

Efectos de los mosquiteros impregnados con permetrina sobre los vectores de la malaria en el norte de Guatemala¹

Frank O. Richards, Jr.,² Rodolfo Zea Flores,³
John D. Sexton,² Raymond E. Beach,² Dwight L. Mount,²
Celia Cerdón-Rosales,³ Mario Gatica⁴ y Robert E. Klein²

En un estudio con controles efectuado durante 16 meses en cuatro comunidades del norte de Guatemala, se evaluaron los efectos causados en los vectores de la malaria por mosquiteros impregnados con permetrina. Anopheles albimanus y An. vestitipennis son los vectores conocidos de la malaria en la zona. Cada casa se asignó a uno de tres grupos experimentales: las que recibieron mosquiteros impregnados con 500 mg de permetrina/m², las que recibieron mosquiteros no tratados y aquellas en las que no se aplicaron medidas de intervención. El efecto de los mosquiteros tratados y no tratados sobre la abundancia, el comportamiento y la mortalidad de los mosquitos se determinó mediante recolecciones en el interior y el exterior de las viviendas de mosquitos que pican de noche, recolecciones matutinas con rociamientos de piretrina, inspección de la superficie de los mosquiteros para determinar la cantidad de mosquitos muertos y estudios mediante captura, liberación y recaptura. Se estimó la duración del efecto residual del insecticida en los mosquiteros tratados usando una forma modificada del ensayo biológico con conos de la OMS para empleo sobre el terreno. El contenido de piretrina en los mosquiteros se calculó mediante cromatografía de gases y líquidos. La observación más importante fue que se encontraron menos mosquitos reposando en las casas con mosquiteros tratados. Los mosquiteros tratados probablemente actuaban repeliendo y matando a los mosquitos vectores. Los estudios mediante captura, liberación y recaptura revelaron que los porcentajes de salida de las casas con mosquiteros tratados fueron más altos (94%) que los observados en las casas controles (72%), lo cual indica un efecto de repelencia. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las recolecciones de mosquitos que pican de noche en las casas con y sin mosquiteros tratados. Fue casi 20 veces más probable encontrar mosquitos anofelinos muertos en las superficies horizontales de los mosquiteros tratados que en las superficies similares de los mosquiteros no tratados. Los ensayos biológicos indicaron que los mosquiteros impregnados con permetrina que no se lavaron retuvieron su acción insecticida durante los 6 meses posteriores al tratamiento.

Ha sido considerable el interés por evaluar el empleo de mosquiteros tratados con piretroides sintéticos para combatir la malaria (1, 2). En estudios realizados en África y

Asia se ha encontrado que, además de servir como barrera para los vectores de la malaria humana, los mosquiteros impregnados pueden alterar el comportamiento, la mortalidad

¹ Se publica en el *Bulletin of the Pan American Health Organization*, Vol. 28, No. 2, 1994, con el título "Effects of permethrin-impregnated bed nets on malaria vectors in Northern Guatemala". Esta investigación fue financiada por la Organización Panamericana de la Salud (Subvención HPT/R/81/8) y por el US Agency for International Development/Vector Biology and Control Project/CDC Participating Agency Service Agreement (AID/VBC/DTE-5948-P-H-C-60-52). El empleo de nombres comerciales en este artículo tiene únicamente el propósito de identificación y no supone que el Servicio de Salud Pública o el Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos de América recomienden esos productos.

² Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. Dirección postal: Centers for Disease Control and Prevention, Parasitic Diseases Branch, MS F 22, NCID, 1600 Clifton Road, NE, Atlanta, Georgia 30333, Estados Unidos de América.

³ Universidad del Valle de Guatemala, Centro de Investigaciones en Salud. Apartado postal 82, Ciudad de Guatemala, Guatemala.

⁴ Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, División de Malaria. Ciudad de Guatemala, Guatemala.

y la abundancia de los mosquitos (1-9). Esos estudios también han demostrado que los resultados entomológicos obtenidos en una región no se aplican necesariamente a especies diferentes de anofelinos encontradas en otras regiones donde la malaria es endémica (2). Hasta el momento, no se han descrito adecuadamente los efectos de los mosquiteros impregnados sobre los vectores de la malaria por *Plasmodium vivax* y por *P. falciparum* en Guatemala, *Anopheles albimanus* (10) y *An. vestitipennis* (11). En consecuencia, se presentan los resultados de un estudio entomológico de esos efectos, realizado en el norte de Guatemala, una parte del país donde la resistencia a los plaguicidas es relativamente poco frecuente (12).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo cerca de la ciudad de Los Amates (15° 23' de latitud N, 89° 03' de longitud O), en el departamento de Izabal, una región dedicada principalmente a la producción de bananas. Se incluyeron cuatro comunidades rurales (Nahua, Dakota, Palmilla y Río Blanco), que se denominaron comunidades A, B, C y D. Estas comunidades se encuentran a una altura media de 350 metros, separadas entre sí al menos por dos kilómetros. Sus poblaciones variaban entre 500 y 1 500 habitantes. La mayor parte de las familias vivían en casas sencillas, de paredes construidas con cañas de bambú dispuestas verticalmente o con adobe, y con tejados de chapas de metal, paja u hojas de palma. Los residentes con una posición socioeconómica más alta vivían en casas con paredes de cemento. Cualquiera que fuera el tipo de construcción, todas las casas tenían ventanas abiertas, sin mallas y con aleros, que permitían a los mosquitos entrar y salir casi por todas partes.

