

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto del tipo y del número de lavados en la eficacia de mosquiteros tratados con deltametrina de larga duración para el control de *Aedes aegypti* en Girardot, Colombia

Diana García¹, Lucas Alcalá¹, Juliana Quintero¹, Sebastián Cortés¹,
Helena Brochero², Gabriel Carrasquilla¹

¹ Eje de Salud Pública, Fundación Santa Fe de Bogotá, Bogotá, D.C., Colombia

² Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C., Colombia

Introducción. El uso de mosquiteros tratados con insecticida en fórmulas de larga duración ha demostrado resultados prometedores en el control de *Aedes aegypti*.

Objetivo. Evaluar la eficacia de mosquiteros impregnados con deltametrina en una fórmula de larga duración para el control de *A. aegypti* en Girardot, Colombia, después de tres lavados.

Materiales y métodos. Se hicieron bioensayos de eficacia de los mosquiteros contra *A. aegypti* silvestres después de utilizar los siguientes tres productos de lavado, siguiendo la metodología de la Organización Mundial de la Salud: detergente en polvo, detergente en polvo y blanqueador, y jabón de barra, todos utilizados hasta en 20 lavados.

Resultados. El tipo de producto de lavado y el número de lavados afectaron significativamente la eficacia de los mosquiteros impregnados con deltametrina. El lavado con jabón de barra presentó el mayor efecto, pues en tan solo seis lavados la mortalidad bajó a 50 % (25/50), en contraste con 66 % (33/50) de mortalidad después del lavado con detergente en polvo y de 84 % (42/50) después del lavado con detergente y blanqueador. En cuanto al número de lavados, el jabón en barra también causó una mayor reducción de la eficacia: a 68 % con solo tres lavados.

Conclusión. La eficacia de los mosquiteros impregnados con deltametrina de larga duración en el control de *A. aegypti* varió con el tipo de producto de lavado y el número de lavados, siendo el jabón en barra el que redujo su eficacia en mayor medida. Se requieren nuevos estudios para establecer la disminución en la concentración del insecticida entre lavados.

Palabras clave: *Aedes aegypti*; insecticidas; bioensayos; Organización Mundial de la Salud.

doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3472>

Effect of the type and number of washes in the efficacy of long lasting insecticidal nets for *Aedes aegypti* control in Girardot, Colombia

Introduction: The use of long lasting insecticidal materials has shown promising results in the control of *Aedes aegypti*.

Objective: To evaluate the efficacy of long-lasting insecticidal nets (PermaNet®) for *Aedes aegypti* control after three washing treatments in the city of Girardot, Colombia.

Materials and methods: Standard bioassays were conducted with the nets following the World Health Organization protocols using wild *A. aegypti* after three washing treatments: (1) Detergent powder, (2) detergent powder and bleach, and (3) bar soap, until completing 20 washes.

Results: The type and number of wash treatments had a significant effect on net efficacy. Greater effects in the insecticide bioavailability were seen for the bar soap treatment. After six washes, mortality decreased by 50% (25/50), vs 66% (33/50) for the detergent powder and 84% (42/50) for the detergent powder and bleach treatments. Regarding the number of washes, the bar soap treatment reduced the efficacy to 68% after only three washes.

Contribución de los autores:

Lucas Alcalá y Diana García: concepción de la idea de investigación, planeación de la metodología, recolección de información en campo y análisis de resultados

Juliana Quintero: concepción de la idea de investigación y análisis de resultados

Gabriel Carrasquilla: concepción de la idea de investigación

Sebastián Cortés: análisis estadístico

Helena Brochero: revisión de las metodologías entomológicas usadas y análisis de resultados

Todos los autores contribuyeron en la escritura del manuscrito.

Conclusion: The effectiveness of long-lasting insecticidal nets (PermaNet 2.0) for *A. aegypti* control varied in relation to the treatment and number of washes. The bar soap treatment resulted in the greatest reduction of mortality. Further studies on insecticidal reductions are needed under local conditions.

Key words: *Aedes aegypti*; insecticides; bioassay; World Health Organization.

doi: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v34i2.3472>

Los virus del dengue, del chikungunya y del Zika se transmiten entre humanos por la picadura de mosquitos del género *Aedes* (Diptera: Culicidae), en especial, *Aedes aegypti*.

