

Respuesta de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) a transflutrina y linalol impregnados en diferentes tipos de tela

Keila Elizabeth Paiz-Moscoso, M en C.⁽¹⁾ Ildefonso Fernández-Salas, PhD,⁽¹⁾ John Paul Grieco, PhD,⁽²⁾ Nicole L Achee, PhD,⁽²⁾ José Luis Torres-Estrada, D en C.⁽¹⁾

Paiz-Moscoso KE, Fernández-Salas I, Grieco JP, Achee NL, Torres-Estrada JL. Respuesta de *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) a transflutrina y linalol impregnados en diferentes tipos de tela. *Salud Publica Mex.* 2020;62:417-423. <https://doi.org/10.21149/10158>

Paiz-Moscoso KE, Fernández-Salas I, Grieco JP, Achee NL, Torres-Estrada JL. Response of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) to transfluthrin and linalool impregnated in different of fabric types. *Salud Publica Mex.* 2020;62:417-423. <https://doi.org/10.21149/10158>

Resumen

Objetivo. Evaluar el efecto de repelencia espacial contra *Ae. aegypti* de dos compuestos químicos impregnados en diferentes tipos de telas. **Material y métodos.** El estudio se realizó en el periodo 2015-2016 en el Centro Regional de Investigación en Salud Pública, del Instituto Nacional de Salud Pública. Se utilizó el Sistema de Procesamiento de Alto-rendimiento para evaluar la respuesta de *Ae. aegypti* a transflutrina y linalol, impregnados individualmente a diferentes concentraciones en popelina, algodón y poliéster. También se determinó el efecto de sus mezclas, lavado sobre la residualidad y porcentaje de protección. **Resultados.** La mayor respuesta de repelencia espacial fue para el tratamiento linalol-algodón al 0.1% (RE= 70 ± 5.77%). La mezcla de linalol 0.1% y transflutrina 0.001% presentó un porcentaje de repelencia espacial similar para los tres tipos de tela. El tratamiento transflutrina-popelina 0.001% mantuvo una residualidad de cinco días. El linalol al 0.1% produjo 62.50% de protección en presencia de un estímulo de atracción. **Conclusión.** Se sugiere la impregnación de linalol al 0.1% en ropa como medida de protección de las picaduras de *Ae. aegypti*.

Palabras clave: repelentes espaciales; *Aedes aegypti*; dengue; chikungunya; Zika

Abstract

Objective. Evaluate the effect of spatial repellency against *Ae. aegypti* of two chemical compounds impregnated in different types of fabrics. **Materials and methods.** The study was carried out in the year 2015-2016 in the Centro Regional de Investigación en Salud Pública, del Instituto Nacional de Salud Pública. The high-throughput screening system was used to evaluate the response of *Ae. aegypti* to transfluthrin and linalool, impregnated individually at different concentrations in poplin, cotton and polyester. The effect of their mixtures was also determined, washing on residuality and percentage of protection. **Results.** The highest spatial repellency response was for 0.1% linalool-cotton treatment (RE = 70 ± 5.77%). The mixture of 0.1% linalool and 0.001% transfluthrin presented a similar spatial repellence percentage for the three types of fabric. The transfluthrin-poplin treatment 0.001% maintained a residual of five days. 0.1% linalool produced a 62.50% protection in the presence of an attraction stimulus. **Conclusion.** It is suggested the impregnation of 0.1% linalool in clothing as a protection measure for *Ae. aegypti*.

Keywords: spatial repellents; *Aedes aegypti*; dengue; chikungunya; Zika

(1) Centro Regional de Investigación en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública. Tapachula, Chiapas, México.

(2) Universidad de Notre Dame. Indiana, EUA.

Fecha de recibido: 29 de octubre de 2018 • Fecha de aceptado: 29 de marzo de 2019

Autor de correspondencia: Dr. José Luis Torres Estrada. Centro Regional de Investigación en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública.

4ª Avenida Norte y 19 calle Poniente, col. Centro. 30700 Tapachula, Chiapas, México.

Correo electrónico: jltorres@insp.mx

El dengue, la fiebre chikungunya y el Zika son enfermedades víricas transmitidas por *Aedes aegypti* y *Ae. albopictus*,¹ que representan un problema de salud pública prioritario alrededor del mundo. En las últimas décadas, la incidencia de dengue ha aumentado considerablemente en el mundo produciéndose 390 millones de infecciones por dengue cada año, con 96 millones manifestados clínicamente;² 3 900 millones de personas de 128 países están en riesgo de infección por los virus dengue.³ En México, se confirmaron 17 904 casos en 2016, con un total de 75 defunciones y 14 138 casos en 2017, con un total de 34 defunciones.⁴ Por otro lado, en noviembre de 2014 se reportó el primer caso de fiebre chikungunya en México, en la zona sur del estado de Chiapas, lo que provocó que el gobierno mexicano emitiera la Declaración de Emergencia Epidemiológica EE-2-2014 en ese estado.⁵ Los más de 12 000 casos confirmados de fiebre chikungunya desde 2014 en el territorio nacional⁴ han generado que las campañas de control de los vectores se intensifiquen en el país. Para agravar la situación en México, se confirmaron 7 560 casos de Zika para 2016 y 3 260 para 2017, de los cuales, 1 844 corresponden a casos confirmados en mujeres embarazadas.⁴ La rápida expansión de esta enfermedad (encontrada en 20 estados del territorio nacional), sus efectos ocasionados en mujeres embarazadas⁶ y su relación con el síndrome de Guillain-Barre⁷ han provocado que las autoridades de salud en México busquen nuevas alternativas de control de los vectores que se sumen a las normativas actuales.