El último rociamiento del interior de las viviendas de estas comunidades, efectuado por el Ministerio de Salud de Guatemala, se realizó con deltametrina 14 meses antes del inicio del proyecto. Durante el estudio, se suspendió el programa de rociamientos del

ministerio. Dos meses antes de que comenzara el trabajo sobre el terreno, se encontró que 95% de los ejemplares de *An. albimanus* obtenidos en corrales de la comunidad eran sensibles a los piretroides, de acuerdo con la prueba de sensibilidad de la Organización Mundial de la Salud (13).

Las casas participantes se asignaron a tres grupos de estudio: las que recibieron mosquiteros impregnados, las que recibieron mosquiteros idénticos sin tratar y aquellas en las que no se tomaron medidas de intervención (controles). El 98% de todas las casas de la comunidad A recibieron mosquiteros tratados y un porcentaje similar de la comunidad B (95%) recibieron mosquiteros no tratados. En las otras dos comunidades (C y D), se seleccionaron al azar muestras de 50 casas: 25 recibieron mosquiteros tratados y las otras 25 sirvieron de controles.

Tratamiento y distribución de los mosquiteros

Los mosquiteros estaban hechos de malla de poliéster, con orificios de 1,6 mm de diámetro. Tenían una superficie de 14,9 metros cuadrados y, una vez colocados, sus dimensiones eran 122 cm de ancho, 213 cm de largo y 183 cm de alto. Se diluyó una solución concentrada de permetrina (Peripel® concentrado emulsionable, Laboratorios Rousel-Uclaf, París) en tinas de material plástico con una capacidad de 5 galones, hasta lograr la concentración y el volumen apropiados para impregnar 20 mosquiteros con 500 mg de permetrina/m² (1). Los mosquiteros se sumergieron uno a uno en la solución durante 2 minutos, se estrujaron y se colgaron de sogas para que se secan. Los volúmenes residuales se midieron en las tinas, y se calculó la absorción media (ml de solución por mosquitero). Más tarde se determinó por extrapolación la dosis de permetrina suministrada por m².

El trabajo sobre el terreno se llevó a cabo durante un período de 16 meses (desde julio de 1990 a octubre de 1991). En julio, agosto y septiembre de 1990 se reunieron datos después de seleccionar las casas y antes de dis-

tribuir los mosquiteros (las limitaciones financieras impidieron reunir datos iniciales durante más de tres meses). Los mosquiteros tratados y no tratados se distribuyeron durante la última semana de septiembre de 1990. Integrantes del personal del proyecto colgaron los mosquiteros sobre todas las camas en uso y se pidió a los aldeanos que no los lavaran hasta inmediatamente antes de la reimpregnación, en marzo de 1991. Durante este último mes, los mosquiteros tratados y lavados se recogieron y reimpregnaron de la misma forma que se describió anteriormente.

Recolecciones de mosquitos

Para medir el efecto de los mosquiteros tratados sobre la proporción de picaduras en el hombre, en las casas seleccionadas de cada comunidad por su gran abundancia de mosquitos se realizaron recolecciones de mosquitos con hábitos de alimentación nocturna dos noches al mes. Durante 5 horas a partir de la puesta del sol, un técnico sentado cerca de la entrada de la casa y otro sentado a 5 metros atraparon todos los mosquitos anofelinos que se posaban sobre sus piernas expuestas. Las recolecciones durante el período del estudio en las comunidades A y B se realizaron en las mismas casas. No obstante, las casas usadas en las comunidades C y D fueron cambiadas con el fin de encontrar densidades más altas de mosquitos. Como resultado de ello, los datos de las recolecciones de mosquitos que pican de noche correspondientes a estas últimas comunidades fueron variables y no se incluyeron en este artículo.

Para recolectar y evaluar la densidad de mosquitos en reposo en las viviendas durante la mañana (de las 7.00 a las 9.00 horas), las casas de cada grupo experimental se rociaron con piretrina dos veces al mes. En las casas seleccionadas al azar, esa labor se llevó a cabo de la siguiente manera: se colocó una lona blanca sobre el suelo y los muebles y se rociaron el interior y el exterior (alrededor de los aleros) de la casa con una solución de piretrina al 0,2% en queroseno. A los 30 minutos, los mosquitos que habían caído en la

lona se recogieron y se clasificaron según el género (como culicinos o anofelinos).

Finalmente, cada 2 semanas durante los últimos 7 meses del estudio (desde abril hasta octubre de 1991) personal del proyecto examinó los segmentos superiores (horizontales) de todos los mosquiteros tratados y no tratados para buscar mosquitos muertos. Los ejemplares recogidos se clasificaron como anofelinos o culicinos.

Estudios mediante captura, liberación y recaptura

Mediante experimentos de captura, liberación y recaptura, se determinaron las proporciones de salida y alimentación y la mortalidad de los mosquitos. Para ello, se emplearon ocho casas de construcción similar (cuatro con mosquiteros tratados, dos con mosquiteros no tratados y dos controles). Se seleccionaron dos casas de cada comunidad; tanto en la comunidad C como en la comunidad D, una de las dos casas seleccionadas pertenecía al grupo con mosquiteros tratados mientras que la otra era una casa control.

