

Efecto repelente y tiempo de protección de aceites esenciales frente al estadio adulto de *Aedes aegypti*

Repellent effect and protection time of essential oils against the adult stage of *Aedes aegypti*

Víctor Alberto Soto-Cáceres¹, Cristian Díaz-Vélez^{2,3},
Lizzie K. Becerra-Gutiérrez^{3,4}, Emma V. Arriaga-Deza^{5,6},
Cecilia N. Meño-Asalde⁷, Juan R. Reyes-Damián⁷,
Katherine M. Peña-Vega⁷, Laura C. Vera-Oblitas⁷,
Jank P. Suyon-Jiménez⁷, Dina M. Segura-Muñoz⁶,
Otto W. Vargas-Tineo⁶, Heber Silva-Díaz^{5,6*}

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto repelente y tiempo de protección de aceites esenciales frente al mosquito adulto de *Aedes aegypti*. Se trabajó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial que incluyó 10 aceites esenciales (*Minthostachys mollis*, *Schinus molle*, *Ruta graveolens*, *Piper aduncun*, *Myrica pubescens*, *Lippia alba*, *Mentha piperita*, *Lantana glutinosa*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus* y el control DEET 10%) y cuatro concentraciones de los aceites (125, 250, 500 y 1000 mg/ml). Cada grupo experimental se constituyó por 50 mosquitos hembra adultos de *A. aegypti* criados en laboratorio y el efecto repelente y tiempo de protección se evaluaron usando un cebo animal sedado (*Rattus rattus*) con aplicaciones de 0.1 ml de los aceites en patas, cola y cara. Las ratas y los mosquitos se encontraron en

¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Medicina Humana, Lambayeque, Perú

² Oficina de Inteligencia Sanitaria, Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo, Chiclayo, Perú

³ Facultad de Medicina, Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú

⁴ Facultad de Medicina Humana, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú

⁵ Hospital Regional Lambayeque, Chiclayo, Perú

⁶ Universidad de San Martín de Porres, Facultad de Medicina Humana, Chiclayo, Perú

⁷ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ciencias Biológicas, Lambayeque, Perú

* E-mail: h.silvadiaz185@gmail.com

Recibido: 13 de agosto de 2021

Aceptado para publicación: 15 de agosto de 2022

Publicado: 22 de diciembre de 2022

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

dos jaulas comunicadas de 25x25x40 cm. Los aceites con mayor efecto repelente y tiempo de protección, respectivamente, fueron: *C. citratus* (97.4%; 165 minutos), *E. globulus* (95.8%; 165 minutos), *L. glutinosa* (93.8%; 180 minutos) y *M. piperita* (93.5%; 180 minutos) en su concentración mayor concentración (1000 mg/l); con diferencias entre aceites y entre concentraciones ($p < 0.001$). Asimismo, el DEET 10% obtuvo una repelencia de 95.3 % y tiempo de protección de 173 minutos. Se concluye que los aceites esenciales de *C. citratus*, *E. globulus*, *L. glutinosa* y *M. piperita* pueden considerarse con potencial repelente natural para *A. aegypti*.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, dengue, aceites esenciales

ABSTRACT

The aim of this was to evaluate the repellent effect and protection time of essential oils against the adult *Aedes aegypti* mosquito. A completely randomized design was used with a factorial arrangement that included 10 essential oils (*Minthostachys mollis*, *Schinus molle*, *Ruta graveolens*, *Piper aduncun*, *Myrica pubescens*, *Lippia alba*, *Mentha piperita*, *Lantana glutinosa*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus* and the DEET control, 10%) and four concentrations of the oils (125, 250, 500 and 1000 mg/ml). Each experimental group consisted of 50 adult female *A. aegypti* mosquitoes raised in the laboratory and the repellent effect and protection time were evaluated using a sedated animal bait (*Rattus rattus*) with applications of 0.1 ml of the oils on the legs, tail and face. The rats and mosquitoes were found in two communicating cages of 25x25x40 cm. The oils with the greatest repellent effect and protection time, respectively, were *C. citratus* (97.4%; 165 minutes), *E. globulus* (95.8%; 165 minutes), *L. glutinosa* (93.8%; 180 minutes) and *M. piperite* (93.5%; 180 minutes) in its highest concentration (1000 mg/l); with differences between oils and between concentrations ($p < 0.001$). Likewise, DEET 10% obtained a repellency of 95.3% and a protection time of 173 minutes. It is concluded that the essential oils of *C. citratus*, *E. globulus*, *L. glutinosa* and *M. piperita* can be considered as having natural repellent potential for *A. aegypti*.

Key words: *Aedes aegypti*, dengue, essential oils

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) refiere que las enfermedades transmitidas por vectores representan más del 17% de todas las enfermedades infecciosas, y que alrededor de 2500 millones de personas en más de 100 países corren el riesgo de contraer dengue (OMS, 2020a), pudiendo contraer además Chikungunya y Zika (Rodríguez-Morales, 2015). En el Perú, el dengue aparece como una enfermedad reemergente en 1984 con la reintroducción del *Aedes aegypti*, luego de haber sido elimina-

do en 1958 (OMS, 2017, 2020b). Se han notificado brotes en diferentes regiones del país, iniciándose en Loreto y San Martín, posteriormente, en 1991-2000 aparecen brotes en la Región Costa Norte y Amazonia, registrándose el primer brote de dengue hemorrágico en 2001 en la costa norte (César *et al.*, 2015).