Para ninguna de las tres enfermedades existen vacunas efectivas ni tratamiento específico; la única forma para controlarlas es disminuyendo las poblaciones de mosquitos que las transmiten y evitando el contacto hombre-vector.⁸ Las prácticas más comunes para evitar el contacto hombre-vector incluyen técnicas de evasión, exclusión de mosquitos con barreras físicas y químicas, tratamiento de telas con sustancias tóxicas y el uso de repelentes (tópicos y espaciales).^{9,10} Los repelentes espaciales brindan una protección generalizada y producen espacios libres de mosquitos, lo que protege a todos aquellos individuos cercanos a la fuente que lo libera. Desafortunadamente, el tiempo de protección de estos repelentes en el espacio tratado es corto debido a su alta volatilidad.¹¹

Desde hace varios años, el uso de tejidos tratados con repelentes topicales y espaciales se ha convertido en un componente clave en la lucha contra las enfermedades transmitidas por vector; el mejor ejemplo de ello son los pabellones impregnados con insecticidas (ITNs), utilizados para el control del paludismo.¹² Para el caso de *Ae. aegypti*, se han explorado otras opciones como cubiertas para contenedores de agua y cortinas impregnadas con insecticidas, las cuales han demostra-

do reducir la densidad de vectores y, potencialmente, disminuir la transmisión de estas enfermedades.¹³ En este sentido, impregnar con repelentes espaciales la ropa de uso personal como uniformes escolares, laborales y militares podría ser una buena opción para la protección contra picaduras de los vectores del dengue, fiebre chikungunya y Zika, ya que no sólo se protegería al individuo que la porta sino a los que se encuentran cercanos a él. Algunos resultados de modelos predictivos indicaron que impregnar uniformes escolares con insecticidas tendría el potencial de reducir hasta en 55% la incidencia por dengue en niños.¹⁴

Sin embargo, a pesar de que se ha demostrado que la ropa tratada proporciona protección contra la picadura de insectos vectores de enfermedades, hasta la fecha esta práctica se ha limitado únicamente a impregnar uniformes militares, ropa de caza o prendas para actividades recreativas y no como una estrategia normativa dentro de los programas de control de vectores en la mayoría de los países endémicos.⁹ Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de repelencia espacial de la transflutrina y el linalol cuando están impregnados en telas con las que se fabrica ropa de uso común, como medida de protección contra la picadura de mosquitos vectores del dengue, fiebre chikungunya y Zika.

Material y métodos

Este estudio se llevó a cabo en el Centro Regional de Investigación en Salud Pública del Instituto Nacional de Salud Pública (CRISP/INSP), ubicado en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México, en los años 2015-2016. Se utilizaron hembras de *Ae. aegypti* (cepa New Orleans) de tres a cinco días de edad, núlparas y sin alimentar con sangre. Los mosquitos fueron mantenidos en el insectario del CRISP a 27 ± 2 °C, $80 \pm 10\%$ HR y con un fotoperiodo de 12:12 L: O. Se utilizó transflutrina 99.9% y linalol 97%, ambos a concentraciones de 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.005, 0.01, 0.1 y 1% (y 10% únicamente para transflutrina). Se utilizó como control positivo el N,N-dietil-m-toluamida (DEET) al 97% a concentraciones de 0.01, 0.1, 1, 10, 15 y 20% y como control negativo acetona al 98%. Se utilizaron piezas de 2.25 cm x lado de telas de algodón, poliéster y popelina obtenidas comercialmente y prelavadas con jabón neutro. Las telas fueron impregnadas cinco minutos antes de cada bioensayo con 500 µL de las diluciones, mientras que para los controles las telas fueron tratadas con el mismo volumen del solvente.