A los lados de cada casa se colgó una cortina externa de lona y malla (la llamada "cortina colombiana") (14), que se extendía desde el tejado (por encima de los aleros) hasta el suelo. Además, se extendió una malla de poliéster bajo el tejado dentro de cada casa, a partir de la parte superior de las paredes, para impedir que los mosquitos que estaban dentro de la vivienda volaran hacia arriba y se posaran en superficies inaccesibles del techo y de la armadura del tejado.

Una vez colocadas la cortina y la malla, se sacaron todos los mosquitos de la casa. A continuación, se liberó un número conocido de mosquitos anofelinos dentro de la casa durante la noche. Los mosquitos que intentaban salir fueron atrapados por la cortina, recapturados, clasificados según su alimentación y observados para determinar su mortalidad posterior. En la mañana temprano, se entró de nuevo en la casa para capturar a los mosquitos restantes. Los ocupantes de la vivienda (que durmieron en ella durante los experimentos) recibieron tratamiento

profiláctico con cloroquina durante todo el estudio.

Estos estudios se realizaron en cada casa de prueba dos noches al mes de acuerdo con el siguiente procedimiento: durante 30 minutos se recolectaron los mosquitos anofelinos que se encontraban en la superficie externa de la cortina (la primera captura de "entrada"). Esta primera recolección se inició al ponerse el sol. Seguidamente, se liberaron mosquitos hembras sin alimentar dentro de la casa. Inmediatamente después de su liberación, se inspeccionó durante 30 minutos la superficie interna de la cortina que daba a la casa (la primera captura de "salida"). El equipo realizó de nuevo capturas de entrada. Este ciclo de captura, liberación y recaptura se repitió cuatro veces y durante el mismo se liberaron aproximadamente 50 mosquitos. Cuando fue necesario, las capturas de entrada se complementaron con mosquitos de las recolecciones de mosquitos con hábitos de alimentación nocturna, efectuadas simultáneamente en una casa cercana. Justo antes de salir el sol, se realizaron una captura final de salida y una recolección en el interior. La mortalidad en los mosquitos recapturados se determinó posteriormente entre las 16.00 y las 21.00 horas (en promedio, 18 horas después de su liberación en la casa).

Permetrina residual en los mosquiteros impregnados

Para evaluar el efecto insecticida residual de la permetrina en los mosquiteros impregnados, se utilizó el ensayo biológico con conos de la OMS modificado. Cada 2 semanas, se efectuaron las pruebas en los mosquiteros tratados de cinco casas seleccionadas al azar. Con el mosquitero colgando sobre la cama, se colocaron tres conos de la OMS en posiciones fijas (en el segmento superior, el de la cabecera y el de entrada). En cada cono, se colocaron durante 30 minutos cinco mosquitos *An. albimanus* recientemente alimentados, que habían sido criados en un insectario (procedente de una colonia originada a partir de ejemplares capturados en un corral de la comunidad A en mayo de 1990). Luego

se recuperaron los mosquitos y, después de 24 horas, se calcularon las tasas de mortalidad. Simultáneamente, se efectuaron en cada casa pruebas de control, exponiendo 15 mosquitos (en tres conos) a un mosquitero no tratado.

El análisis de cromatografía gas-líquido para determinar el contenido de permetrina se llevó a cabo en una muestra pequeña de mosquiteros seleccionados al azar entre las casas del grupo con mosquiteros tratados. Las muestras para la prueba se obtuvieron dos veces: inmediatamente después de la primera impregnación y 6 meses más tarde, justo después de que los aldeanos lavaran los mosquiteros. Se cortó un trozo de 10 cm × 10 cm de cada mosquitero y se colocó en 10 ml de solución de ftalato de didécilo al 0,3% en cloroformo. Después de agitar la solución durante 30 minutos, se inyectó un microlitro del extracto en un sistema de cromatografía gas-líquido, usando una columna capilar con megacalibre DB-17 de cuarzo y sílice fundidos, con dimensiones de 0,53 mm (diámetro interior) × 30 cm (J & W Scientific, Folsom, California), y un detector por ionización de llama. Para la cuantificación, se compararon las respuestas relativas (el área sumada del pico de permetrina sobre el área del pico estándar interno).

Análisis estadístico

Se consideraron válidas y se usaron en el análisis todas las observaciones, excepto algunas efectuadas en los estudios de captura, liberación y recaptura. En este último caso, se incluyeron en el análisis únicamente los estudios en los que se liberaron alrededor de 50 mosquitos (recorrido = 49 a 53). Para comparar las proporciones de los grupos experimentales, se empleó la prueba *z* con una varianza ponderada con respecto a la media. Los cálculos se realizaron con el paquete *Data Analysis Software* [SUDAAN], Research Triangle Institute, Research Triangle Park, North Carolina. Los valores *P* se obtuvieron de tablas de probabilidad normal.