El uso de repelentes es un método económico para prevenir enfermedades transmitidas por vectores y proporciona una alternativa a los métodos de control de vectores que utilizan insecticidas sintéticos. Los repelentes están ampliamente disponibles y se consideran de importante ayuda para la protec-

ción personal, especialmente en regiones donde las enfermedades transmitidas por mosquitos son un problema de salud importante (Debboun y Strickman, 2013; Rodríguez *et al.*, 2015, 2017). Sin embargo, estas enfermedades siguen siendo un serio problema de salud pública causante de mortalidad y morbilidad, además de grandes pérdidas económicas en regiones tropicales y subtropicales (Simmons *et al.*, 2012; Bhatt *et al.*, 2013).

El repelente de insectos *gold standard* es N, N-dietil-metatoluamida (DEET), que es el ingrediente activo principal en la mayoría de los productos repelentes en el mercado. Es un repelente sintético, disponible mayormente en concentraciones de 10 a 35%. El DEET ha demostrado excelentes propiedades repelentes, logrando entre 30 a 80% de rechazo de mosquito según la concentración del repelente (Chou *et al.*, 1997; Fradin y Day, 2002; Cilek *et al.*, 2004; Nguyen *et al.*, 2016; Mamood *et al.*, 2017). Sin embargo, sus efectos adversos en la piel y en el medio ambiente han llevado a investigar repelentes derivados de otras fuentes (Rajkumar y Jebanesano, 2010; Kumar *et al.*, 2011a; Tisgratog *et al.*, 2016; Lalthazuali y Mathew, 2017). Se han identificado repelentes derivados de productos naturales con 50 a 95% de eficiencia y con duraciones efectivas entre 6 y 50 horas, dependiendo de la vía de aplicación; sin embargo, también se han encontrado efectos adversos (Kumar *et al.*, 2011a; Warikoo *et al.*, 2011; Misni *et al.*, 2016; Tisgratog *et al.*, 2016; Lalthazuali y Mathew, 2017).

Tomando en cuenta que entre el 41 y 70% de personas de América Latina hacen uso de plantas medicinales (Bussmann y Sharon, 2006), llegando en Perú hasta 83% (Oblitas, 2013), existe una percepción de

mayor eficacia y menos efectos secundarios de los productos naturales comparado con los medicamentos (Bussmann y Sharon, 2006). Por otro lado, la actual emergencia en salud pública por la aparición de Chikungunya y la enfermedad del virus Zika en las Américas en 2014 y 2015, impone la necesidad de aumentar el impacto de las intervenciones sanitarias que han sido exitosamente probadas para beneficiar a más personas y fomentar el desarrollo de políticas y programas de manera sostenible (Quintero *et al.*, 2017). Ante esto, el presente estudio propone el uso de repelentes como alternativa a las estrategias de prevención de enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti* (Díaz-Vélez, 2018), específicamente evaluar el efecto repelente y tiempo de protección de aceites esenciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de Estudio y Localización

Investigación básica, experimental y de nivel explicativo. El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación y Bioterio del Hospital Regional Lambayeque, Chiclayo, Perú. La ciudad de Chiclayo se encuentra a una altitud media de 27 msnm y presenta un rango de temperatura media de 28.8 a 15.4 °C. Los procedimientos biológicos se realizaron entre octubre de 2019 y marzo de 2020.

Diseño Experimental

Se trabajó con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 10x4 (Figura 1). Cada grupo (10 experimentales y control) estuvieron constituidos por 50 mosquitos hembra adultos de *A. aegypti* criados en labora-



Figura 1. Diseño experimental

torio de colonias procedentes de Olmos, Lambayeque, Perú. El experimento tuvo dos repeticiones.

Material Biológico

Se utilizaron aceites esenciales procedentes de 10 especies vegetales seleccionadas según su potencial uso repelente descritos previamente y disponibilidad en la región Lambayeque (Mostacero León *et al.*, 2002; Llatas Quiroz *et al.*, 2008). Estos se adquirieron de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (Chiclayo, Perú), en una cantidad de 10 ml. Los aceites esenciales fueron extraídos mediante la técnica de destilación arrastre de vapor en un extractor de acero inoxidable, utilizando agua como fuente para la generación de vapor. Las características botánicas y del lugar de procedencia se observan en el Cuadro 1.

Animales de Laboratorio

La colonia de mosquitos de *A. aegypti* se obtuvo a partir de huevos, larvas y pupas colectadas en la ciudad de Olmos, Lambayeque. La crianza y mantenimiento se realizó en el Bioterio del Hospital Regional Lambayeque, según las condiciones de materiales, alimentación, temperatura y humedad recomendadas por la «*Guidelines for routine colony maintenance of Aedes mosquito species*» de la División Conjunta FAO/OIEA de Técnicas Nucleares en los Alimentos y Agricultura (Maïga *et al.*, 2017).

Se utilizaron ratas albinas (*Rattus rattus* var. Long Evans) hembras y machos de 200 a 250 g del Bioterio del Hospital Regional de Lambayeque. Fueron alojadas en un ambiente en condiciones estándar de temperatura y humedad, con alimento y agua *ad libitum* y ciclos de 12 horas de luz/oscuridad. Todos los experimentos con animales fueron llevados a cabo acorde con la «Guía de Manejo y Cuidado de animales de Laboratorio: Ratón» del Instituto Nacional de Salud del Perú (INS, 2008).