Para los ensayos de repelencia espacial (por concentración y mezclas) se utilizó el Sistema de Procesamiento de Alto-rendimiento (HITSS, por sus siglas en inglés)

propuesto por Grieco y colaboradores.¹⁵ Se colocaron 15 mosquitos en el compartimento central del equipo, dejándolos aclimatarse 30 s (los mosquitos caídos o muertos fueron remplazados), y las válvulas tipo mariposa se mantuvieron cerradas en el punto unión con ambos cilindros. Una vez preparados los cilindros de control y tratamiento, las ventanas de observación en las tapas de los extremos de ambos cilindros y el compartimento central fueron cubiertos con un paño oscuro para evitar el paso de la luz. Enseguida se abrieron simultáneamente las válvulas y se expusieron los mosquitos a los tratamientos durante 20 min. Una vez transcurrido el tiempo, el número de mosquitos en cada cámara fue contabilizado. Se llevaron a cabo cuatro repeticiones para cada concentración, los mosquitos fueron reemplazados en cada bioensayo y el sistema fue lavado con acetona entre repeticiones. Las concentraciones de cada producto químico que presentaron los mejores porcentajes de repelencia fueron utilizadas para realizar una mezcla 50-50 (250 µL linalol - 250 µL transflutrina) y utilizadas en los ensayos de repelencia espacial con la metodología antes descrita.

Los tratamientos que de forma individual presentaron los mejores resultados contra *Ae. aegypti* fueron utilizados para determinar el efecto que causa el lavado sobre la residualidad del producto impregnado en los distintos tipos de telas. Se impregnó la tela con 500 µL del tratamiento y se realizó el primer ensayo de repelencia espacial (día 0); inmediatamente después de haberse realizado el bioensayo, la tela tratada fue lavada a mano con jabón neutro, se restregó aproximadamente durante un minuto y se enjuagó con abundante agua de la llave. Posteriormente, las telas se dejaron secar a la sombra cinco días, lo que permitió la reactivación del principio activo. Una vez transcurrido el tiempo de secado se realizaron ensayos de repelencia espacial utilizando la metodología descrita anteriormente.

De igual manera se evaluó el efecto que tienen sobre *Ae. aegypti* los tratamientos que presentaron los mejores resultados en los ensayos de repelencia espacial, en presencia de un estímulo de atracción. Para ello, se utilizó un solo brazo de un olfatómetro en "Y". Se realizaron dos experimentos: el primero consistió en impregnar dos piezas (2 x 1 cm) de papel filtro (Whatman no.1), una con 5 µL de transflutrina al 0.001% mientras que la otra con 5 µL de linalol al 1%. El segundo experimento consistió en impregnar dos piezas de papel, una con 5 µL de linalol al 0.1% y la segunda con 5 µL de transflutrina al 10%. En ambos casos el solvente se dejó evaporar y se colocaron 15 hembras de *Ae. aegypti* en el puerto de liberación. Después de 30 s de aclimatación, las hembras fueron liberadas y expuestas durante 30 min a cada tratamiento. Al concluir el tiempo se contabilizó el número

de hembras en el puerto de tratamiento. Se llevaron a cabo cuatro repeticiones para los tratamientos (repelente-atrayente) e igualmente para control (atrayente). Los mosquitos fueron reemplazados en cada repetición, el sistema fue lavado con acetona entre cada repetición y se alternó la posición del puerto del tratamiento para evitar sesgo por posición.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos en los experimentos realizados fueron sometidos a una prueba Shapiro-Wilk para revisar la normalidad de éstos. Para determinar las diferencias entre los tratamientos (telas y concentraciones) los datos fueron transformados a porcentajes y sometidos a un análisis de varianza, seguido de una comparación múltiple de medias de Tukey. Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa SAS (SAS, Institute Inc., Cary NC, USA V.9 para Windows 2002).

Finalmente, se calculó el Índice de Actividad Espacial (SAI= ((Nc-Nt) / (Nc+Nt)) × (Nm/N)) donde Nc= número de mosquitos en el cilindro de control y Nt= número de mosquitos en el cilindro de tratamiento. Los resultados más cercanos al 1 indican mayor repelencia espacial.

Consideraciones éticas

Todos los procedimientos del estudio fueron revisados y aprobados por los comités de Ética, Investigación y Bioseguridad del Instituto Nacional de Salud Pública de México.

Resultados

Los resultados de los ensayos de repelencia espacial mostraron que todos los tratamientos causaron la activación y orientación de *Ae. Aegypti*, en contra o a favor de la fuente de olor a diferentes niveles y dependientes de la concentración utilizada (cuadro I). Los resultados obtenidos para el linalol indican que este producto impregnado al 0.1% en algodón fue el que presentó el mayor porcentaje de repelencia espacial con un 70 ± 5.77% y un SAI= 0.53 ± 0.07 (F= 10.09; gl= 6; p= 0.0001), seguido de linalol al 0.01% impregnado en poliéster, con un 51.67 ± 3.19% y un SAI= 0.33 ± 0.00, y linalol al 0.0005% impregnado en poliéster, con un 51.67 ± 5.00% y un SAI= 0.25 ± 0.11 (F= 14.05; gl= 6; p= 0.0001). Para el caso de la transflutrina, la concentración al 0.001% impregnada en popelina produjo la mayor respuesta de repelencia espacial, con un 50 ± 6.94% y un SAI= 0.35 ± 0.09, en comparación con las demás concentraciones (F= 6.38; gl= 6; p= 0.001).