La prevención de estas enfermedades se basa en intervenciones dirigidas a romper la cadena de transmisión con la eliminación de las formas inmaduras y adultas del vector (1). Las guías nacionales de vigilancia y control contemplan la aplicación, mediante rociado espacial, de insecticidas de síntesis química como principal estrategia durante brotes y epidemias (2).

Aunque en Colombia se ha registrado la pérdida de sensibilidad a insecticidas en poblaciones naturales de *A. aegypti* (3-5), se considera que la deltametrina es muy efectiva para su control, pues solo ha generado un incremento muy leve en los niveles de resistencia de una generación a otra de algunas poblaciones (6), y su efecto residual puede alcanzar una mortalidad superior al 80 % hasta ocho semanas después de su aplicación (7). En la búsqueda de alternativas para el control del vector, recientemente se ha probado la eficacia de este piretroide contra *A. aegypti* empleando telas impregnadas con su fórmula de larga duración (8-10).

En una intervención anterior en Girardot, departamento de Cundinamarca, considerada zona hiperendémica para el dengue en Colombia, se utilizaron cortinas y tapas elaboradas con tela de mosquitero impregnada con deltametrina de larga duración para cubrir los depósitos de agua con mayor producción de formas inmaduras de *A. aegypti*, y se encontró una reducción de 71 % en el índice de pupas por persona en las zonas de estudio, así como una buena aceptación de la intervención en la comunidad (11).

Como parte de la evaluación del alcance temporal de la eficacia de esta intervención, y con el fin de

hacer recomendaciones sobre el buen uso del material en la comunidad beneficiada, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto del tipo de producto de lavado y el número de lavados en la eficacia de mosquiteros tratados con deltametrina de efecto prolongado para el control de poblaciones silvestres de *A. aegypti*.

Materiales y métodos

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en el área urbana del municipio de Girardot (4°18' N, 74°48' O), ubicado a 134 km de la capital del país, el cual tiene un área de 129 km² y una población de 106.283 habitantes (12). Su altitud promedio es de 289 msnm, la temperatura promedio anual es de 33,3 °C, la humedad anual, de 66,4 %, la precipitación, de 1.220 mm, y presenta un régimen bimodal de lluvias con temporadas secas de junio a septiembre y de diciembre a febrero, y lluviosas, de marzo a mayo y de octubre a noviembre (Camacho L, Díaz M, Valentín E. Metodología para la cuantificación y caracterización de las aguas combinadas urbanas – Caso ciudad de Girardot. XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología, Popayán, 15 y 16 de septiembre de 2006).

El municipio aporta el 30,9 % de los casos anuales de dengue en el departamento de Cundinamarca (13), y el número de casos de dengue y chikungunya en el 2015 fue el más alto del departamento (503 y 8.905, respectivamente). En el 2016, se reportaron 291 casos de dengue y 125 de chikungunya. Con respecto al Zika, en el cuarto trimestre del 2015 se reportaron 1.936 casos, mientras que en el 2016 fueron 299, además de cinco casos de microcefalia (14). Hasta la semana 24 de 2017, se reportaron 146 casos de dengue, 13 de chikungunya y 15 de Zika (15).

Material tratado con insecticida

Se utilizaron mosquiteros impregnados con 55 mg/m² de una fórmula de larga duración de deltametrina (PermaNet® 2.0), elaborados en poliéster 100 % (75 a 100 deniers) y con un tamaño de ojo de malla de 2 x 2 mm, que cumplían con los criterios de seguridad para este tipo de mosquiteros (333/LN)

Correspondencia:

Diana Carolina García, Eje de Salud Pública, Fundación Santa Fe de Bogotá, Carrera 7b N° 123- 90, tercer piso, Bogotá, D.C., Colombia

Teléfonos: (571) 603 0303, extensión 5705, y (300) 203 8408
diana.garcia@fsfb.org.co

Recibido: 01/08/16; aceptado: 10/09/17

establecidos en el esquema de evaluación de insecticidas desarrollado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (16).