Evaluación del Efecto Repelente

El procedimiento para la medición del efecto repelente fue una modificación de las Guías de la Organización Mundial de la Salud: *OMS Pesticide Evaluation Scheme* (WHOPES) (WHO, 2005). Los experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio dentro de jaulas con dimensiones de 25 cm de ancho, 25 cm de alto y 80 cm de largo; las mismas que contenían dos compartimentos iguales. En la división de los compartimentos se montaron dos marcos acrílicos desmontables, uno de ellos contenía nueve agujeros de 20 mm de diámetro que permitiera el paso libre de los mosquitos de un compartimento a otro (Figura 2).

Las pruebas de repelencia se llevaron a cabo según fue descrito por Kasili *et al.* (2010) en el manejo de *lutzomyas*, pero con algunas modificaciones. Se llevaron a cabo experimentos separados utilizando diferentes jaulas:

- En un compartimento de la jaula se colocó un ejemplar de *R. rattus* sedado con pentobarbitona sódica (Sagatal®), el mismo que actuó como cebo. Al animal sebo se le aplicó 0.1 ml de las concentraciones en serie de 125, 250, 500 y 1000 mg/ml de los aceites esenciales en patas, cola y boca. La concentración de 0 mg/ml correspondió a aceite de oliva y constituyó el control negativo.
- En el segundo compartimento se colocaron 50 mosquitos hembra, de 5 a 7 días de edad y con 10 horas de inanición.

Una vez iniciado el ensayo se retiró el marco acrílico sin agujeros y los mosquitos volaron libremente en la jaula pudiendo pasar al otro compartimento a través de los agujeros del segundo marco para alcanzar el cebo sedado en busca de sangre como alimento. Se hizo el conteo de aterrizajes en patas, cola y boca de las ratas, lugares donde se habían aplicado tópicamente las preparaciones de aceite esencial en estudio. Los conteos de aterrizajes se realizaron durante 5 min a intervalos de 30 min entre conteos, y entre las 08:00 y 11:00 h.

Cuadro 1. Características botánicas y del lugar de recolección del material biológico (Mostacero León *et al.*, 2002; Llatas Quiroz, 2008)

Nombre científico (nombre común)	Familia	Lugar de recolección	Tipo de planta	Uso local
<i>Minthostachys mollis</i> Grisebach (muña)	Lamiaceae	Kañaris (6°02'46"S 79°15'54"W)	Arbusto	Medicinal y silvestre
<i>Schinus molle</i> L. (molle)	Anacardiaceae	Reque (6°51'47"S 79°49'06"W)	Árbol	Madera, medicinal y vegetación silvestre
<i>Ruta graveolens</i> L. (ruda)	Rutaceae	Reque (6°50'17"S 79°46'45"W)	Arbusto	Ornamental, medicina y alimentario
<i>Piper aduncum</i> L. (matico)	Piperaceae	Reque (6°51'51"S 79°48'51"W)	Arbusto	Medicinal y vegetación silvestre
<i>Myrica pubescens</i> H & B. ex Willdenow (laurel)	Myricaceae	Kañaris (6°02'46"S 79°15'54"W)	Árboles o arbustos	Industria de la cera y vegetación silvestre.
<i>Lippia alba</i> (Miller) N. E. Brown (maestranza)	Verbenaceae	Reque (6°50'17"S 79°46'45"W)	Arbusto	Ornamental y medicinal
<i>Mentha piperita</i> L. (menta)	Lamiaceae	Reque (6°51'53"S 79°49'05"W)	Hierba	Medicinal y alimentario
<i>Lantana glutinosa</i> (lantana)	Verbenaceae	Reque (6°51'44"S 79°49'17"W)	Arbusto	Ornamental
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf. (hierba luisa)	Poaceae	Reque (6°50'17"S 79°46'45"W)	Hierba	Alimentario y medicinal
<i>Eucalyptus globulus</i> Labillardiere (eucalipto)	Myrtaceae	Reque (6°51'51"S 79°48'51"W)	Árbol	Madera, ornamental y medicinal

El porcentaje medio de repelencia para cada concentración se calculó basándose en los datos de las dos repeticiones en los momentos de observación dados. El porcentaje de repelencia para los aceites de prueba y DEET se calculó utilizando la fórmula:

Repelencia (%) = $(N-R) / N \times 100$; donde N es igual a número de mosquitos aterrizados en el cebo con aceite de oliva (control negativo) y R es número de mosquitos aterrizados en el cebo con los aceites probados o el DEET 10%.