Cuadro I
RESPUESTA DE HEMBRAS DE *Aedes aegypti* A TRATAMIENTOS INDIVIDUALES DE
DIFERENTES CONCENTRACIONES DE TRANSFLUTRINA, LINALOL Y DEET

Concentración (%)	% de repelencia Media $\pm$ SE			SAI Media $\pm$ SE		
Transflutrina	Popelina	Algodón	Poliéster	Popelina	Algodón	Poliéster
0.0001	26.67 $\pm$ 2.72	25.00 $\pm$ 3.19	16.67 $\pm$ 7.93	0.03 $\pm$ 0.09	-0.22 $\pm$ 0.06	-0.18 $\pm$ 0.11
0.0005	26.67 $\pm$ 2.72	35.00 $\pm$ 4.19	26.67 $\pm$ 5.44	0.15 $\pm$ 0.06	-0.03 $\pm$ 0.06	-0.07 $\pm$ 0.06
0.001	50.00 $\pm$ 6.94	20.00 $\pm$ 9.81	28.33 $\pm$ 5.00	0.35 $\pm$ 0.09	-0.27 $\pm$ 0.12	-0.02 $\pm$ 0.07
0.005	21.67 $\pm$ 3.19	26.67 $\pm$ 4.71	28.33 $\pm$ 5.00	0.07 $\pm$ 0.08	-0.20 $\pm$ 0.16	0.13 $\pm$ 0.08
0.01	13.33 $\pm$ 6.09	35.00 $\pm$ 4.19	20.00 $\pm$ 0.00	-0.03 $\pm$ 0.03	0.00 $\pm$ 0.10	-0.17 $\pm$ 0.03
0.1	13.33 $\pm$ 2.72	26.67 $\pm$ 2.72	25.00 $\pm$ 5.69	0.03 $\pm$ 0.08	-0.22 $\pm$ 0.09	-0.28 $\pm$ 0.11
1	28.33 $\pm$ 4.19	25.00 $\pm$ 6.31	15.00 $\pm$ 5.00	-0.08 $\pm$ 0.15	-0.28 $\pm$ 0.11	-0.55 $\pm$ 0.11
10	21.67 $\pm$ 3.19	21.67 $\pm$ 7.39	28.33 $\pm$ 5.69	-0.43 $\pm$ 0.08	-0.20 $\pm$ 0.10	-0.13 $\pm$ 0.15
Linalol	Popelina	Algodón	Poliéster	Popelina	Algodón	Poliéster
0.0001	28.33 $\pm$ 6.87	13.33 $\pm$ 3.85	38.33 $\pm$ 3.19	0.02 $\pm$ 0.12	-0.08 $\pm$ 0.07	0.03 $\pm$ 0.08
0.0005	13.33 $\pm$ 11.22	45.00 $\pm$ 6.87	51.67 $\pm$ 5.00	-0.02 $\pm$ 0.13	0.33 $\pm$ 0.10	0.25 $\pm$ 0.11
0.001	45.00 $\pm$ 5.69	28.33 $\pm$ 4.19	38.33 $\pm$ 4.19	0.30 $\pm$ 0.09	-0.02 $\pm$ 0.06	0.07 $\pm$ 0.05
0.005	16.67 $\pm$ 1.92	23.33 $\pm$ 4.30	28.33 $\pm$ 6.31	0.07 $\pm$ 0.03	0.17 $\pm$ 0.06	-0.18 $\pm$ 0.11
0.01	18.33 $\pm$ 1.67	20.00 $\pm$ 5.44	51.67 $\pm$ 3.19	-0.18 $\pm$ 0.07	0.08 $\pm$ 0.07	0.33 $\pm$ 0.00
0.1	18.33 $\pm$ 6.31	70.00 $\pm$ 5.77	23.33 $\pm$ 4.30	-0.10 $\pm$ 0.06	0.53 $\pm$ 0.07	-0.37 $\pm$ 0.08
1	10.00 $\pm$ 4.30	51.67 $\pm$ 8.77	15.00 $\pm$ 3.19	-0.67 $\pm$ 0.11	0.22 $\pm$ 0.09	-0.40 $\pm$ 0.05
DEET	Popelina	Algodón	Poliéster	Popelina	Algodón	Poliéster
0.01	11.67 $\pm$ 3.19	16.67 $\pm$ 8.82	18.33 $\pm$ 5.69	0.00 $\pm$ 0.03	0.08 $\pm$ 0.09	0.17 $\pm$ 0.07
0.1	6.67 $\pm$ 3.85	15.00 $\pm$ 5.00	18.33 $\pm$ 3.19	0.03 $\pm$ 0.03	0.08 $\pm$ 0.07	0.18 $\pm$ 0.03
1	5.00 $\pm$ 3.19	21.67 $\pm$ 3.19	15.00 $\pm$ 4.19	0.00 $\pm$ 0.04	0.18 $\pm$ 0.03	0.15 $\pm$ 0.04
10	3.33 $\pm$ 3.33	16.67 $\pm$ 10.36	5.00 $\pm$ 3.19	-0.02 $\pm$ 0.07	0.15 $\pm$ 0.11	0.00 $\pm$ 0.05
15	15.00 $\pm$ 7.39	15.00 $\pm$ 6.31	38.33 $\pm$ 3.19	0.15 $\pm$ 0.07	0.05 $\pm$ 0.08	0.38 $\pm$ 0.03
20	16.67 $\pm$ 1.92	15.00 $\pm$ 4.19	38.33 $\pm$ 9.57	0.10 $\pm$ 0.03	0.12 $\pm$ 0.03	0.37 $\pm$ 0.10