En los estudios de captura, liberación y recaptura, y como parte de los datos del grupo

control, se analizaron los datos obtenidos en todas las casas durante el período de recolección de datos iniciales. Se calcularon por separado proporciones individuales de recaptura, salida, alimentación y la mortalidad en 18 horas para cada casa y para la correspondiente fecha de recolección. La proporción de recaptura se definió como el número de mosquitos recapturados dividido por el número de mosquitos liberados; la de salida, como el número de mosquitos recapturados fuera de la casa dividido por el de mosquitos recapturados; la de alimentación, como el número que se alimentó dividido por el número de recapturados; y la mortalidad, como el número de mosquitos muertos dividido por el número de mosquitos recapturados.

RESULTADOS

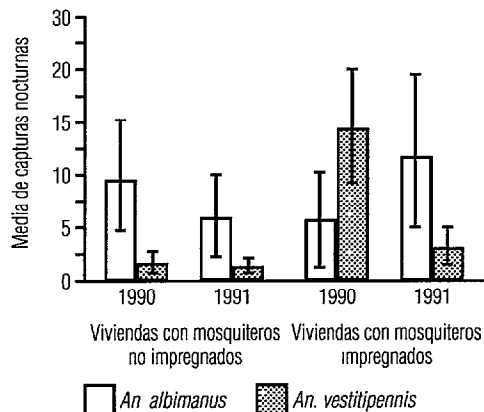
Efecto de los mosquiteros tratados sobre la abundancia y la mortalidad de los mosquitos

Mediante la recolección de mosquitos con hábitos de alimentación nocturna, se obtuvieron 1 116 mosquitos anofelinos. De ellos, 761 (68%) eran *An. albimanus*; 349 (31%), *An. vestitipennis*; y 6 (<1%) pertenecían a especies no identificadas. El 39% de los mosquitos *An. albimanus* fueron capturados en el interior de las viviendas, en comparación con 45% de los ejemplares de *An. vestitipennis* ($z = 0,9$; $P = 0,39$). No se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de capturas totales en el interior de las casas de los grupos experimentales. Es decir, 41% de las recolecciones totales de mosquitos que pican de noche en las casas con mosquiteros tratados se realizaron dentro de las casas, en comparación con 39% de las recolecciones combinadas de los mosquiteros no tratados y de las de mosquitos que pican de noche en las viviendas controles ($z = 0,2$; $P = 0,86$).

No obstante, en las recolecciones de mosquitos con hábitos de alimentación nocturna realizadas en las casas de la comunidad A durante la estación de lluvias (de julio a octubre de 1991), se obtuvo un número de *An. vestitipennis* considerablemente menor al re-

cogido en los meses correspondientes a 1990 (casi todos los meses en los que se obtuvieron los datos iniciales). Por el contrario, como muestra la figura 1, la abundancia de *An. albimanus* no varió significativamente. Se obtuvieron resultados similares (una disminución considerable de la abundancia de *An. vestitipennis* y ninguna modificación significativa del número de *An. albimanus*) en las capturas de entrada efectuadas en la comunidad A durante los estudios de captura, liberación y recaptura (no se presentan los datos). No se detectó ninguna variación importante en la estación de lluvias en cuanto a la abundancia de *An. vestitipennis* o *An. albimanus* mediante las recolecciones de mosquitos con hábitos de alimentación nocturna o de captura de entrada, liberación y recaptura

FIGURA 1. Cantidades de anofelinos en las estaciones de lluvias de 1990 y 1991 según la especie y el grupo de estudio. Se muestran las medias del número de mosquitos anofelinos con hábitos de alimentación nocturna recogidos en una casa con mosquiteros no tratados de la comunidad B (grupo de columnas de la izquierda) y en una casa con mosquiteros tratados de la comunidad A (grupo de columnas de la derecha), durante los meses de julio a octubre de 1990 y 1991. En tres de los cuatro meses de 1991, las recolecciones se realizaron antes de distribuir los mosquiteros. Las líneas verticales representan los intervalos de confianza de 95%. La abundancia de *An. vestitipennis* en las casas con mosquiteros tratados disminuyó significativamente durante la segunda estación de transmisión, mientras que no se modificó significativamente la abundancia de *An. albimanus*



realizadas en la comunidad B, donde no se habían tratado los mosquiteros.

Mediante el rociamiento matutino con piretrina en 111 casas diferentes se obtuvieron en total 127 recolecciones de mosquitos (59 con mosquiteros tratados, 36 con mosquiteros no tratados y 16 controles). La mayor parte de las casas (85%) se examinaron una sola vez. Como muestra el cuadro 1, se recogió una cantidad significativamente menor de mosquitos culicinos en las casas con mosquiteros impregnados ($z = 4,1$; $P < 0,0001$). En comparación con el número de culicinos, el número de anofelinos recogido fue bajo (34 *An. albimanus*, 7 *An. vestitipennis* y 3 mosquitos de especies no identificadas). No obstante, los mosquitos anofelinos fueron menos frecuentes en las casas con mosquiteros tratados que en las viviendas con mosquiteros no tratados ($z = -2,3$; $P = 0,02$).