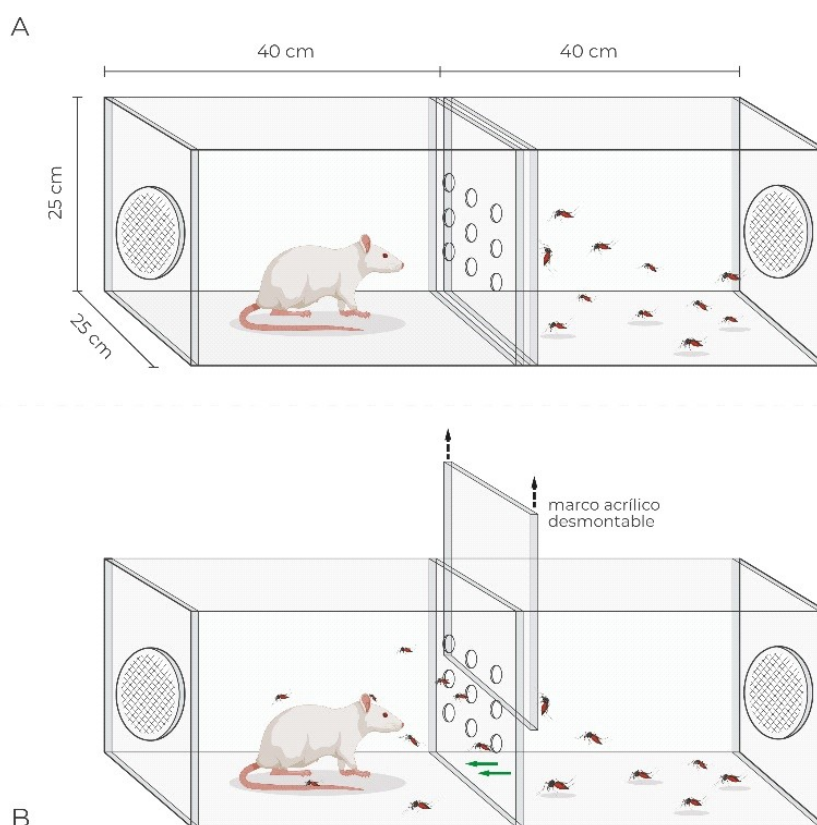


Figura 2. Jaula de dos compartimientos utilizada en los ensayos de repelencia y tiempo de protección contra el mosquito *Aedes aegypti*

Evaluación del Tiempo de Protección

Para determinar el tiempo de protección se usó la técnica modificada de Twocage descrita por Pérez-Pacheco *et al.* (2004). Consistió en liberar 50 mosquitos hembra adultas, de 5 a 7 días de edad y con 10 horas de inanición. La configuración del ensayo fue similar al de repelencia en cuanto a las condiciones de los animales de experimentación, tratamientos y el uso de la jaula de dos compartimientos. Tras la liberación de los mosquitos en el compartimiento correspondiente, su capacidad de contacto se controló entre las 08:00 y las 11:00 h en intervalos de 30 min.

Las observaciones se realizaron durante 3 min cada media hora, registrando el número total de mosquitos que se posaron en las áreas tratadas (patas, cola y boca). Si no se realizaron aterrizajes durante los primeros 3 min de cada media hora de exposición, el experimento se suspendió hasta la siguiente media hora. La prueba se continuó hasta que ocurrieran al menos dos picaduras y se siguió con una picadura confirmatoria en el periodo de exposición posterior. El tiempo entre la aplicación del aceite de prueba y la segunda picadura sucesiva se registró como el tiempo de protección. Al término de los ensayos se procedió a sacrificar a los mosquitos exponiéndolos a formaldehído al 10% embebido en algodón.

Análisis Estadístico

Los datos fueron colocados en una hoja de cálculo en MS Excel 2016, manteniendo una codificación a fin de preservar la confidencialidad de los datos. Para demostrar el efecto repelente por las concentraciones de los extractos vegetales frente a varias cepas de *A. aegypti*, se realizaron análisis de varianza de múltiples factores y prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Asimismo, para la evaluación del tiempo de protección según el tipo de aceite esencial y concentración, se realizó el análisis de la varianza de Kruskal Wallis y test de Dunn. Se utilizó un nivel de confianza de 95% y nivel de significancia estadística de $p < 0.05$. Para los cálculos se usó el software estadístico InfoStat V.8 2021.

Aspectos Éticos

El estudio requirió de la autorización formal del Comité de Ética en Investigación del Hospital Regional Lambayeque para su

ejecución en los laboratorios de investigación y bioterio del hospital (Código de Investigación 0512-029-19CIEI). Asimismo, se contó con la aprobación del Comité de Ética en Investigación para Uso de Animales (CEIPUA) del Hospital Regional Lambayeque (RCEI-172).

RESULTADOS

En el ensayo que evaluó el efecto repelente de aceites esenciales de 10 especímenes botánicos contra mosquitos adultos de *A. Aegypti*, los aceites que mostraron mayor efecto repelente y tiempo de protección, respectivamente, fueron: *C. citratus* (97.4%; 165 minutos), *E. globulus* (95.8%; 165 minutos), *L. glutinosa* (93.8%; 180 minutos) y *M. piperita* (93.5%; 180 minutos) en su mayor concentración (1000 mg/l). Por otro lado, el control positivo, DEET 10%, obtuvo una repelencia y tiempo de protección de 95.3% y 173 minutos, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Promedio del efecto repelente (%) y tiempo de protección (minutos) contra el mosquito *Aedes aegypti* según la concentración de 10 aceites esenciales y un control

Fuente de aceite	n	Concentración (mg/l)							
		125		250		500		1 000	
		ER	TP	ER	TP	ER	TP	ER	TP
<i>Cymbopogon citratus</i>	2	64.3	90	69.2	120	92.5	135	97.4	165
<i>Eucalyptus globulus</i>	2	78.6	90	82.9	105	89.4	120	95.8	165
<i>Lantana glutinosa</i>	2	56.3	0	68.8	90	75.0	105	93.8	180
<i>Lippia alba</i>	2	44.5	30	44.5	30	53.4	30	62.9	45
<i>Mentha piperita</i>	2	40.8	135	60.6	150	73.7	180	93.5	180
<i>Minthostachys mollis</i>	2	0.0	0	21.1	15	29.6	30	52.1	60
<i>Myrica pubescens</i>	2	32.6	0	47.8	30	58.6	60	64.3	60
<i>Piper aduncun</i>	2	24.3	30	35.7	30	54.3	45	60.0	75
<i>Ruta graveolens</i>	2	30.6	0	38.1	0	47.0	15	56.3	45
<i>Schinus molle</i>	2	11.2	15	27.2	15	32.4	15	33.8	15
DEET 10 %	8							95.3	173

ER=efecto repelente expresado en porcentaje, TP=tiempo de protección expresado en minutos.