Tratamientos de lavado y pruebas de eficacia

De diez mosquiteros impregnados, se seleccionaron aleatoriamente fragmentos cuadrados de 25 x 25 cm. Los productos de lavado se definieron con base en la información proporcionada por los habitantes de Girardot sobre los tipos de lavado y los productos de lavado empleados más frecuentemente en el aseo de prendas delicadas. Se utilizaron los siguientes tres productos de lavado a mano de la tela de mosquitero, utilizando el mismo tiempo de remojo (cinco minutos) y de fregado (un minuto): 1) lavado a mano con detergente en polvo, 2) lavado a mano con detergente en polvo y blanqueador, y 3) lavado a mano con jabón en barra (cuadro 1). No se utilizó el lavado estándar recomendado por la OMS porque el objetivo del estudio se centraba en la evaluación de las formas de lavado tradicionales, bajo las condiciones reales en la localidad estudiada.

Cada producto de lavado se aplicó diez veces y se enjuagó siempre con 1,5 litros de agua. En todos los casos, las telas se secaron durante 24 horas a la sombra. El proceso se repitió hasta completar 20 lavados, es decir, el número máximo que permite conservar la actividad biológica en el material, según las recomendaciones de la OMS (17,18).

Los bioensayos se hicieron cada tercer lavado con 1.200 hembras provenientes de poblaciones silvestres de *A. aegypti*, obtenidas de formas inmaduras encontradas en las albercas de varios barrios de Girardot. Las hembras se mantuvieron en jaulas de cría hasta la emergencia de los mosquitos adultos. Además de los tres productos de lavado mencionados, se incluyeron dos controles, uno negativo, con fragmentos de 25 x 25 cm de muselina (tamaño de ojo de malla: 2 x 2 mm), y uno positivo,

con material textil tratado con el insecticida sin lavar al que se expusieron mosquitos sensibles de la cepa Rockefeller, suministrada por el Laboratorio de Entomología Médica de la Universidad Nacional de Colombia.

En todas las pruebas se utilizaron hembras de máximo tres días de emergidas que no se habían alimentado, provenientes de poblaciones naturales de Girardot, y otras de la cepa Rockefeller, la cual se emplea como referencia internacional para bioensayos de eficacia.

Cada cuadro de tela impregnada con deltametrina de larga duración se dispuso en marcos esféricos plásticos de forma similar a la utilizada en la prueba de 'balón de alambre' (*wire-ball*) (19). En cada uno de ellos, se introdujeron cinco hembras de *A. aegypti*. Cada grupo de mosquitos se expuso directamente al material textil durante tres minutos y, posteriormente, se traspasaron a vasos plásticos con tapa de tela de tul donde se les proporcionó solución de glucosa al 10 %. Transcurrida una hora, se contabilizó el número de individuos caídos o que no podían volar o posarse sobre las patas, con el propósito de medir el efecto de 'derribo' (*knockdown*), en tanto que la mortalidad se registró mediante el número de individuos que no respondían a ninguna clase de estímulo a las 24 horas de la exposición. La prueba se repitió diez veces. Se consideraban nulos los bioensayos en los que la mortalidad era superior a 20 % en el material de control negativo (muselina). Las pruebas se realizaron en condiciones controladas de campo, en un salón cubierto de la antigua sede de la unidad de enfermedades transmitidas por vectores de la Alcaldía Municipal de Girardot.

Durante los días en que se recolectó la información sobre los lavados con diferentes tipos de producto, se registró la temperatura promedio, máxima y mínima, con un termohigrómetro digital.

Análisis estadístico

Primero se hizo el análisis descriptivo de cada tipo de producto de lavado. Después de cada tercer lavado, se calculó el porcentaje de mortalidad, definido como el número de individuos muertos a las 24 horas de exposición comparado con el total de individuos expuestos (50 individuos expuestos por tipo de producto de lavado en cada evaluación, correspondiente a 10 repeticiones por lavado), y las respectivas varianzas y desviación estándar. El mismo análisis se hizo para evaluar el efecto de derribo (*knockdown*).

