

EFICACIA Y RESIDUALIDAD DE DOS INSECTICIDAS PIRETROIDES CONTRA *Triatoma infestans* EN TRES TIPOS DE VIVIENDAS. EVALUACIÓN DE CAMPO EN AREQUIPA, PERÚ

Miriam Palomino^{1,a}, Pablo Villaseca^{1,a}, Fanny Cárdenas^{1,b}, Jenny Ancca^{2,b}, Maritza Pinto^{2,b}

RESUMEN

Objetivos. Comparar la eficacia residual de dos insecticidas en el control vectorial del *Triatoma infestans* sobre tres tipos de vivienda en dos localidades de Arequipa, Perú. **Material y métodos.** Ensayo de campo, se utilizaron formulaciones de polvo mojado de deltametrina y lambdacihalotrina sobre diferentes sustratos (concreto, ladrillo y sillar) a dosis de 25 y 30 mg/m² respectivamente. Se usó 1445 ninfas V de *Triatoma infestans* en los bioensayos, donde se expuso por 48 horas a los triatomínos en la pared rociada y se los observó durante 14 días para evaluar mortalidad. Se realizó la exposición en cada tipo de superficie por insecticida a 24 horas, 30 y 90 días postratamiento. **Resultados.** A las 24 h la lambdacihalotrina fue más eficaz que la deltametrina en ladrillo y sillar ($p < 0,01$). A los 30 días la deltametrina tuvo mejor efecto residual en ladrillo y sillar ($p < 0,01$) y a los 90 días fue superior que la lambdacihalotrina en concreto (73 vs 35%, $p < 0,001$), ladrillo (62 vs 23%, $p < 0,001$) y sillar (63 vs 27%, $p < 0,001$). La reducción de la mortalidad en deltametrina se hizo evidente al tercer mes, siendo similar a las 24h y en el primer mes ($p > 0,05$). La lambdacihalotrina redujo su eficacia en 23% mensual desde la primera evaluación ($p < 0,001$, r^2 : 0,95). **Conclusiones.** La lambdacihalotrina es eficaz en los primeros días postratamiento pero su residualidad es pobre, a diferencia de la deltametrina. Estos resultados deben ser tomados en cuenta para calcular los tiempos de aplicación de cada insecticida en el control vectorial de la enfermedad de Chagas según el tipo de material de construcción.

Palabras clave: *Triatoma infestans*, Control vectorial; Insecticidas; Eficacia (fuente: DeCS BIREME).

EFFICACY AND RESIDUAL EFFECT OF TWO PYRETHROID INSECTICIDES AGAINST *Triatoma infestans* IN THREE TYPES OF HOUSES. FIELD EVALUATION IN AREQUIPA, PERU

ABSTRACT

Objetives. To compare the residual efficacy of two insecticides for the vector control of *Triatoma infestans* on three type of housing in two localities from Arequipa, Peru. **Material and methods.** Field assay, were used wet powder formulations of deltamethrin and lambdacyhalothrin on different substrates (concrete, brick and sillar [white local volcanic rock]) at doses of 25 and 30 mg/m² respectively. 1445 *Triatoma infestans* V nymphs were used in bioassays, where they were exposed for 48 hours on the sprayed wall and were observed for 14 days to assess mortality. The exhibition was held in each type of surface and insecticide for 24 hours, 30 and 90 days after treatment. **Results.** At 24 h the lambdacyhalothrin was more effective than deltamethrin in brick and sillar ($p < 0.01$). For the 30 days deltamethrin had better residual effect in brick and sillar ($p < 0.01$) and 90 days was higher than the lambdacyhalothrin in concrete (73 vs 35%, $p < 0.001$), brick (62 vs 23% $p < 0.001$) and sillar (63 vs 27%, $p < 0.001$). The reduction in mortality in deltamethrin was evident to the third month, were similar to the 24h and the first month ($p > 0.05$). Lambdacyhalothrin reduced its effectiveness at 23% per month since the first evaluation ($p < 0.001$, r^2 : 0.95). **Conclusions.** Lambdacyhalothrin is effective in the first days after its residual effect is poor but, unlike deltamethrin. These results should be taken into account to calculate the time of spraying of each pesticide on vector control of Chagas disease by type of construction material.

Key words: *Triatoma infestans*, Vector control; Insecticides; Efficacy (source: DeCS BIREME).

¹ Centro Nacional de Salud Pública, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.