Cuadro 3. Efecto repelente (%) de aceites esenciales frente al estadio adulto de *Aedes aegypti* (n=8 por aceite)

Fuente de aceite	Media	DE
<i>Minthostachys mollis</i>	25.7 ^a	20.0
<i>Schinus molle</i>	26.1 ^a	11.0
<i>Ruta graveolens</i>	43.0 ^b	12.7
<i>Piper aduncun</i>	43.6 ^b	16.0
<i>Myrica pubescens</i>	50.8 ^b	13.1
<i>Lippia alba</i>	51.3 ^b	9.0
<i>Mentha piperita</i>	67.1 ^c	21.1
<i>Lantana glutinosa</i>	73.5 ^{cd}	14.5
<i>Cymbopogon citratus</i>	80.8 ^{de}	22.7
<i>Eucalyptus globulus</i>	86.6 ^e	8.9
DEET 10 %	95.3 ^f	3.8

^{a,b,c,d,e,f} Medias con letras desiguales son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$)
DEET: N,N-Dietil-meta-toluamida

El análisis de varianza de las medias del efecto repelente de aceites esenciales frente al estadio adulto de *A. aegypti* indicó diferencias altamente significativas, tanto para los niveles de concentración ($p < 0.001$) como para los tipos de aceites ($p < 0.001$) (Cuadros 3 y 4).

El análisis de varianza no paramétrica por Kruskal Wallis demostró que el tiempo de protección de los aceites esenciales fue significativamente diferente, tanto para las concentraciones ($p < 0.001$), como para los tipos de aceites ($p < 0.001$) (Cuadros 5 y 6).

DISCUSIÓN

Las cuatro plantas con mayor efecto de repelencia a los mosquitos *Aedes aegypti* correspondieron a *C. citratus* (88.8%), *E. globulus* (86.6%), *L. glutinosa* (73.5%) y *M. piperita* (67.7%), debido a las características de los aceites esenciales que poseen

las hojas y que genera un aroma natural capaz de repeler insectos y parásitos (Mostacero León *et al.*, 2002; Llatas Quiroz, 2008).

El aceite esencial de *C. citratus* tiene un alto contenido citral con propiedades antibacteriales y antifúngicas (Peña y Pico, 2015). Por otro lado, estos extractos se utilizan como repelentes naturales en todo el mundo y se caracterizan por tener altas concentraciones de geraniol y sus derivados (Andrade-Ochoa *et al.*, 2017). El efecto repelente aumenta con su concentración y su efecto no tiene diferencia significativa con el repelente comercial (Molina-Millares *et al.*, 2018).

Para el aceite esencial de *E. globulus* se le describen propiedades terapéuticas y biopesticidas, así como propiedades repelentes y larvicidas contra mosquitos y otros artrópodos (Andrade-Ochoa *et al.*, 2017). El componente de mayor proporción es el 1,8-Cineol o Eucaliptol (82.4%), seguido de α -Pino (8.7%) entre otros (Rueda *et al.*, 2010). Según Gutiérrez y Díaz (2020), el 1,8-cineol, presente en las hojas, tiene 100% de eficiencia repelente a una concentración de 0.6% contra *A. aegypti*, y un nivel de protección de 97.7% contra picaduras de mosquito a una concentración de 0.4% con un tiempo de protección de 2 h.

En lo que respecta a *M. piperita*, el componente mayoritario del aceite esencial es el mentol. Ramírez (2020) lo aplicó en equinos para repeler mosquitos y moscas, encontrando que su efecto de repelencia es bajo al ser utilizado de manera individual y el tiempo de protección fue menor de 4 h. En el presente estudio, si bien el efecto de repelencia no fue muy alto, presentó el mayor tiempo de protección (165 min). Se asume que esta disminución está en función de la volatilidad de los componentes en el medio ambiente, pero que al impregnarse pueden perdurar un poco más. Kumar *et al.* (2011b) demostraron que el efecto protector de este aceite aplicado en cebo humano solo duro 150 minutos, tiempo similar al encontrado en el presente estudio.

Cuadro 4. Efecto repelente (%) de aceites esenciales según la concentración frente al estadio adulto de *Aedes aegypti* (n=20 por concentración)

Concentración (mg/ml)	Medias	DE
125	38.3 ^a	25.3
250	49.6 ^b	21.2
500	60.6 ^c	21.5
1000	70.9 ^d	22.0
DEET 10%	95.3 ^e	3.8

^{a,b,c,d} Medias con letras desiguales son significativamente diferentes (Tukey, p<0.05)

DEET: N,N-Dietil-meta-toluamida

La utilización de *L. glutinosa* presentó 70% de eficacia como repelente, pero con un bajo tiempo de protección. Pérez (2016) reportó 50% de protección hasta por 4 h utilizando extracto de flores de *L. camara* en seres humanos. Por otro lado, Inga (2016) utilizó el aceite esencial de *L. camara* en concentración de 10% reportando una repelencia óptima en conejos hasta los 90 min, atribuyendo los resultados a componentes tales como Cariofileno o α -Cariofileno.