Cuadro 1. Tipos de lavado evaluados en condiciones de campo para determinar la eficacia de telas impregnadas con deltametrina de larga duración (PermaNet 2.0®) en poblaciones naturales de *Aedes aegypti*

Tipo de lavado	Características
Lavado a mano con detergente en polvo	Solución de 2 g/L de detergente en polvo de marca FAB®
Lavado a mano con detergente en polvo y blanqueador	Solución de 1,5 ml/L de blanqueador líquido comercial Clorox® y 2 g/ml de detergente en polvo FAB®
Lavado a mano con jabón de barra	0,5 g de jabón de barra marca Rey® (0,02 g/cm ²)

Con el propósito de analizar las diferencias en la mortalidad y el efecto de derribo (*knockdown*) de los tres productos de lavado, se utilizó la técnica ANOVA no paramétrica de dos vías (prueba de Friedman), dado que la distribución de las variables dependientes no cumplían el supuesto de normalidad, lo que permitió observar simultáneamente si existían diferencias en los efectos de los diferentes tipos de productos de lavado y el número de lavados en las medias de los individuos caídos y muertos.

Además, se utilizó un modelo de regresión de los datos de conteo con una distribución de Poisson y un intervalo de confianza de 95 %, para predecir el efecto de los diferentes tipos de productos para el lavado sobre la eficacia de la tela impregnada, dado que la unidad de análisis era el número de mosquitos muertos y el número de mosquitos caídos por ensayo. Con el fin de corroborar este supuesto, se hicieron pruebas de Shapiro-Wilk, cuyos resultados sugirieron que nuestros datos no provenían de una muestra aleatoria derivada de una distribución normal. El modelo de regresión se validó mediante la estimación de residuos con el método de Kernel, comparada con la distribución normal, y mediante la relación entre los valores observados y los predichos por el modelo para

ambas variables. Estas pruebas permitieron confirmar que la especificación del modelo era válida (no se presentan los datos).

Se utilizaron especificaciones con polinomios de segundo grado para observar la velocidad del cambio en la eficacia de la tela impregnada, la cual se expresa como el efecto marginal que tiene un lavado adicional con cada tipo de producto de lavado (la pendiente). Al incluir elementos de segundo grado, se quiso investigar si el deterioro de la efectividad del toldillo era constante o lineal, o si, por el contrario, el patrón observado no era lineal, es decir, si cada lavado reducía la efectividad en mayor grado que el anterior. Todos los procedimientos estadísticos se hicieron con el programa Stata 13.0® (20).

Resultados

La temperatura promedio fue de 32 °C (mínima: 29 °C; máxima: 35 °C) y la humedad relativa promedio, de 50 % (mínima: 32 %; máxima: 64 %). En ninguno de los bioensayos se registró mortalidad de los mosquitos del control negativo (tela sin tratamiento con insecticida).

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos con relación al efecto en *A. aegypti* del tipo de producto de lavado y el número de lavados de las

Cuadro 2. Efecto del tipo de producto de lavado y del número de lavados en *Aedes aegypti*. **A)** Promedio de individuos muertos. **B)** Promedio de individuos caídos

A) Tratamiento	Número de lavados								Total	Media	DE
	0	3	6	9	12	15	18	20			
Control positivo ^a	30...	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Control negativo ^b	0.	0.	0...	0....	0	0	0	0	0	0.	0...
Detergente en polvo	47...	46...	33.....	17.....	17..	9	4	14	140	20,0	14,58
Detergente y blanqueador	50...	47...	42.....	25.....	14..	13	13	18	172	24,6	14,30
Jabón en barra	48...	34...	25.....	8...	8	2	13	12	102	14,6	11,10
Total	145.....	127.....	100.....	50.....	39..	24	30	44	414	19,7	13,41
Media	48,3	42,3	33,3..	16,7..	13,0	8,0	10,0	14,7		19,7	
DE	1,5	7,2	8,50	8,50	4,58	5,6	5,2	3,0		13,4	

B) Tratamiento	Número de lavados								Total	Media	DE*
	0	3	6	9	12	15	18	20			
Control positivo ^a	30	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Control negativo ^b	0	0	0	1	0	0	2	1	4	0	0...
Detergente en polvo	49	49	38	31	9	16	10	15	168	23,9	15,57
Detergente y blanqueador	50	47	46	38	32	21	18	16	218	31,1	13,06
Jabón en barra	49	37	25	13	6	2	14	15	112	16..	11,77
Total	148	133	109	82	47	39	42	46	498	26,7	14,34
Media	49,3	44,3	36,3	27,3	15,7	13	14	15,3		23,7	
DE	1,5	6,4	10,6	12,9	14,2	9,8	4	0,57		14,3	