² Laboratorio de Referencia Regional, Dirección Regional de Salud Arequipa. Arequipa, Perú.

^a Biólogo entomólogo; ^b Biólogo.

INTRODUCCIÓN

El control vectorial mediante la utilización de químicos insecticidas, se ha indicado como la mejor manera de reducir la incidencia de la enfermedad de Chagas (1-3). El control químico se basa principalmente en el rociamiento de las viviendas y áreas del peridomicilio con insecticidas formulados que son aplicados por rociadores profesionales. Se ha venido usando ingredientes activos (i.a) organoclorados, organofosforados, carbamatos e insecticidas piretroides (4).

El éxito del dietildilcloro difeniltricloroetano (DDT) en el control de la malaria (5) motivó a los entomólogos latinos a probar este insecticida en los años 50 para el control de los vectores de la enfermedad de Chagas. Sin embargo, el DDT tuvo que ser desechado debido a su baja eficacia contra los triatominos. El bajo poder triatomicida del DDT fue debido a dos causas entomotoxicológicas: la primera fue la presencia de caminos metabólicos degradativos del DDT en *Triatoma infestans*, y la segunda, por la lenta velocidad de penetración del tóxico a través del integumento del insecto. Luego de esto, fue introducido con éxito el hexaclorociclohexano (HCH) para el control de los vectores de la enfermedad de Chagas en 1947 (6). La alta estabilidad química y el riesgo toxicológico y ecotoxicológico potencial de los insecticidas organoclorados causaron la sustitución progresiva por compuestos con características más favorables (2).

Los insecticidas anticolinesterásicos están constituidos por dos familias diferentes, los organofosforados y los carbamatos que fueron los insecticidas alternativos menos persistentes, no bioacumulables para el control de los vectores de la enfermedad de Chagas. El propoxur fue el primer insecticida anticolinesterásico usado para el control de los triatominos vectores de la enfermedad de Chagas. El efecto triatomicida de este carbamato fue establecido en 1968 y las pruebas en el campo fueron realizadas en Chile entre 1969-1971 (7). Los organofosforados malathion y fenitrothion fueron introducidos en 1975 en los programas de control del vector de Chagas (1).

En 1978, la buena actividad insecticida de la decametrina sobre *Triatoma infestans* impulsó una rápida sustitución de los fosforados por piretroides en el cono sur de América Latina (8), lo que permitió bajar las concentraciones de uso de insecticida entre 10 y 20 veces. Trabajos posteriores demostraron la existencia de un grupo de insecticidas piretroides –cianopiretroides- de excepcional efecto insecticida sobre los triatominos, fundamentando su extendido uso en Latinoamérica para el control vectorial de la enfermedad de Chagas (9).

Entre estos insecticidas destacan deltametrina, lambdacihalotrina, alfacipermetrina, betacipermetrina, betaciflutrina, ciflutrina y cipermetrina (los cinco primeros son piretroides de tercera generación). Debido a las muy bajas concentraciones en que son aplicados, estos productos han permitido alcanzar una constante seguridad de uso y por lo tanto disminuir el impacto toxicológico del control de vectores de la enfermedad de Chagas (1).

Desde mediados de los años 80, los piretroides más comunes (deltametrina, lambdacihalotrina, ciflutrina, y cipermetrina) se han convertido en los principales insecticidas utilizados operacionalmente para el control de los triatominos, debido a su eficacia y persistencia, así como a la mínima contaminación ambiental asociada a su uso (8-10). Existen factores que limitan la actividad de los insecticidas, estos incluyen la dosis inicial del insecticida, naturaleza de la superficie rociada, la edad de los depósitos del insecticida y las condiciones ambientales tales como humedad y temperatura (11-13). El tipo de sustrato, en términos de su porosidad, es de importancia particular. En superficies porosas tales como barro, el depósito insecticida parece perder actividad con más rapidez que en superficies tales como tableros de madera, cerámica y azulejos (14-16). En los piretroides, la interrupción química se puede dar también en superficies altamente alcalinas y en las superficies expuestas a la luz del sol (17).

En muchos países donde se ha llevado a cabo actividades de control vectorial, siempre ha sido una inquietud, si el insecticida utilizado es el más apropiado teniendo en cuenta el material de construcción de las viviendas y las condiciones ambientales existentes.