El aceite esencial *Lippia alba* posee gran variabilidad en su composición química, especialmente del componente limoneno, al cual se le atribuye su actividad tóxica fumigante. Esta pudo ser una de las razones de evidenciar una baja actividad de repelencia en el presente estudio (Ringuelet *et al.*, 2014). Asimismo, *Minthostachys mollis*, según el análisis realizado en Perú, tiene como principales componentes al pulegone y menthone. Sin embargo, con base a varios estudios se puede evidenciar la existencia de una gran variabilidad en la concentración y componentes químicos, dependiendo de la procedencia de la planta (Senatore, 1998), lo cual podría explicar los resultados obtenidos de baja repelencia en el presente estudio.

Algunos autores recomiendan a *Myrica pubescens* como fitopesticida por el α -bisabolol para tratar larvas de varios insectos, incluyendo al mosquito de la fiebre amarilla (*Aedes aegypti*) (Guy *et al.*, 2010). Sin embargo, la composición de los volátiles importantes para el aroma suele estar en baja concentración, lo cual influiría en los resultados obtenidos en el estudio (Piedrahita Márquez, 2012). En cuanto al aceite esencial de *Schinus molle* y *Ruta graveolens*, a pesar de que estudios previos han descrito su actividad repelente (Arias *et al.*, 2017; Mostacero León *et al.*, 2002; Llatas Quiroz, 2008), en este estudio se observó una baja actividad repelente.

La fortaleza y principal aporte del presente estudio se centra en haber verificado el efecto repelente y tiempo de protección de 4 de 10 aceites esenciales de plantas contra *A. aegypti*, lo que permitirá nuevos estudios

Cuadro 5. Tiempo de protección del efecto repelente de 10 aceites esenciales frente al estadio adulto de *Aedes aegypti* (n=8 por aceite)

Fuente de aceite	Mediana	Q1-Q3
<i>Ruta graveolens</i>	0 ^a	0 - 30
<i>Schinus molle</i>	15 ^a	0 - 30
<i>Minthostachys mollis</i>	30 ^a	0 - 30
<i>Lippia alba</i>	30 ^{ab}	30 - 30
<i>Myrica pubescens</i>	45 ^{ab}	0 - 60
<i>Piper aduncun</i>	30 ^{abc}	30 - 60
<i>Lantana glutinosa</i>	90 ^{bcd}	0 - 120
<i>Eucalyptus globulus</i>	150 ^{cde}	60 - 150
<i>Cymbopogon citratus</i>	135 ^{de}	60 - 180
<i>Mentha piperita</i>	165 ^{de}	150-180
DEET 10%	180 ^e	150-180

^{a,b,c,d,e} Medias con letras desiguales son significativamente diferentes (test de Dunn, p<0.05)

Q1 - Q3=Rangos intercuartílicos

DEET: N,N-Dietil-meta-toluamida

Cuadro 6. Tiempo de protección del efecto repelente de aceites esenciales según la concentración frente al estadio adulto de *Aedes aegypti* (n=20 por concentración)

Concentración (mg/ml)	Mediana	Q1-Q3
125	30 ^a	0 - 30
250	30 ^{ab}	30 - 90
500	60 ^{bc}	30 - 90
1000	60 ^c	60 - 180
DEET 10%	180 ^d	150 - 180

^{a,b,c,d} Medias con letras desiguales son significativamente diferentes (test de Dunn, p<0.05)

Q1-Q3=Rangos intercuartílicos

DEET: N,N-Dietil-meta-toluamida

para el empleo de esos aceites en su uso en mosquiteros y repelentes locales con menor toxicidad que los basados en insecticidas químicos actuales. Es importante destacar que este artículo correspondiendo a la fase 2 del proyecto «Impacto del uso de extractos vegetales en la reducción de la incidencia de enfermedades transmitidas por el vector *Aedes aegypti* en la población residente de ciudades con escenario epidemiológico III de la Región Lambayeque», que tiene seis fases.

Se concluye que los aceites esenciales de *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, *Lantana glutinosa* y *Menta piperita* presentaron el mayor efecto repelente y tiempo de protección frente al estadio adulto de *A. aegypti*.