Número de individuos evaluados en cada lavado: 50; número de individuos evaluados en cada lavado (con los tres productos de lavado): 150

^a Material impregnado; ^b Muselina sin impregnar; DE: desviación estándar

telas impregnadas. En el control positivo, es decir, en las poblaciones sensibles, la mortalidad fue de 100 %. Antes de la aplicación de los productos de lavado, *A. aegypti* presentaba tasas de mortalidad de más de 90 % en todas las telas impregnadas (lavado 0), en tanto que, en el vigésimo lavado, el porcentaje de mortalidad total fue de 29 % (44/150). La mortalidad según el tipo de producto de lavado fue la siguiente: con detergente, 28 % (14/50); con detergente y blanqueador, 36 % (18/50), y con jabón de barra, 24 % (12/50). El efecto de derribo (*knockdown*) total fue de 31 % (46/150) y, según el tipo de producto de lavado, de 30 % (15/50) con detergente; de 32 % (16/50) con detergente y blanqueador, y de 30 % (15/50) con jabón de barra.

En el sexto lavado, la mortalidad fue de 50 % (25/50) con jabón en barra, de 66 % (33/50) con detergente en polvo, y de 84 % (42/50) con detergente y blanqueador. Así, el lavado con jabón en barra resultó en el mayor número de individuos supervivientes. Por el contrario, el lavado con detergente y blanqueador produjo porcentajes de mortalidad más altos en la mayoría de los lavados.

El efecto de derribo (*knockdown*) disminuyó al aumentar el número de lavados, pero no en las mismas proporciones que la mortalidad. Al igual que su efecto en la mortalidad, el lavado con jabón de barra tuvo mayor efecto sobre la eficacia de la tela impregnada con insecticida. En el sexto lavado, el efecto de derribo (*knockdown*) fue de 50 % (25/50) con este producto, de 92 % (46/50) con el detergente más blanqueador, y de 76 % (38/50) con el detergente en polvo.

En el noveno lavado (figura 1A), se presentó la mayor disminución del efecto de derribo (*knockdown*) en las hembras evaluadas para el lavado con jabón en barra, con solo 26 % (13/50) de individuos caídos, comparado con 62 % (31/50) para el lavado con detergente en polvo y 76 % (38/50) para el lavado con detergente en polvo y blanqueador (cuadro 2).

Los resultados del análisis de rangos mediante el ANOVA mostraron diferencias significativas en la eficacia (mortalidad) del material impregnado con deltametrina (mortalidad) según los productos de lavado utilizados y el número de lavados (Friedman=18,03; $p=0,012$). En cuanto al efecto de derribo (*knockdown*), las diferencias también fueron significativas (Friedman=17,08; $p=0,017$).

Los resultados del modelo de Poisson para predecir la mortalidad y el efecto de derribo (*knockdown*) por lavado, evidenciaron que con el detergente en

polvo el número de individuos muertos por cada lavado adicional disminuyó en 10,4 % ($z [6]=-2,4$; $p=0,016$); con el detergente en polvo más blanqueador, en 8,5 % ($z [6]=-2,03$; $p=0,043$), y con el jabón en barra, en 23 % ($z [6]=-4,36$; $p<0,001$).

Este último producto de lavado tuvo, además, un efecto estadísticamente significativo en la velocidad de reducción del efecto insecticida (error estándar del estimador=0,0075; $p<0,01$), lo cual indica que a la tercera lavada se generó una disminución pronunciada en la mortalidad de los individuos, contrariamente a los otros dos productos, en los que la reducción fue más escalonada y la velocidad en el cambio del efecto insecticida no fue significativa (figura 1B).