Lo contrario se observó en las recolecciones realizadas en los segmentos de los mosquiteros, donde los mosquitos culicinos y anofelinos encontrados muertos fueron significativamente más abundantes en el grupo experimental con mosquiteros tratados (cuadro 2). De hecho, fue unas cinco veces más probable que los segmentos impregnados contuvieran culicinos muertos ($z = 8,5$; $P = 0,00001$), y casi 20 veces más probable

que contuvieran anofelinos muertos ($z = 7,3$; $P = 0,00001$).

Estudios mediante captura, liberación y recaptura

En el cuadro 3 se resumen los resultados de 81 experimentos de captura, liberación y recaptura. Las proporciones medias de recaptura de anofelinos liberados dentro de las casas con mosquiteros tratados (54%) fueron significativamente más altas que las de las casas con mosquiteros no tratados (42%, $z = 2,0$; $P = 0,045$) y que las de las viviendas controles (42%, $z = 2,23$; $P = 0,03$). Las proporciones de captura de salida de las casas con mosquiteros tratados (94%) fueron significativamente más altas que las de las casas controles (72%, $z = 3,8$; $P = 0,0001$). La proporción de captura de salida en las viviendas con mosquiteros no tratados (83%) fue intermedia y no significativamente diferente de las correspondientes a las viviendas con mosquiteros tratados o a las controles. El éxito de la alimentación fue mayor en las casas del grupo control (31%) que en las del grupo con mosquiteros tratados (7%, $z = 3,8$; $P = 0,0001$) y que en el grupo con mosquiteros no tratados (7%, $z = 3,6$; $P = 0,003$). No se encontraron diferencias significativas en la

CUADRO 1. Datos de los mosquitos en reposo que se encontraban dentro de las viviendas durante las mañanas, recolectados mediante rociamiento con piretrina, según el grupo de estudio. Guatemala, 1992

Datos	Mosquiteros tratados	Mosquiteros no tratados	Controles	Mosquiteros no tratados y controles
Número de recolecciones Anofelinos	64	42	21	63
Total recuperado	10	30	4	34
Densidad media en las viviendas (intervalo de valores)	0,16 (0-6)	0,71* (0-8)	0,19 (0-2)	0,54* (0-8)
Casas positivas (%)	2	9	4	7
Culicinos				
Total recuperado	261	300	246	546
Densidad media en las viviendas (intervalo de valores)	4,08 (0-47)	7,14* (0-37)	11,71* (0-34)	8,66* (0-37)
Casas positivas (%)	61	88	81	83

* $P < 0,03$, en comparación con las casas del grupo con mosquiteros tratados.

CUADRO 2. Datos de los mosquitos muertos recogidos en los segmentos horizontales de los mosquiteros, según el grupo de estudio. Guatemala, 1992

Datos	Mosquiteros tratados	Mosquiteros no tratados
Número de exámenes Anofelinos	1 240	665
Total recogido	145	4
Promedio de mosquitos/mosquitero (intervalo de valores)	0,117 (0-9)	0,006* (0-1)
Porcentaje de mosquiteros con mosquitos	7	0,6
Culicinos		
Total recogido	1 071	106
Promedio de mosquitos/mosquitero (intervalo de valores)	0,864 (0-34)	0,159* (0-12)
Porcentaje de mosquiteros con mosquitos	25	8

* $P < 0,0001$.

mortalidad de los mosquitos recapturados a las 18 horas (la mortalidad osciló entre 13 y 17%).

Efecto residual de la permetrina en los mosquiteros tratados

En los mosquiteros de 61 casas se efectuaron más de 900 ensayos biológicos con co-

nos. Como ilustra la figura 2, no se observó ninguna reducción apreciable del efecto insecticida en los 6 meses posteriores al primero y al segundo tratamiento. La dosis media de permetrina suministrada con el primer tratamiento (determinada mediante una extrapolación basada en la absorción de la solución de permetrina) fue de 474 mg/m² (con un recorrido de valores entre 450 y 492). Este valor fue cercano al obtenido en el análisis cromatográfico de las muestras de mallas ($n = 13$, media = 467 mg/m², intervalo de confianza de 95% = 408 a 526). La concentración de insecticida en las muestras obtenidas justo antes de la reimpregnación a los 6 meses, y después de un solo lavado efectuado por las mujeres de la aldea, fue de 276 mg/m² ($n = 9$, intervalo de confianza de 95% = 205 a 348). Esto representó una disminución de 41% en la concentración de insecticida durante el período de 6 meses.

DISCUSIÓN

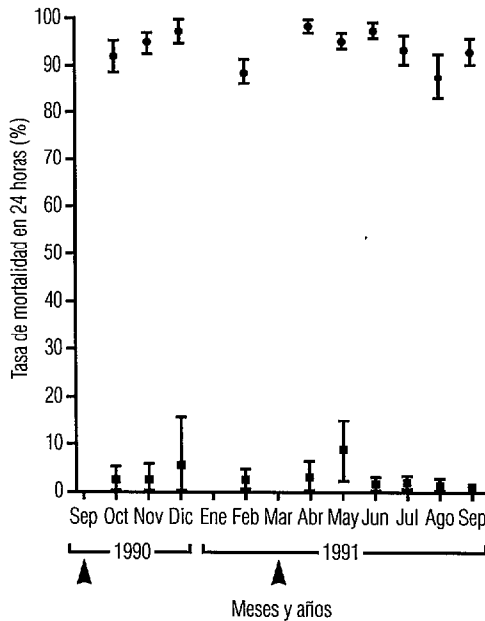
Varios estudios han demostrado que los mosquiteros tratados con piretroides sintéticos no solo constituyen una barrera para los mosquitos sino que repelen o matan a los insectos (9). En investigaciones realizadas en África y Asia, se observó que *An. gambiae*, *An. funestus*, *An. arabiensis*, *An. anthropophagus* y *An. sinensis* eran repelidos de las casas con mosquiteros impregnados (3, 6-8, 15). El in-