LITERATURA CITADA

1. **Andrade-Ochoa S, Sánchez-Torres LE, Nevárez-Moorillón GV, Camacho AD, Noguera-Torres B. 2017.** Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. *Biomedica* 37(Supl 2): 224-243. doi: 10.7705/biomedica.v34i2.3475
2. **Arias J, Gonzalo Silva A, Figueroa I, Fischer S, Robles-Bermúdez A, Rodríguez-Maciel JC, Lagunes-Tejeda A. 2017.** Insecticidal, repellent and antifeeding activity of powder and essential oil of *Schinus molle* l. fruits against *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). *Chilean J Agric Anim Sci* 33: 93-104. doi: 10.4067/S0719-389020170050-00301
3. **Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, Drake JM, et al. 2015.** The global distribution and burden of dengue. *Nature* 496: 504-507. doi: 10.1038/nature12060
4. **Bussmann RW, Sharon D. 2006.** Traditional medicinal plant use in Northern Peru: Tracking two thousand years of healing culture. *J Ethnobiol Ethnomed* 2: 47. doi: 10.1186/1746-4269-2-47
5. **Cabezas C, Fiestas V, García-Mendoza M, Palomino M, Mamani E, Donaires F. 2015.** Dengue en el Perú: a un cuarto de siglo de su reemergencia. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 32: 146-156.
6. **Chou JT, Rossignol PA, Ayres JW. 1997.** Evaluation of commercial insect repellents on human skin against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol* 34: 624-630. doi: 10.1093/jmedent/34.6.624
7. **Cilek J, Petersen J, Hallmon C. 2004.** Comparative efficacy of IR3535 and deet as repellents against adult *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *J Am Mosq Control Assoc* 20: 299-304.
8. **Debboun M, Strickman D. 2013.** Insect repellents and associated personal protection for a reduction in human disease. *Med Vet Entomol* 27: 1-9. doi: 10.1111/j.1365-2915.2012.01020.x
9. **Díaz-Vélez C. 2018.** Prevención de enfermedades metaxénicas: repelentes, arma importante pero poco usada. *Rev Cuerpo Méd HNAAA* 11:67-68.

10. **Fradin MS, Day JF. 2002.** Comparative efficacy of insect repellents against mosquito bites. *New Engl J Med* 347: 13-18. doi: 10.1056/NEJMoa011699
11. **Gutiérrez L, Díaz J. 2020.** Desarrollo técnico y evaluación de la eficacia de un repelente de mosquitos Libre de DEET a base de productos naturales. Tesis de Químico Farmacéutico. Bogotá, Colombia: Univ. de Ciencias Aplicadas y Ambientales. 92 p.
12. **Guy P, Kamatou, PG, Viljoen AM. 2010.** A review of the application and pharmacological properties of α -bisabolol and α -bisabolol-rich oils. *J Am Oil Chem Soc* 87: 1-7. doi: 10.1007/s11746-009-1483-3
13. **Inga L. 2016.** Identificación de los componentes del aceite esencial de *Lantana camara* L. Formulación y elaboración de una forma farmacéutica repelente de insectos. Tesis de Químico Farmacéutico. Lima, Perú: Univ. Nacional Mayor de San Marcos. 41 p.
14. **[INS] Instituto Nacional de Salud. 2008.** Guía de manejo y cuidado de animales de laboratorio: ratón. Lima, Perú: INS. [Internet]. Disponible en: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://bvs.minsa.gob.pe/local/INS/962_INS68.pdf
15. **Kasili S, Kutima H, Mwandawiro C, Ngumbi PM, Anjili CO, Enayati AA. 2010.** Laboratory and semi-field evaluation of longlasting insecticidal nets against leishmaniasis vector, *Phlebotomus (Phlebotomus) duboscqi* in Kenya. *J Vector Dis* 47: 1-10.
16. **Kumar S, Wahab N, Warikoo R. 2011.** Bioefficacy of *Mentha piperita* essential oil against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* L. *Asian Pac J Trop Biomed* 1: 85-88. doi: 10.1016/S2221-1691(11)60001-4
17. **Lalthazuali, MN. 2017.** Mosquito repellent activity of volatile oils from selected aromatic plants. *Parasitol Res* 116: 821-825. doi: 10.1007/s00436-016-5351-4
18. **Llatas Quiroz S. 2008.** Botánica fanerogámica. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. 355 p.
19. **Maïga H, Hamidou H, Bimbile-Somda S, de Carvalho D, Wadaka M, Argilés R, et al. 2017.** Guidelines for routine colony maintenance of *Aedes* mosquito species. [Internet]. Available at: <https://www.iaea.org/resources/manual/guidelines-for-routine-colony-maintenance-of-aedes-mosquito-species-version-10>
20. **Mamood SNH, Hidayatulfathi O, Budin SB, Rohi GA, Zulfakar MH. 2017.** The formulation of the essential oil of *Piper aduncum* Linnaeus (Piperales: Piperaceae) increases its efficacy as an insect repellent. *B Entomol Res* 107: 49-57. doi: 10.1017/S000748-5316000614
21. **Misni N, Nor ZM, Ahmad R. 2016.** New candidates for plant-based repellents against *Aedes aegypti*. *J Am Mosq Control Assoc* 32:117-123. doi: 10.2987/moco-32-02-117-123.1
22. **Molina Millares AT, Mendez Herrera LD. 2018.** Comparación de la eficacia del extracto citronella (*Cymbopogon citratus*) como repelente natural en base oleosa y un repelente comercial en base etanolica contra mosquitos adultos de la especie *Aedes aegypti*. Título de Tecnología en Saneamiento Ambiental. Bogotá, Colombia: Univ Distrital Francisco José de Caldas. 61 p.
23. **Mostacero León J, Mejía Coico F, Gamarra Torres Ó. 2002.** Taxonomía de las fanerógamas útiles del Perú. Trujillo, Perú: Concytec. 667 p.
24. **Nguyen NM, Whitehorn JS, Luong Thi Hue T, Nguyen Thanh T, Mai Xuan T, Vo Xuan H, Nguyen Thi Cam H, et al. 2016.** Physicians, primary caregivers and topical repellent: all under-utilised resources in stopping dengue virus transmission in affected households. *PLoS Negl Trop Dis* 10: e0004667. doi: 10.1371/journal.pntd.-0004667