Las predicciones sobre la reducción del efecto de derribo (*knockdown*) fueron similares a las encontradas para la mortalidad, aunque menores: detergente en polvo, 7,8 % ($z [6]=-1,96$; $p=0,050$); detergente en polvo y blanqueador, 21 % ($z [6]=-1,11$; $p=0,268$), y jabón en barra, 22,5 % ($z [6]=-4,80$; $p<0,001$). Asimismo, la velocidad del cambio en este efecto fue significativa solo para el lavado

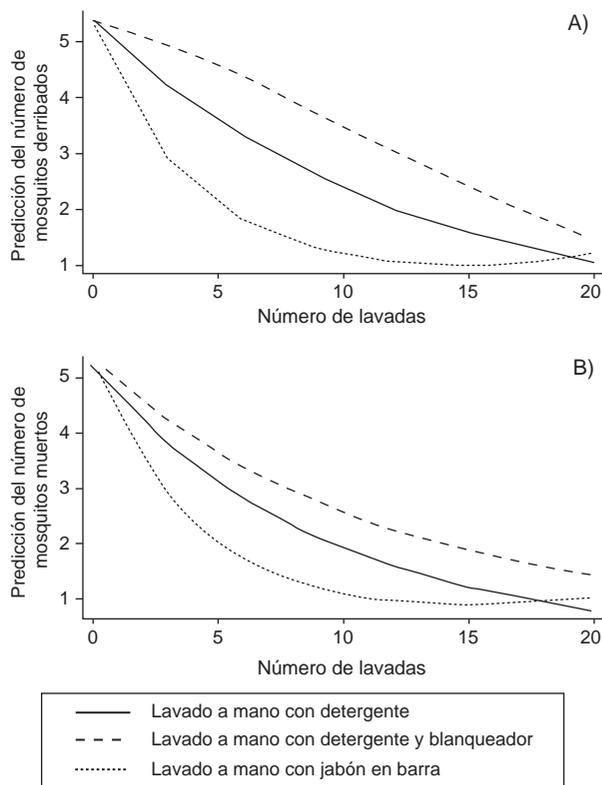


Figura 1. Predicciones de la mortalidad y del efecto de de derribo (*knockdown*) mediante el modelo de regresión de los datos de conteo con una distribución de Poisson. **A)** Efecto de derribo (*knockdown*). **B)** Mortalidad

con jabón en barra y el valor fue el mismo que el encontrado en la mortalidad (error estándar del estimador=0,0075; $p < 0,01$) (figura 1A).

Discusión

Al igual que los resultados de otros, los del presente estudio indican que la eficacia del insecticida declinó con el número de lavados (21,22), pero se diferencian en cuanto a la proporción del efecto negativo sobre esta.

En un estudio anterior de resistencia al lavado del material impregnado con insecticidas de larga duración, se reportó una gran protección (mortalidad >80 %) después del vigésimo lavado, incluso en las pruebas con jabones comerciales (23). Los hallazgos de otro estudio, en el cual se utilizó la misma marca comercial de jabón en barra para evaluar la eficacia del material impregnado con alfacipermetrina de larga duración, contrastan con los de este, ya que el efecto de derribo (*knockdown*) se mantuvo en 100 % hasta el último lavado, en tanto que la mortalidad estuvo por encima de 97,8 % hasta el decimosegundo lavado y disminuyó a 70 % en el vigesimosegundo (24).

Sin embargo, en estos estudios se utilizaron poblaciones de *Anopheles albimanus*, ya que el principal objetivo de los productos comerciales empleados es el control de la transmisión de la malaria. Estos resultados evidencian la importancia de tener en cuenta los aspectos bioecológicos de las especies para explicar la significativa reducción en la mortalidad de *A. aegypti*, especie que al ser antropofílica y urbana tiene contacto más frecuente y en mayor cantidad con insecticidas, lo cual podría desembocar, con el tiempo, en pérdida de la sensibilidad.

Dado que se usó el mismo método de lavado y el mismo tipo de mosquitero en los lavados, se descartó la posibilidad de que el proceso de fregar la tela, o el tiempo de regeneración entre lavadas, causaran variación en la mortalidad, lo cual indica que el tipo de producto utilizado en cada lavado fue lo que ocasionó la pérdida diferencial de insecticida en las fibras de la tela. En este sentido, es necesario hacer nuevos estudios para determinar la interacción entre las moléculas y la pérdida de concentración de la deltametrina con cada producto de lavado utilizado.