CUADRO 3. Resultados de los experimentos de captura, liberación y recaptura: proporciones de recaptura, salida, alimentación y mortalidad, según el grupo de estudio. Guatemala, 1992

Resultados	Mosquiteros tratados	Mosquiteros no tratados	Controles	Significación estadística*
Número de experimentos	41	15	25	
Total de mosquitos liberados en las casas	2 050	747	1 248	
Proporción media de recaptura (%)	53,8	41,9	42,1	1,3
Proporción media de salida (%)	94,3	82,5	71,5	3
Proporción media de alimentación (%)	7,0	6,8	31,0	2,3
Mortalidad media en 18 horas (%)	16,8	14,3	13,0	NS

* Códigos de significación: 1 = $P < 0,05$, mosquiteros tratados en comparación con los no tratados; 2 = $P < 0,05$, mosquiteros no tratados en comparación con los controles; 3 = $P < 0,05$, mosquiteros tratados en comparación con los controles; NS = estadísticamente no significativa.

FIGURA 2. Mortalidad de los mosquitos *An. albimanus* criados en una colonia y expuestos a mosquiteros impregnados (flechas de arriba) y mosquiteros no tratados (cuadrados) seleccionados al azar, según el mes. En total, 4 578 mosquitos fueron expuestos a mosquiteros tratados en el transcurso del estudio y 163 mosquitos control, a mosquiteros no impregnados. Las flechas situadas bajo los meses de septiembre y marzo indican la primera y la segunda impregnación de los mosquiteros tratados. Las líneas verticales dentro de la gráfica representan los intervalos de confianza de 95%. No se obtuvieron datos durante las vacaciones de enero y de marzo



forme presentado en 1988 por Ree sobre las Islas Salomón (5) mostró que la mortalidad de *An. farauti* después de la exposición a mosquiteros impregnados en chozas experimentales osciló entre 80 y 90%. Es posible que estas observaciones contradictorias puedan explicarse por el empleo de diferentes piretroides sintéticos (permetrina y deltametrina) a distintas dosis y por el comportamiento o la sensibilidad variables de los mosquitos a los insecticidas. Es interesante señalar que también podría haber influido en el resultado de estos estudios la formulación del piretroide sintético aplicado. En este sentido, Lindsay indicó que en 1991 ciertos hi-

drocarburos volátiles presentes en los compuestos portadores emulsionables eran repelentes (9).

Tal vez nuestra observación más importante en Guatemala sea que el número de mosquitos en reposo de las casas con mosquiteros tratados fue considerablemente menor que el de otras casas (véase el cuadro 1). En otros aspectos, los resultados de estos distintos estudios entomológicos eran ambiguos o contradecían el funcionamiento de los mosquiteros tratados. En los estudios de captura, liberación y recaptura no se detectó una mortalidad más alta de los mosquitos asociada con los mosquiteros tratados. La elevada proporción de recaptura en las viviendas con mosquiteros tratados indica que no se producía un rápido desplome de los mosquitos después de su liberación; tampoco se detectaron efectos insecticidas retardados durante el período de observación de 18 horas.

Aunque las razones de salida de las casas con mosquiteros tratados fueron altas, se observaron proporciones de salida similares en las viviendas con mosquiteros no tratados. Considerando esto junto con la baja proporción de alimentos observada en ambos grupos de casas con mosquiteros, se concluye que la alta proporción de salida de los mosquitos no se puede atribuir únicamente a un efecto repelente, sino que fue estimulada en parte por la búsqueda de alimentos más accesibles. Sin embargo, al hacer esta comparación entre los mosquiteros tratados y no tratados, advertimos al lector que estos últimos mosquiteros solo impiden el contacto entre el vector y el ser humano cuando la barrera de malla está intacta. Por el contrario, varias investigaciones han demostrado que los mosquiteros tratados detienen a los mosquitos incluso cuando la malla es vieja y se encuentra en mal estado (16).

Los resultados de otros estudios tampoco apoyan la hipótesis de que los mosquiteros tratados sean repelentes. Se podría esperar que las recolecciones de mosquitos con hábitos de alimentación nocturna hubieran producido menos capturas en el interior de las viviendas con mosquiteros tratados si estos

fueran muy repelentes. No obstante, la proporción de anofelinos que intentaban alimentarse dentro de las casas con mosquiteros tratados fue similar a la calculada en las viviendas con mosquiteros no tratados y en las casas controles. Además, no sería probable que se produjera un contacto letal con las superficies tratadas (comprobado en el estudio mediante recolección en los segmentos de los mosquiteros) si el grado de repelencia fuera alto. Para conocer mejor el modus operandi de los mosquiteros tratados, es preciso efectuar en el interior de las casas observaciones de mosquitos marcados con una tintura, procedimiento que ya se está aplicando (C. Cordón, comunicación personal, 1992).