Estudio llevado a cabo en 2015-2016 en el Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRISP/INSP) ubicado en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México
 DEET: N,N-Dietil-meta-toluamida

El DEET al 15 y 20% impregnado en poliéster produjo respuestas de repelencia de 38.33 $\pm$ 3.19% con un SAI= 0.38 $\pm$ 0.03 y 38.33 $\pm$ 9.57 con un SAI= 0.37 $\pm$ 0.10, respectivamente (F= 8.27; gl= 5; p= 0.0006).

La mezcla de transflutrina al 0.001% y linalol al 0.1% no produjo respuestas de repelencia espacial diferentes contra *Ae. aegypti*, independientemente del tipo de tela impregnada (F= 0.73; gl= 2; p= 0.5200). 53.33 $\pm$ 7.20% de repelencia (SAI= 0.43 $\pm$ 0.12) para popelina, 65.00 $\pm$ 5.69% de repelencia (SAI= 0.20 $\pm$ 0.09) para algodón y 56.67 $\pm$ 8.82% de repelencia (SAI= 0.37 $\pm$ 0.16) para poliéster.

En relación con el efecto del lavado, se observó que la popelina impregnada con transflutrina al 0.001% presentó una repelencia espacial similar (F= 0.21; gl= 5; p= 0.9544) durante cinco días de secado después del lavado (día 0), siendo el porcentaje de repelencia para

el día 0 de 43.33 $\pm$ 4.30% (SAI= 0.37 $\pm$ 0.03), día 1= de 36.66 $\pm$ 8.38% (SAI= 0.20 $\pm$ 0.11), día 2= de 45 $\pm$ 12.87% (SAI= 0.23 $\pm$ 0.22), día 3= 43.33 $\pm$ 8.38% (SAI= 0.20 $\pm$ 0.12), día 4= 35 $\pm$ 7.39% (SAI= 0.23 $\pm$ 0.06) y día 5= 40 $\pm$ 8.60% (SAI= 0.27 $\pm$ 0.08). Por el contrario, el algodón impregnado con linalol al 0.1% después del lavado (día 0) produjo respuestas de repelencia espacial diferentes (F= 3.77; gl= 5; p= 0.0206).

La concentración de linalol al 1% produjo un porcentaje promedio de atracción de 61.25 $\pm$ 3.14%; cuando se le agregó la concentración repelente transflutrina al 0.001% produjo un porcentaje promedio de atracción de 42.25 $\pm$ 3.22%, lo que resultó en una reducción de 18.75%, con diferencia estadísticamente significativa (t= 4.16; gl= 6; p= 0.005). La transflutrina al 10% de concentración produjo un porcentaje promedio de atracción de 80.00

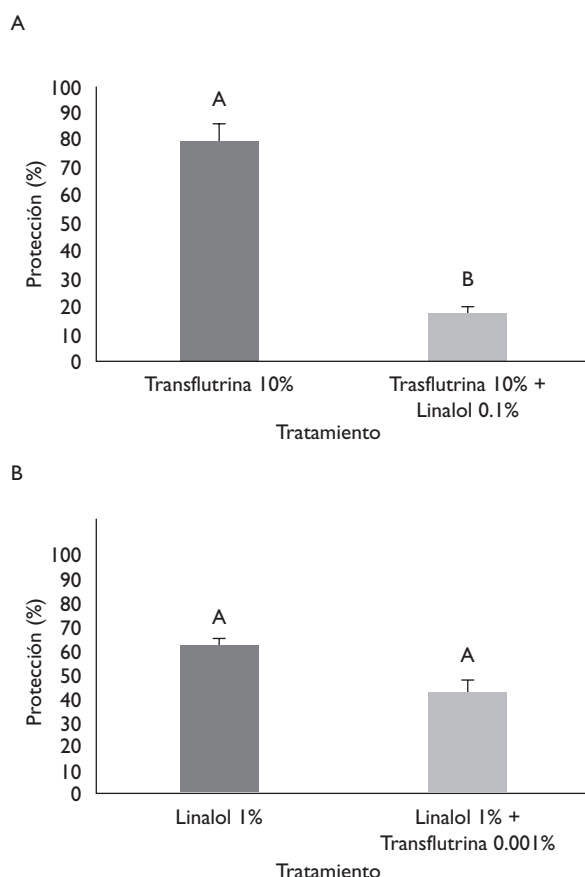
$\pm 6.12\%$; cuando se agregó la concentración repelente linalol al 0.1% produjo un porcentaje promedio de atracción de $17.50 \pm 1.44\%$, lo que resulta en una reducción de 62.50% ($t=9.44$; $gl=3$; $p=10.0025$) (figura 1).