25. **Oblitas G, Hernández-Córdova G, Chiclla A, Antich-Barrientos M, Ccorihuamán-Cusitito L, Romani F. 2013.** Empleo de plantas medicinales en usuarios de dos hospitales referenciales del Cusco, Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* 30: 64-68.
26. **[OMS] Organización Mundial de la Salud. 2017.** Dengue. OMS. [Internet]. Available at: <http://www.who.int/denguecontrol/es/>
27. **[OMS] Organización Mundial de la Salud. 2020a.** Enfermedades transmitidas por vectores. [Internet]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
28. **[OMS] Organización Mundial de la Salud. 2020b.** Dengue y dengue grave. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
29. **Peña O, Pico T. 2015.** Evaluación de la posible actividad larvicida de aceites esenciales frente a el *Aedes aegypti* vector transmisor del dengue. Tesis de Químico Ambiental. Bucaramanga, Colombia: Univ. Santo Tomás. 75 p.
30. **Pérez-Pacheco R, Rodríguez Hernández C, Lara-Reyna J, Montes Belmont R, Ramírez Valverde G. 2004.** Toxicidad de aceites, esencias y extractos vegetales en larvas de mosquito *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Acta Zool Mex* 20: 141-152.
31. **Pérez A. 2016.** Efecto larvicida de diferentes concentraciones del extracto etanólico de *Lantana camara* (Verbenaceae) en una población natural de *Aedes aegypti*, bajo condiciones experimentales. Tesis de Biólogo Microbiólogo. Trujillo, Perú: Univ. Nacional de Trujillo. 59 p.
32. **Piedrahita Márquez D. 2012.** Extracción, evaluación de la composición y de la actividad biológica del aceite esencial y los constituyentes volátiles de la planta *Myrica parvifolia* (Benth.) Parra-O. Tesis de Químico. Bogotá, Colombia: Univ. de los Andes. 47 p.
33. **Quintero J, García-Betancourt T, Caprara A, Basso C, Garcia da Rosa E, Manrique-Saide P, Coelho G, et al. 2017.** Taking innovative vector control interventions in urban Latin America to scale: lessons learnt from multi-country implementation research. *Pathog Glob Health* 111: 306-316. doi: 10.1080/20477724.2017.1361563
34. **Rajkumar S, Jebanesan A. 2010.** Prevention of dengue fever through plant based mosquito repellent *Clausena dentata* (Willd) M. Roem (Family: Rutaceae) essential oil against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) mosquito. *Eur Rev Med Pharmacol* 14: 231-234.
35. **Ramírez K. 2020.** Evaluación de la tintura de albahaca (*Ocimum basilicum*) y menta (*Mentha piperita*) como repelente de mosquitos (*Aedes aegypti*) y moscas (*Stomoxys calcitrans*), administrado por vía tópica en equinos. Tesis de Médico Veterinario. Guatemala: Univ. de San Carlos de Guatemala. 43 p.
36. **Ringuelet J, Ocampo R, Henning C, Padín S, Urrutia MI, Dal Bello G. 2014.** Actividad insecticida del aceite esencial de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown sobre *Tribolium castaneum* Herbst en granos de trigo (*Triticum aestivum* L). *Rev Bras Agroecol* 9: 214-222
37. **Rodríguez-Morales A. 2015.** No era suficiente con dengue y chikungunya: llegó también Zika. *Arch Med* 11: 3. doi: 10.3823/1245
38. **Rodríguez SD, Drake LL, Price DP, Hammond JI, Hansen IA. 2015.** The efficacy of some commercially available insect repellents for *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *J Insect Sci* 15: 140. doi: 10.1093/jisesa/iev125
39. **Rodríguez SD, Drake LL, Price DP, Hammond JI, Hansen IA. 2017.** Efficacy of some wearable devices compared with spray-on insect repellents for the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *J Insect Sci* 17: 1-6. doi: 10.1093/jisesa/iew117

40. **Rueda XY, Giovanni Pérez O, Meza H. 2010.** Actividad larvicida del aceite esencial foliar de *Eucaliptus globulus* contra *Aedes aegypti* Linnaeus. *Rev Fac Cienc Básicas* 8: 71-77.
41. **Senatore F. 1998.** Volatile constituents of *Mintostachys setosa* (Briq) Epl (Lamiaceae) from Perú. *Flavour Fragr J* 13: 263-265. doi: 10.1002/(SICI)1099-1026(1998070)13:4<263::AID-FFJ738>3.0.CO;2-H
42. **Simmons CP, Farrar JJ, Nguyen vV, Wills B. 2012.** Dengue. *New Engl J Med* 366: 1423-1432. doi: 10.1056/NEJ-Mra1110265
43. **Tisgratog R, Sanguanpong U, Grieco JP, Ngoen-Kluan R, Chareonviriyaphap T. 2016.** Plants traditionally used as mosquito repellents and the implication for their use in vector control. *Acta Trop* 157: 136-144. doi: 10.1016/j.actatropica.2016.01.024
44. **Warikoo R, Wahab N, Kumar S. 2011.** Oviposition-altering and ovicidal potentials of five essential oils against female adults of the dengue vector, *Aedes aegypti* L. *Parasitol Res* 109: 1125-1131. doi: 10.1007/s00436-011-2355-y
45. **[WHO] World Health Organization. 2005.** Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal mosquito nets. [Internet]. Available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/80270/1/9789241505277_eng.pdf