Zuzi (1989) notificó una disminución de la abundancia de *An. anthropophagus* después de distribuir mosquiteros impregnados en toda la comunidad de la provincia de Guangdong, China, sin que se modificara la abundancia de una especie menos endófila (*An. sinensis*) (7). Del mismo modo, los resultados del presente trabajo referentes a las recolecciones de mosquitos que se alimentan de noche y de los estudios de captura, liberación y recaptura sugieren que se produjo una reducción de la abundancia de *An. vestitipennis* en la comunidad A durante la estación de lluvias, después de distribuir mosquiteros en toda la comunidad, mientras que en el transcurso del estudio las recolecciones de *An. albimanus* no variaron significativamente. Si la distribución y el empleo de los mosquiteros tratados fueran responsables de estos resultados, se podría postular que a) algunas características del comportamiento de *An. vestitipennis* (antropofilia, endofilia, etc.) son responsables de su mayor exposición a la permetrina o que b) esta especie fue más sensible a la permetrina. Por otra parte, las variaciones de la abundancia de este mosquito podrían no haber estado relacionadas con los mosquiteros tratados. Es posible que la población de *An. vestitipennis* de la comunidad A durante la primera estación de lluvias fuera anormalmente alta o que una modificación no detectada de la ecología local redujera las poblaciones de ese mosquito en el segundo año. Dadas las grandes limitaciones de los datos, es

imposible llegar a conclusiones definitivas sin realizar otras investigaciones.

Aconsejamos que los mosquiteros no se lavaran durante 6 meses; sin embargo, como estos se ensuciaron ostensiblemente en ese tiempo, los aldeanos dijeron que preferían un intervalo entre los lavados de 4 a 8 semanas (17). Por consiguiente, en condiciones operativas distintas de las del estudio, no se podría garantizar la potencia prolongada de los mosquiteros tratados (revelada por los ensayos biológicos) a menos que el empleo de los mosquiteros se acompañara de actividades de educación pública. En el caso de que con un programa de lucha contra la malaria basado en el empleo de mosquiteros tratados se pudieran conseguir únicamente impregnaciones anuales, recomendaríamos que la impregnación se realizara inmediatamente antes del comienzo de la estación de lluvias. Para ello, sería necesario realizar un esfuerzo educativo concertado y orientado a la modificación del comportamiento, para persuadir a los aldeanos de que no laven sus mosquiteros durante el período de junio a octubre, época de transmisión de la malaria.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a V. M. Molina Escobar, J. L. Guillén Rodríguez y M. E. Gonzales Guerra su trabajo en el laboratorio y sobre el terreno durante la realización del estudio. También expresan su agradecimiento a los doctores C. Padilla y R. Zeissig, de la División de Malaria, por su colaboración en la coordinación del proyecto con otras actividades de lucha antivectorial del Ministerio de Salud; a M. E. Chinchilla Solórzano y J. Roberts, por su ayuda en el análisis estadístico; al Dr. T. Ruebush (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, EUA), por su ayuda en el diseño del estudio y su revisión del manuscrito de este informe; y a los doctores K. Ogata, T. Umino y T. Ikeda, de la Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional, por su asesoramiento durante las primeras etapas del proyecto. La permetrina utilizada en el proyecto fue proporcionada por los Laboratorios Rousel-Uclaf de París.

