espectros UV e IR, los que podrían ser usados como parámetros de control de la calidad del aceite, que unido a la determinación de sus componentes principales, constituye la primera caracterización reportada para el AE de esta especie cultivada en la región oriental cubana. El AE evidenció actividad larvicida significativa y efectivo control adulticida frente a las poblaciones de mosquitos estudiadas, demostrando su potencial como alternativa ecológica para el control natural de plagas de interés médico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- MARÍN, R. M., *et al.* “Estudio químico y potencialidades biológicas de especies vegetales que crecen en Cuba”. *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*. 2020; **11** (1), 901. ISSN: 2304-0106.
- AHMED, R. H.; MUSTAFA, D. E.; MOHAMED, Y. S. “Anti-diabetic Plants used in Sudanese Folk Medicine and their Phytochemical Constituents”. *Journal of Advanced Research in Pharmaceutical Sciences & Pharmacology Interventions*. 2019, **3**(1), 3-6. ISSN:2455-6998.
- HARTATI, F. K.; KURNIA, D.; NAFISAH, W.; HARYANTO, I. B. “Potential anticancer agents of *Curcuma aeruginosa*-based kombucha: *In vitro* and *in silico* study”. *Food Chemistry Advances*. 2024, **4**, 100606. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100606>
- YUANDANI *et al.* “Antibacterial, bacteriolytic, antibiofilm, and synergistic effects of *Curcuma* species ethanol extracts with antibiotic against multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa*”. *J. Herbm. Pharmacol.* 2024; **13**(1), 153-162. <https://doi.org/10.34172/jhp.2024.48295>