Discusión

Los químicos evaluados linalol y transflutrina presentaron efectos de repelencia espacial que variaron en función de la concentración y del tipo de tela impregnada, en tanto que el DEET sólo presentó poca repelencia espacial cuando fue impregnado en poliéster al 15 y

20%. El uso de repelentes espaciales como medida de protección contra picaduras de mosquitos vectores ha cobrado relevancia, principalmente con la impregnación de tiras de papel y plástico, así como de telas fabricadas a partir de fibras naturales.¹⁶ En el presente estudio, los resultados obtenidos indican que el linalol impregnado al 0.1% en algodón presentó la mayor respuesta de repelencia espacial contra *Ae. aegypti* en comparación de los demás tratamientos. El linalol es un aceite esencial de olor agradable presente en flores y hojas de plantas aromáticas de diferentes familias¹⁷ y ha sido ampliamente demostrada su actividad como repelente espacial en diversas situaciones. Se ha reportado una repelencia espacial de 91.7% contra *Culex pipiens* en pruebas donde se aplicó linalol en el antebrazo de voluntarios, mientras que se han reportado tasas de repelencia de 58-93% para diferentes especies de mosquitos en pruebas realizadas en interiores y exteriores de casas.^{18,19} En el presente estudio el linalol al 0.1% impregnado en algodón produjo 70% de repelencia espacial, el cual entra dentro del rango reportado por este último.

Por su parte, la transflutrina es un piretroide menos polar y más volátil que los piretroides convencionales, por lo que se disemina dentro de un área determinada sin la necesidad de una fuente externa de energía.²⁰ La transflutrina ha sido impregnada y evaluada en tiras de papel y plástico y se han obtenido buenos resultados para la protección contra picaduras de mosquitos en el sureste de Asia. En estas evaluaciones se determinó una duración de la liberación del vapor y, por lo tanto, de protección de hasta de 18 semanas.²⁰ Ogoma y colaboradores,¹⁶ en Tanzania impregnaron con 10 mL de transflutrina grado técnico tiras de sacos construidos con fibras naturales que son usadas para almacenar granos y reportaron un efecto de repelencia espacial >99% sobre *Anopheles arabiensis*, vector de la malaria. En el presente estudio la impregnación de 500 μ L de transflutrina al 0.001% en popelina (de 2.25 cm x lado) produjo 50% de protección. Por otro lado, el DEET presentó resultados significativos de repelencia espacial en el tratamiento DEET-poliéster al 15 y al 20%. Este resultado es interesante debido a que el DEET ha sido reportado como el repelente topical más usado contra una gran variedad de insectos vectores.¹¹ Cuando se mezclaron transflutrina al 0.001% y linalol al 0.1% los porcentajes de repelencia espacial fueron similares al obtenido para el tratamiento popelina-transflutrina al 0.001%, pero menores al tratamiento algodón-linalol al 0.1%, lo que indica que con la mezcla de ambos productos no existe sinergismo en la repelencia. Sin embargo, el que no se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de repelencia en los tres tipos de telas indica que, independientemente del tipo de tela, la mezcla ofrece la misma protección



Estudio llevado a cabo en 2015-2016 en el Centro Regional de Investigación en Salud Pública (CRIS/-INSP) ubicado en la ciudad de Tapachula, Chiapas, México.

FIGURA 1. A) PORCENTAJE DE PROTECCIÓN SOBRE *Aedes aegypti* PRODUCIDO POR LINALOL AL 0.1% DE CONCENTRACIÓN FRENTE A UN ESTÍMULO DE ATRACCIÓN (TRANSFLUTRINA AL 10%) ($p<0.05$). B) PORCENTAJE DE PROTECCIÓN SOBRE *Aedes aegypti* PRODUCIDO POR TRANSFLUTRINA (0.001%) FRENTE A UN ESTÍMULO DE ATRACCIÓN (LINALOL AL 1%) ($p<0.05$)

(por arriba de 50%), característica que no presentaron las concentraciones de transflutrina y linalol de manera individual.

Los resultados obtenidos para determinar el efecto del lavado sobre la residualidad muestran que éstos variaron de acuerdo con el tratamiento; el tratamiento popelina-transflutrina al 0.001% fue el que presentó el mayor efecto residual. Estos resultados concuerdan con los reportados por Rubio-Palis y colaboradores,²¹ quienes observaron que las telas impregnadas con el piretroide deltametrina de forma manual y después de la primera lavada presentaron una reducción en el efecto residual del producto en comparación con las telas PermaNet, cuyos resultados de mortalidad después de 21 lavadas fueron de 60%.