REFERENCIAS

1. Schreck CE, Self LS. Bed nets that kill mosquitoes. *World Health Forum* 1985;6:111–114.
2. Rozendaal JA. Impregnated mosquito nets and curtains for self-protection and vector control. *Trop Dis Bull* 1989;86:R1–41.
3. Darriet F, Rovert V, Tho Vien N, Carnevale P. Évaluation de l'efficacité sur les vecteurs du paludisme de la perméthrine en impregnation sur des moustiquaires intactes et tronçonnées. Bobo-Dioulasso, Haute-Volta: OCCGE, ORSTOM; 1984. (Doc Tech 8.398/84.)
4. Lines JD, Myamba J, Curtis DF. Experimental hut trial of permethrin-impregnated mosquito nets and eave curtains against malaria vectors in Tanzania. *Med Vet Entomol* 1987;1:37–51.
5. Ree H. Experimental hut studies on the effect of permethrin-treated mosquito-nets against *Anopheles farauti* in the Solomon Islands. Geneva: World Health Organization; 1988. (Document WHO/VBC/88.963).
6. Snow RW, Jawara M. Observations on *Anopheles gambiae* Giles s.l. during a trial of permethrin-treated bed nets in the Gambia. *Bull Entomol Res* 1987;77:279–286.
7. Zuzi L, Mancheng Z, Yuguang W, Binglin Z, Guangyu L, Hui H. Trial of deltamethrin impregnated bed nets for the control of malaria transmitted by *Anopheles sinensis* and *Anopheles anthropophagus*. *Am J Trop Med Hyg* 1989;40:356–359.
8. Sexton JD, Ruebush II TK, Brandling-Bennett AD, et al. Permethrin-impregnated curtains and bed-nets prevent malaria in Western Kenya. *Am J Trop Med Hyg* 1990;43:11–18.
9. Lindsay SW, Adiamah JH, Armstrong JRM. The effect of permethrin-impregnated bed nets on house entry by mosquitoes (Diptera: Culicidae) in The Gambia. *Bull Entomol Res* 1991;82:49–55.
10. Breeland SG. Studies on the ecology of *Anopheles albimanus*. *Am J Trop Med Hyg* 1972;21:751–754.
11. Loyola EG, Arredondo JI, Rodríguez MH, Bown DN, Vaca-Marin MA. *Anopheles vestitipennis*, the probable vector of *Plasmodium vivax* in the Lacandon Forest of Chiapas, Mexico. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1991;85:171–174.
12. Brogdon WG, Beach RF, Stewart JM, Castanaza L. Microplate assay analysis of the distribution of organophosphate and carbamate resistance in Guatemalan *Anopheles albimanus*. *Bull World Health Organ* 1988;66:339–346.
13. World Health Organization. *Manual on practical entomology in malaria: part II, methods and techniques*. Geneva: WHO; 1975. (Offset publication 13).
14. Bown DN, Ríos JR, Frederickson C, del Ángel Cabanas G, Méndez JF. Use of an exterior curtain-net to evaluate insecticide/mosquito behaviour in houses. *J Am Mosq Control Assoc* 1986;2:99–101.
15. Curtis CF, Lines JD. Impregnated fabrics against malaria mosquitoes. *Parasitol Today* 1985;1:147.
16. Port GR, Boreham PFL. The effect of bed-nets on feeding by *Anopheles gambiae* Giles (Diptera: Culicidae). *Bull Entomol Res* 1982;72:483–488.
17. Richards F, Klein RE, Zea Flores R, et al. Permethrin-impregnated bed nets for malaria control in Northern Guatemala: epidemiologic impact and community acceptance. *Am J Trop Med Hyg* 1993;49:410–418.

ABSTRACT

Effects of Permethrin-impregnated Bed Nets on Malaria Vectors of Northern Guatemala

The authors evaluated the effects on malaria vectors of bed nets impregnated with permethrin over the course of a 16-month controlled study in four communities of Northern Guatemala. *Anopheles albimanus* and *An. vestitipennis* were the known malaria vectors in the

area. Households were allocated to one of three experimental groups: those receiving bed nets impregnated with 500 mg/m² of permethrin, those receiving untreated bed nets, and those where no intervention measures were taken. The impact of the treated and untreated bed nets on mosquito abundance, behaviour, and mortality was determined by indoor/outdoor night-bite mosquito collections, morning pyrethrum spray collections, inspection of bed net surfaces for dead mosquitoes, and capture-release-recapture studies. The duration of the treated nets' residual insecticide effect was assessed by

modified WHO cone field bioassays, and their pyrethrin content was estimated by gas-liquid chromatography analysis.

The most important observation was that fewer mosquitoes were found to be resting in the households with treated bed nets. The treated nets probably functioned by both repelling and killing vector mosquitoes. Capture-release-recapture studies showed exit rates from houses with treated nets were higher (94%) than those from control houses (72%), a finding that sug-

gests repellency. However, no significant differences were noted between the indoor night-bite mosquito collections at houses with and without treated nets. The horizontal surfaces of treated bed nets were nearly 20 times more likely to contain dead anopheline mosquitoes than were the comparable surfaces of untreated nets. The bioassays indicated that unwashed permethrin-impregnated bed nets retained their insecticidal activity for 6 months after treatment.

Instituto Panamericano de Protección de Alimentos y Zoonosis (INPPAZ): Cursos diversos, 1994

Los cursos siguientes se impartirán en 1994 en la sede del INPPAZ, a menos que se indique otro lugar. El asterisco indica que pueden realizarse en los países que lo soliciten.

Las inscripciones deberán realizarse con 30 días de anticipación, por conducto de la Representación de la OPS en el país que corresponda.

1. **Curso regional sobre nuevas tecnologías para el diagnóstico de la tuberculosis:** Inmunodiagnóstico y biología molecular.
Fechas: 5 a 23 de septiembre *Participantes:* 15
2. ***Curso regional sobre gerencia de programas aplicada a la protección de alimentos y zoonosis:** Técnicas de decisión.
Fechas: 19 a 23 de septiembre *Participantes:* 20
3. ***Taller regional sobre gerencia de programas aplicada a la protección de alimentos:** Instituciones nacionales específicas.
Fechas: 26 a 30 de septiembre *Participantes:* 10
4. ***Taller regional sobre gerencia de programas aplicada al control de las zoonosis:** Instituciones nacionales específicas.
Fechas: 26 a 30 de septiembre *Participantes:* 10

Información:

Dr. Raúl Londoño Escobar, Director
Instituto Panamericano de Protección de Alimentos y Zoonosis
Talcahuano 1660
Casilla de correo 44 (1640)
Martínez, Buenos Aires
República Argentina
Fax internacional: 112328; fax nacional: 793-0927

Dr. Primo Arámbulo III, Coordinador
Programa de Salud Pública Veterinaria
Organización Panamericana de la Salud
525 Twenty-third Street, N.W.
Washington, DC 20037
Estados Unidos de América
Teléfono (202) 861-3910; fax (202) 861-8884