La enfermedad de Chagas es endémica de Arequipa (18), en el año 2003, se inició el plan de eliminación del *Triatoma infestans* e interrupción de la transmisión transfusional del *Trypanosoma cruzi*; las viviendas de los distritos a intervenir al igual que la mayoría de distritos de la ciudad de Arequipa, tienen como principales materiales de construcción, el sillar, ladrillo, concreto, entre otros; es así que para tener un mejor conocimiento de la interacción de los sustratos con los insecticidas, evaluamos la eficacia residual de dos insecticidas piretroides de formulación polvo mojable (PM) sobre tres tipos de viviendas: sillar, ladrillo y concreto; en dos localidades del distrito Tiabaya, departamento Arequipa-Perú.

Tabla 1. Información técnica de los insecticidas

Compuesto Químico	Formulación	Dosis Recomendada	Cargas Bomba 8 L
Deltametrina	5% PM	25 mg/m ² (0,025 g/m ²)	100 g
Lambdacihalotrina	10% PM	30 mg/m ² (0,03 g/m ²)	60 g

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Estudio experimental, realizado en las localidades de San Pedro y 8 de Diciembre en el distrito de Tiabaya, provincia y departamento de Arequipa (sierra sur del Perú), en el periodo comprendido entre octubre de 2004 a enero de 2005.

Los pobladores de estas localidades tienen como principal actividad económica la agricultura, cultivan cebolla, ajos, zanahoria, poro, entre otros; además se dedican a la ganadería con prioridad del ganado ovino y vacuno; la cría de cuyes es importante en estas localidades porque forma parte de su dieta alimenticia. Estas localidades se ubican sobre terreno agreste con muchas pendientes. Las viviendas están construidas principalmente de sillar (roca volcánica blanca), ladrillo (bloque de adobe horneado), concreto (ladrillo cubierto con concreto) y en menor proporción piedra con barro. El peridomicilio está circunscrito con pircas de piedra y barro, donde crían cuyes y aves de corral ^(18,19).

INSECTICIDAS

Se evaluaron los insecticidas piretroides de formulación polvo mojable (PM) de principios activos, deltametrina [(S)- α -ciano-3-phenoxybenzyl(1R)-cis-3-(2,2-dibromovinil)-2,2-dimetilciclopropane carboxylate] y lambdacihalotrina [(S)- α -ciano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1R, 3R)-3-(2-cloro-3, 3,3-trifluoroprop-1-enil)-2,2-dimetilciclopropanecarboxylate and (R)- α -ciano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1S,3S) -3-(2-cloro-3,3,3-trifluoroprop-1-enil)-2,2-dimetilciclopropane carboxylate] (Tabla 1).

La deltametrina 5% PM (*sachetts* de 100 g, K'Otrine®) evaluada se obtuvo del almacén Centro de Salud Tiabaya de la Dirección Regional de Salud de Arequipa, la lambdacihalotrina 10% PM (*sachetts* de 60 g, Lambda®) fue adquirida para el estudio. Se realizó un control de calidad por muestreo de los lotes de insecticidas usados, en el Centro Nacional de Control de Calidad, Instituto Nacional de Salud (Lima, Perú), donde se encontró que se cumplía con las especificaciones técnicas del producto (acta de muestreo N.º 247-OT/2004-CNCC-INS).

SELECCIÓN DE VIVIENDAS Y ROCIAMIENTO

Las viviendas se eligieron teniendo en cuenta 1) la aceptación de los jefes de familia al rociado de las viviendas, 2) la autorización a visitas periódicas para la realización de los bioensayos, y 3) al tipo de material de

construcción de la vivienda. Se seleccionaron tres tipos de material de construcción (sustrato) representativos de los disponibles en el área: sillar (S), ladrillo (L) y concreto (C).

El personal encargado de la aplicación residual (jefe de brigada y brigadistas) fue provisto con la indumentaria adecuada (mamelucos de manga larga, casco con visera, mascarilla con filtro, guantes y botas) para reducir el riesgo de la exposición al piretroide ⁽²⁰⁾. Adicionalmente, se consideró las siguientes medidas de bioseguridad: no comer, beber ni fumar durante el proceso de aplicación y al final de la jornada tomar un baño con abundante agua y jabón y, mudarse de ropa antes del consumo de los alimentos.