5. AKARCHARIYA, N.; SIRILUN, S.; JULSRIGIVAL, J.; CHANSAKAOWA, S. "Chemical profiling and antimicrobial activity of essential oil from *Curcuma aeruginosa* Roxb., *Curcuma glans* K. Larsen & J. Mood and *Curcuma cf. xanthorrhiza* Roxb. collected in Thailand". *Asian. Pac. J. Trop. Biomed.* 2017, **7**(10), 881-885. ISSN: 2588-9222.
6. RAHAMAN, M. M. *et al.* "The Genus *Curcuma* and Inflammation: Overview of the Pharmacological Perspectives". *Plants.* 2021, **10**(63), 2-19. <https://doi.org/10.3390/plants10010063>
7. ALI, A.; WANG, Y. H.; KHAN, I. "Larvicidal and biting deterrent activity of essential oils of *Curcuma longa*, Ar-turmerone, and Curcuminoids against *Aedes aegypti* and *Anopheles quadrimaculatus* (Culicidae: Diptera)". *J. Med. Entomol.* 2015, **52**(5), 979-986. <https://doi.org/10.1093/jme/tjv072>
8. LEYVA, M. *et al.* "Plantas con actividad insecticida: una alternativa natural contra mosquitos. Estado actual de la temática en la región de las Américas". *Rev. Biomed.* 2017, **28**, 139-181. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v28i3.571>
9. ANDRADE-OCHOA S. *et al.* "Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades". *Biomédica.* 2017, **37**(Supl.2), 224-43. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3475>
10. DOSOKY, N. S. y SETZER, W. N. "Chemical Composition and Biological Activities of Essential Oils of *Curcuma* Species". *Nutrients.* 2018; **10**, 1196. ISSN 2072-6643.
11. ELHAWARY, E. A.; MOUSSA, A. Y; SINGAB, A. N. "Genus *Curcuma*: chemical and ethnopharmacological role in aging process". *BMC Complementary Medicine and Therapies.* 2024, 24:31. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-04317-w>
12. MINSAP. Medicamentos de origen vegetal: Droga cruda. Métodos de ensayos. NRSP 309. La Habana, 1991.
13. MINSAP. Medicamentos de origen vegetal. Extractos fluidos y tinturas. Métodos de ensayo. NRSP 312. La Habana, 1992
14. WHO. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/Ginebra,2005.13. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CDS-WHOPES-GCDPP-2005.13>
15. CDC. Centers for Disease Control and Prevention (2010). Guideline for Evaluating Insecticide Resistance in arthropods vectors using the CDC bottle bioassay. Atlanta, GA. Disponible en: https://www.cdc.gov/malaria/resources/pdf/fsp/ir_manual/ir_cdc_bioas-say_en.pdf
16. ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Prueba OMS de susceptibilidad para mosquitos adultos. En: Procedimientos de las pruebas para la vigilancia de la resistencia a los insecticidas en los mosquitos vectores del paludismo. 2da Ed. OMS Press. Ginebra, Suiza. 2017. ISBN 978-92-4-351157-3
17. OANH, P. T. *et al.* "The rhizome essential oil of *Curcuma aeruginosa* Roxb. (Zingiberaceae) from Vietnam". *Trends Phytochem. Res.* 2018, **2**(3),179-84. ISSN: 2588-3631.
18. ARIAS CEDEÑO, Q. *et al.* "Characterization of the *Curcuma longa* L. essential oil and its insecticidal activity against *Aedes aegypti*". *Revista Cubana de Química*, 2020; **32**(3), 378-389. e-ISSN: 2224-5421.
19. BARRADAS, T. N.; DE HOLANDA E SILVA, K. G. "Nanoemulsions of essential oils to improve solubility, stability and permeability: a review". *Environ. Chem. Lett.* 2021, **19**, 1153-1171. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01142-2>
20. CHÁVEZ FERNÁNDEZ, J.; LIZÁRRAGA LAZO, V.; VARGAS DE NIETO, E. "Caracterización física química de los componentes volátiles del *Tecoma fulva* subsp. *Arequipensis* (cahuato)". *Rev. Soc. Quím. Perú.* 2020, 86(3), 246-259 Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v86n3/2309-8740-rsqp-86-03-246.pdf>
21. THEANPHONG, O.; MINGVANISH, W.; KIRDMANEE, C. "Chemical constituents and biological activities of essential oil from *Curcuma aeruginosa*" Roxb. Rhizome. BHST. 2015, **13**(1), 06-16. ISSN: 0858-7531.
22. LEYVA-SILVA, M. I. *Actividad insecticida de aceites esenciales sobre vectores de importancia médica Aedes aegypti, Aedes albopictus y Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae).* La Habana 2012-2017. Tesis de doctorado en Ciencias de la Salud. Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí", La Habana, 2019. [Fecha de consulta: 3 diciembre 2023]. Disponible en: <https://tesis.sld.cu/index.php/index.php?P=FullRecord&ID=85>
23. ZHENG, T. *et al.* "Anticancer effects of curzerenone against drug-resistant human lung carcinoma cells are mediated via programmed cell death, loss of mitochondrial membrane potential, ROS, and blocking the ERK/MAPK and NF-κB signaling pathway" *JBUON.* 2019, **24**(3), 907-912. ISSN: 1107-0625

24. LIM, H.; LEE, S. Y.; HO, L. Y.; SIT, N. W. “Mosquito Larvicidal Activity and Cytotoxicity of the Extracts of Aromatic Plants from Malaysia”. *Insects*. 2023, **14**, 512-530. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4450/14/6/512>

25. AUNGTIKUN, J. y SOONWERA, M. “Improved adulticidal activity against *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* (Skuse) from synergy between *Cinnamomum* spp. essential oils”. *Scientific Reports*. 2021, **11**, 4685-4697. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84159-z>

DECLARACIÓN CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos entre los autores.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dr. C. Quirino Arias Cedeño: Concepción de investigación, escritura y aprobación final de artículo

Dra. C. Maureen Leyva Silva: Concepción de la investigación, interpretación de datos y escritura.

Dr. Pedro Luis Guevara Blanco: Adquisición e interpretación de datos

MSc. Lázaro Eduardo Valdés Izaguirre: Interpretación de datos y escritura.

Prof. Dr. m.h.c. Peter Langer: Concepción de la investigación y revisión del artículo