Los resultados obtenidos con respecto al efecto de derribo (*knockdown*) indican que hay recuperación de los mosquitos después de una hora sin exposición al material impregnado, en especial, con el lavado con detergente en polvo y el lavado con detergente y blanqueador.

El hecho de que el lavado con detergente en polvo y blanqueador haya tenido menores efectos en la mortalidad y en el derribo (*knockdown*), contradice lo esperado si se tiene en cuenta que en las especificaciones de fábrica sobre el uso de este tipo de toldillo impregnado con insecticida de larga duración, se recomienda no usar blanqueador en su lavado (25). Según los resultados del presente estudio, precisamente ese tratamiento fue el de menor efecto negativo sobre la biodisponibilidad del insecticida, por lo menos hasta el sexto lavado, con valores de mortalidad superiores a 80 %, es decir, el valor recomendado por la OMS. No hay una explicación clara para este resultado.

Los porcentajes de mortalidad de *A. aegypti* antes del uso de los productos de lavado (>90 %) indica que las telas impregnadas con deltametrina de larga duración son eficaces para controlar las poblaciones silvestres en campo. Sin embargo, deben hacerse estudios para conocer los cambios en la sensibilidad de esta población con respecto a la variación de las concentraciones de deltametrina en Cundinamarca donde, hasta el 2009, fecha de la última evaluación de la Red de Vigilancia de la Resistencia a Insecticidas de uso en Salud Pública en Colombia, no se había reportado resistencia (26). Además, es necesario analizar el efecto en condiciones de campo de otros componentes que intervienen en la eficacia de las telas impregnadas, como la temperatura y la radiación solar directa, entre otros.

En investigaciones anteriores se ha planteado la necesidad de hacer estudios de eficacia en condiciones reales y la utilización de métodos tradicionales de lavado para determinar los más apropiados en la implementación de programas operacionales (23).

Es evidente la necesidad de continuar este tipo de estudios para vigilar la biodisponibilidad de los insecticidas en el material y su efecto en *A. aegypti*. Los resultados de este estudio son concluyentes y permiten recomendar a los usuarios de los mosquiteros impregnados que no utilicen el jabón en barra para lavarlos y que lo hagan, como máximo, seis veces para garantizar una mortalidad adecuada de *A. aegypti* (>80 %).

Agradecimientos

Los investigadores agradecen de manera especial a Jorge Urquijo, Sandra Martha Lamprea y Magnolia Lamprea, por la recolección de los mosquitos silvestres y la realización de las pruebas de eficacia.

Conflicto de intereses

Los autores declaramos que no tenemos ningún conflicto de intereses que pudiera comprometer nuestra imparcialidad en la realización y el análisis del estudio.

Financiación

El financiamiento de este estudio se obtuvo en el marco del estudio *Ecobiosocial Research on Dengue and Chagas Disease in Latin America and the Caribbean* (fase 2) financiado por el Programa Especial para la Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (TDR) de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Referencias