En el presente estudio también se llevó a cabo la determinación del porcentaje de protección (disminución en el porcentaje de atracción) contra las picaduras de *Ae. aegypti* en presencia de un estímulo de atracción. Los resultados muestran que el linalol al 0.1% reduce 62.5% la atracción, lo que puede interpretarse como una buena protección contra la picadura de mosquitos; por el contrario, la concentración de transflutrina al 0.001% sólo presentó una reducción en la repelencia de 18.75%. Con estos resultados se podría considerar la utilización de estos productos como un control etológico dentro de un enfoque de manejo integrado de vectores. De acuerdo con los resultados se puede observar una mayor protección del linalol en comparación con la transflutrina, aunque resultados reportados en estudios previos,¹⁶⁻²⁰ con especies diferentes a *Ae. aegypti*, indicaron que tanto la transflutrina como el linalol tienen la propiedad de ser repelentes espaciales generalistas, característica necesaria para un buen repelente.

La ventaja que presenta el linalol sobre la transflutrina es que es un producto de origen vegetal, lo que implica que tiene un impacto reducido con la entomofauna cercana a la de liberación. En la actualidad, los aceites esenciales representan la mejor opción desde una perspectiva ecológica, sin embargo, la relación costo-beneficio y la competencia con los compuestos sintéticos como la transflutrina son los principales obstáculos que deben enfrentar los productos naturales para su integración en programas de control. Lo ideal es tener en ellos un uso complementario que incremente la sostenibilidad de las actuales estrategias del control integrado de plagas.²²

La impregnación de ropa de uso común con repelentes representa grandes desafíos antes de ser aceptada como una estrategia de intervención en la lucha contra las enfermedades transmitidas por vector. Dentro de los principales desafíos para la incorporación de la ropa tratada con repelentes espaciales a los programas integra-

les de vectores están, sin duda, los riesgos a largo plazo para la salud por el uso prolongado de estos piretroides. El contacto directo de la ropa tratada con la piel y la inhalación de los vapores debido a la alta volatilidad de los productos son las rutas de exposición que deben ser evaluadas. Sin embargo, desde hace varios años estudios de laboratorio en animales y humanos han demostrado la rápida degradación metabólica y excreción de los piretroides en mamíferos.^{23,24} Esta rápida metabolización evita la bioacumulación o biomagnificación de estos productos en el organismo.²⁵ El potencial de toxicidad de los piretroides ha sido ampliamente evaluado bajo condiciones experimentales; Zaim y colaboradores²⁶ evaluaron la toxicidad a largo plazo de los insecticidas piretroides utilizados para impregnar pabellones. En su estudio se reportó no haber detectado efectos teratogénicos, carcinogénicos o mutagénicos en animales experimentales. En este mismo estudio se reportó que las dosis utilizadas para impregnar pabellones son bajas, por lo tanto, el riesgo de toxicidad por inhalación es remota.

El uso de ropa impregnada con repelentes espaciales representa una opción prometedora y segura para la prevención de enfermedades transmitidas por vector; sin embargo, se necesitan más estudios para definir el mecanismo mediante el cual se logre una protección completa para ser implementado dentro de las actividades normativas de los programas de control de vectores.

Agradecimientos

El presente estudio fue apoyado por el Conacyt/proyectos científicos para atender problemas nacionales 2015, número 1 602. También se agradece a Alejandra Maldonado, Crescencio Díaz y Sandra Robles por su apoyo técnico en la realización de este estudio.

Declaración de conflicto de intereses. Los autores declararon no tener conflicto de intereses.

Referencias

1. Gubler DJ. Resurgent vector-borne diseases as a global health problem. *Emerg Infect Dis.* 1998;4(3):442. <https://doi.org/10.3201/eid0403.980326>
2. Bhatt S, Gething PW, Brady OJ, Messina JP, Farlow AW, Moyes CL, et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature.* 2013;496:504-7. <https://doi.org/10.1038/nature12060>
3. Brady OJ, Gething PW, Bhatt S, Messina JP, Brownstein JS, Hoen AG, et al. Refining the global spatial limits of dengue virus transmission by evidence-based consensus. *PLoS Negl Trop Dis.* 2012;6:e1760. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001760>
4. Sistema Nacional de Vigilancia de Epidemiológica. Información publicada en la semana epidemiológica 52. México: Secretaría de Salud, 2017 [citado 28 de febrero, 2017]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/acciones-y-programas/historico-boletin-epidemiologico>

5. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. Declaratoria de emergencia epidemiológica EE-2 -2014. México: Secretaría de Salud, 2014 [citado 28 de febrero, 2017]. Disponible en: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/emergencias/descargas/pdf/Declaratoria_Emergencia_Chiapas_Chikungunya.pdf
6. Staples JE, Dziuban EJ, Fischer M, Cragan DJ, Rasmussen SA, Cannon MJ, et al. Interim guidelines for the evaluation and testing of infants with possible congenital Zika virus infection. *Morb Mortal Wkly Rep*. 2016;65:63-7. <https://doi.org/10.15585/mmwr.mm6503e3>
7. Oehler E, Watrin L, Larre P, Leparc-Goffart I, Lastere S, Valour F, Ghawche F. Zika virus infection complicated by Guillain-Barre syndrome--case report, French Polynesia, December 2013. *Euro Surveill*. 2014;19(9):20720. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.9.20720>
8. World Health Organization. Dengue: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control. Technical report. Ginebra: WHO, TDR, 2009. Disponible en: <https://www.who.int/tdr/publications/documents/dengue-diagnosis.pdf>
9. Wilder-Smith A, Renhorn KE, Tissera H, Bakar SA, Alphey L, Kittayapong P, et al. DengueTools: innovative tools and strategies for the surveillance and control of dengue. *Glob health action*. 2012;5:17273. <https://doi.org/10.3402/gha.v5i0.17273>
10. Barnard DR. Repellents and toxicants for personal protection: a WHO Position Paper. Ginebra: WHO, 2000 [citado 28 de febrero, 2017]. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/66666/WHO_CDS_WHOPES_GCDPP_2000.5.pdf;jsessionid=A9417728C7819767F3884338E137667A?sequence=1
11. Leal WS. The enigmatic reception of DEET- the gold standard of insect repellents. *Curr Opin Insect Sci*. 2014;6:93-8. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2014.10.007>
12. World Health Organization. World Malaria Report. Ginebra: WHO, 2011 [citado 28 de febrero, 2017]. Disponible en: https://www.who.int/malaria/world_malaria_report_2011/en/
13. Kroeger A, Lenhart A, Ochoa M, Villegas E, Levy M, Alexander N, et al. Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *Br J Midwifery*. 2006;332(7552):124752. <https://doi.org/10.1136/bmj.332.7552.1247>
14. Massad E, Amaku M, Coutinho FAB, Kittayapong P, Wilder-Smith A. Theoretical impact of insecticide-impregnated school uniforms on dengue incidence in Thai children. *Glob health action*. 2013;6:1. <https://doi.org/10.3402/gha.v6i0.20473>
15. Grieco JP, Achee NL, Sardelis MR, Chauhan KR, Roberts DR. A novel high-throughput screening system to evaluate the behavioral response of adult mosquitoes to chemicals I. *J Am Mosq Control Assoc*. 2005;21(4):404-11. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2006\)21\[404:ANH SST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2006)21[404:ANH SST]2.0.CO;2)
16. Ogoma SB, Ngonyani H, Simfukwe ET, Mseka A, Moore J, Killeen GF. Spatial repellency of transfluthrin-treated hessian strips against laboratory-reared *Anopheles arabiensis* mosquitoes in a semi-field tunnel cage. *Parasit Vectors*. 2012;5:54. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-54>
17. Park BS, Choi VVS, Kim J, Kim K, Lee SE. Monoterpenes from thyme (*Thymus vulgaris*) as potential mosquito repellents. *J Am Mosq Contr Assoc*. 2005;21:80-3. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2005\)21\[80:MFTTVA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2005)21[80:MFTTVA]2.0.CO;2)
18. Govere M, Durrheim DN. Techniques for evaluating repellents. En: Debboun M, Frances SP, Strickman D (eds). *Insect Repellents: Principles, Methods and Uses* 2007. Boca Raton: CRC press. 2007:147-59.
19. Müller GC, Junnila A, Butler J, Kravchenko VD, Revay EE, Weiss RW, et al. Efficacy of the botanical repellents geraniol, linalool, and citronella against mosquitoes. *J Vect Ecol*. 2009;34(1):2-8. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2009.00002.x>
20. Kawada H, Maekawa Y, Tsuda Y, Takagi M. Laboratory and field evaluation of spatial repellency with metofluthrin-impregnated paper strip against mosquitoes in Lombok Island, Indonesia. *J Am Mosq Control Assoc*. 2004;20:292-8. <https://hdl.handle.net/10069/16980>
21. Rubio-Palis Y, Guerra LA. Evaluación del poder residual del insecticida deltametrina en telas de mosquiteros. *Entomotropica*. 2007;18(1):63-8.
22. Leyva M, Marquetti MC, Tacoronte JE, Scull R, Tiomno O, Mesa A, Montada D. Actividad larvica de aceites esenciales de plantas contra *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Rev Biomed*. 2009;20:5-13 [citado 28 de febrero, 2017]. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/revbio/bio-2009/bio091b.pdf>
23. Parke VD, Quddusur-Rahman KH, Walker R. The absorption, distribution and excretion of linalool in the rat. Department of Biochemistry, University of Surrey. *Biochemical Society Transactions*. 1974;2:612-8. <https://doi.org/10.1042/bst0020612>
24. World Health Organization. Safe use of pesticides. Technical report series 813. Ginebra: WHO, 1991 [citado 28 de febrero, 2017]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/1-s2.0-S0273230005800200/first-page-pdf>
25. Pauluhn J. Hazard identification and risk assessment of pyrethroids in the indoor environment. *Toxicology Letters* 107. Elsevier. 1999:193-9. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(99\)00047-8](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(99)00047-8)
26. Zaim M, Aitio A, Nakashima N. Safety of pyrethroid-treated mosquitoes net. *Med Vet Entomol*. 2000;14:1-5. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2000.00211.x>