Para la aplicación del insecticida en las viviendas se usó el método clásico de fajas verticales para rociar todas las superficies internas con reforzamiento en grietas y fisuras de la pared; además del intradomicilio se roció el peridomicilio ⁽²¹⁾. Se usó 5/10 bombas aspersoras manuales Hudson-X-Pert adaptadas con pico tipo Teejet 8002 que produjeron una descarga entre 790 a 850 mL/min a 50 psi. Las soluciones de insecticidas se prepararon en ocho litros de agua con pH entre 6,2 a 6,5. Las bombas aspersoras manuales se calibraron por descarga mL/min y se evaluó el desempeño de los brigadistas en la aplicación residual del insecticida.

Para evitar la posible agresión de las superficies tratadas, se recomendó a los moradores no limpiar, pintar o pegar objetos en las paredes. Los moradores realizaron sus actividades cotidianas de una forma habitual.

En la localidad 8 de Diciembre, se roció en total 31/171 viviendas con deltametrina 5% PM: once de sillar (S), once de ladrillo (L) y nueve de concreto (C), con un depósito aproximado de 25 mg/m². Se utilizó 54 cargas, con un promedio de 1,93 carga/casa. En la localidad San Pedro, se roció en total 27/133 viviendas con lambdacihalotrina 10% PM: 9 S, 5 L y 13 C, con un depósito aproximado de 30 mg/m². Se utilizó 52 cargas, con un promedio 2,13 carga/casa.

De las casas tratadas, se seleccionó al azar tres de cada tipo de sustrato por localidad (o insecticida), para evaluar la efectividad y residualidad a 1, 30 y 90 días postratamiento.

BIOENSAYOS DE PARED CON TRIATOMINOS

Para cada evaluación se obtuvo los triatominos por búsqueda activa y captura manual en el intra y peridomicilio de viviendas no rociadas del distrito de Tiabaya. Los triatominos capturados fueron trasladados

al Laboratorio de Referencia Regional de Arequipa, donde se seleccionó las ninfas de V estadio (ninfas-V), las mismas que fueron alimentadas con sangre de conejo y mantenidas en el laboratorio hasta cuatro días antes de la aplicación de los bioensayos post tratamiento.

Los bioensayos de pared se realizaron 24 horas después del rociamiento, durante las primeras horas de la mañana (06.00 a 10.00 horas) y cuando las superficies internas de las viviendas estuvieron secas. Por cada sustrato (S, L y C) se utilizó cuatro viviendas (tres tratadas químicamente y una sin tratar para el control) por cada localidad ^(19,22) en cada vivienda se usó entre dos a tres placas de vidrio (12 cm de diámetro x 1.5 cm de altura), conteniendo entre 9 a 12 ninfas-V de *Triatoma infestans* (Klug) (Hemiptera: Reduviidae).

En los bioensayos de pared con deltametrina al primer día después del rociamiento se usó 290 ninfas-V (90S, 80L, 90C y 30 control); a los 30 días 239 ninfas-V (69S, 80L, 70C y 20 control) y a los 90 días 200 ninfas-V (60S, 61L, 59C y 20 control). En los bioensayos de pared con lambdacihalotrina al primer día se usó 275 ninfas-V (89S, 86L, 80C y 20 control), a los 30 días 230 ninfas-V (80S, 70L, 60C y 20 control) y a los 90 días 211 ninfas-V (59S, 60L, 72C y 20 control).

Las placas fueron adheridas a las paredes con una cinta engomada a las alturas de 0,5, 1,0 y 1,5 m sobre el nivel del suelo; éstas fueron colocadas en posiciones adyacentes a la misma superficie de la evaluación anterior, nunca se colocó las placas exactamente en el mismo lugar ^(19,22). El tiempo de exposición fue de 48h en las superficies rociadas; durante este periodo se cubrieron las placas con una tela negra.

Después del periodo de exposición se transfirieron todos los insectos a recipientes limpios acondicionados

con tul a manera de tapa y papel filtro plegado ⁽²²⁾; luego fueron transportados y mantenidos en el laboratorio por catorce días en condiciones de temperatura de 19 a 26 °C y humedad relativa de 23 a 75% registrados con termohigrómetros digitales.

DEFINICIONES

El efecto de volteo (*knockdown*) se definió como la incapacidad que tiene un insecto de caminar normalmente (aunque puede parecer que está vivo), su lectura se realizó 48 horas después de la exposición ⁽²¹⁾. Los insectos volteados o moribundos con síntomas de incoordinación fueron mantenidos durante 14 días con el fin de observar la recuperación de las actividades locomotoras del insecto ⁽¹⁹⁾.