- Ishikawa T, Yamanaka A, Konishi E.** A review of on successful flavivirus vaccines and the problems with those flaviviruses for which vaccines are not yet available. *Vaccine*. 2014;10:1326-7. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2014.01.040>
- Ministerio de Salud y Protección Social.** Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión de dengue. 2011. Fecha de consulta: 26 de febrero de 2014. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/temas-de-interes/dengue/03%20vigilancia%20entomo%20dengue.pdf>.
- Ocampo CB, Salazar-Terreros MJ, Mina NJ, McAllister J, Brogdon W.** Insecticide resistance status of *Aedes aegypti* in 10 localities in Colombia. *Acta Trop*. 2011;118:37-44. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.01.007>
- Santacoloma-Varón L, Cháves-Córdoba B, Brochero HL.** Susceptibilidad de *Aedes aegypti* a DDT, deltametrina y lambdacialotrina en Colombia. *Rev Panam Salud Pública*. 2010;27:66-73. <https://doi.org/10.1590/S1020-498920100001000010>
- Fonseca-González I, Quiñones ML.** Resistencia a insecticidas en mosquitos (Diptera: Culicidae): mecanismos, detección y vigilancia en salud pública. *Rev Colomb Entomol*. 2005;31:107-15.
- Kumar S, Thomas A, Pillai MK.** Deltamethrin: Promising mosquito control agent against adult stage of *Aedes aegypti* L. *Asian Pac J Trop Med*. 2011;4:430-5. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60120-X](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60120-X)
- Paredes-Esquivel C, Lenhart A, del Río R, Leza MM, Estrugo M, Chalco E, et al.** The impact of indoor residual spraying of deltamethrin on dengue vector populations in the Peruvian Amazon. *Acta Trop*. 2016;154:139-44. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.10.020>
- 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 México and Venezuela: Cluster randomised trials. *BMJ*. 2006;332:1247-52. <https://doi.org/10.1136/bmj.332.7552.1247>
- Lenhart A, Orelus N, Maskill R, Alexander N, Streit T, McCall PJ.** Insecticide-treated bednets to control dengue vectors: Preliminary evidence from a controlled trial in Haiti. *Trop Med Int Health*. 2008;13:56-67. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2007.01966.x>
- Quintero J, Brochero H, Manrique-Saide P, Barrera-Pérez M, Basso C, Romero S, et al.** Ecological , biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: A multi-country study. *BMC Infect Dis*. 2014;14:1-13. <https://doi.org/10.1186/1471-2334-14-38>
- Quintero J, García-Betancourt T, Cortés S, García D, Alcalá L, González-Urbe C, et al.** Effectiveness and feasibility of long-lasting insecticide-treated curtains and water container covers for dengue vector control in Colombia: A cluster randomised trial. *Trans R Soc Trop Med Hyg*. 2015; 109:116-25. <https://doi.org/10.1093/trstmh/tru208>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística.** Proyecciones de población 2005-2020. Bogotá, D.C.: DANE; 2017.
- Padilla J, Rojas D, Sáenz-Gómez R.** Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Bogotá: Guías Impresión; 2012 p. 82.
- Siviliga.** Vigilancia rutinaria por eventos departamental. Bogotá: INS; 2015. Fecha de consulta: 7 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/siviliga/Paginas/vigilancia-rutinaria.aspx>.
- Secretaría de Salud de Cundinamarca.** Boletín epidemiológico, enfermedades transmitidas por vectores.Semana 24 de 2017. Bogotá: Secretaría de Salud de Cundinamarca; 2017.
- World Health Organization.** Report of the twelfth WHOPES working group meeting. Geneva: World Health Organization; 2009. p. 120.
- World Health Organization.** Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal mosquito nets. Geneva: World Health Organization; 2005.
- World Health Organization.** Guidelines for monitoring the durability of long-lasting insecticidal mosquito nets under operational conditions. Geneva: World Health Organization; 2009.
- World Health Organization.** Guidelines for testing mosquito adulticides for indoor residual spraying and treatment of mosquito nets. Geneva: World Health Organization; 2006. p. 70.
- StataCorp.** Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX: Stata Corp.; 2017.
- Gimnig JE, Lindblade KA, Mount DL, Atieli FK, Crawford S, Wolkon A, et al.** Laboratory wash resistance of long-lasting insecticidal nets. *Trop Med Int Health*. 2005;10: 1022-9. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3156.2005.01481.x>
- Kayed MH, Lines JD, Haghdoost AA.** Evaluation of the wash resistance of three types of manufactured insecticidal nets in comparison to conventionally treated nets. *Acta Trop*. 2009;111:192-6. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.04.002>
- Gunasekaran K, Vaidyanathan K.** Wash resistance of Perma Nets in comparison to hand-treated nets. *Acta Trop*. 2008; 105:154-7. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2007.10.008>
- Morales CA.** Evaluación de la residualidad de alfacipermetrina en toldillos de larga duración Interceptor sobre *Anopheles albimanus*, bajo condiciones regulares de uso en Buenaventura. *Revista Icosan*. 2010;1:6-13.
- Vestergaard Frandsen.** PermaNet 2.0. Washington, D.C.: Vestergaard Frandsen Inc.; 2014.
- Instituto Nacional de Salud.** Informe epidemiológico "Red de vigilancia de la resistencia a insecticidas de uso en salud pública en Colombia 2004-2014". Bogotá: INS; 2014.