La mortalidad se definió como la incapacidad de un insecto de colgarse sobre un pedazo de papel de filtro inclinado ⁽²¹⁾, ausencia de actividad locomotora propia sobre un papel de filtro o espontáneamente cuando es estimulado, su lectura se realizó a los 14 días después de la exposición (período de recuperación) ^(4,22).

Los resultados de los bioensayos de pared se expresaron como el porcentaje de *knockdown* o de mortalidad (número de ninfas con el efecto x 100 / total de ninfas expuestas) para cada una de las evaluaciones posteriores a la aplicación de la deltametrina y lambdacihalotrina. La eficacia fue evaluada al primer día y la residualidad a los 30 y 90 días posteriores a la aplicación de los insecticidas

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron ingresados a una base de datos previo control de calidad y procesados con los paquetes estadísticos Epidat 3.1 y Stata 9.0. Para evaluar el

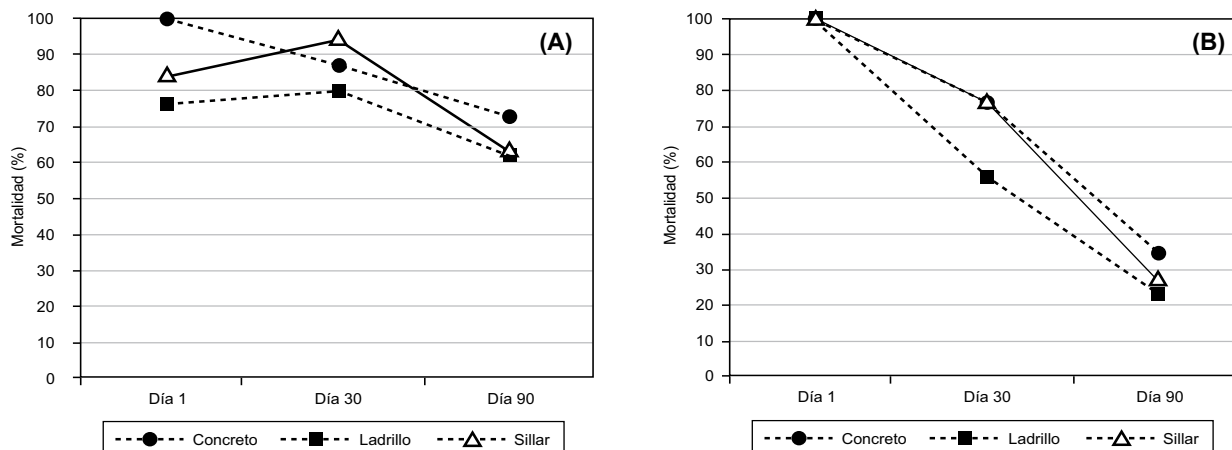


Figura 1. Evaluación de la eficacia residual del insecticida evaluado frente a *Triatoma infestans* en sustratos de sillar, ladrillo y concreto en Tiabaya, Arequipa. (A) Deltametrina en localidad 8 de Diciembre; (B) Lambdacihalotrina en localidad de San Pedro.

efecto del tiempo (en meses) postratamiento sobre la mortalidad ajustada por el tipo de sustrato se uso la regresión lineal múltiple. Para evaluar las diferencias entre insecticidas, alturas de pared, fecha de evaluación y tipo de sustrato se comparó los porcentajes en tablas de contingencia usando la prueba exacta de Fisher o χ^2 según correspondía. Se consideró un $p < 0,05$.

RESULTADOS

DELTAMETRINA

El efecto *knockdown* de la deltametrina sobre los triatomos de la localidad 8 de Diciembre fue del 100% hasta los 90 días de la evaluación sobre los tres tipos de sustrato. En relación con la mortalidad, tuvo que ser corregida mediante la fórmula de Abbot en los resultados del primer día de exposición porque la mortalidad en los controles fue de 10%, para las evaluaciones a 30 y 90 días la mortalidad fue de 0, por lo que no requirió corrección.

Evaluando en forma global (independientemente del sustrato), la deltametrina es eficaz para matar a los *Triatoma infestans* en el primer día posterior a la aplicación (88,6%), efecto que se mantiene a los 30 días (87,1%) y se reduce hasta 66,2% a los 90 días. El modelo de regresión lineal múltiple ($p=0,049$; r^2 ajustado: 0,49) demostró una reducción de 7,3% mensual, (IC95% β : -13,4 a -1,4; $p=0,02$), efecto que sería evidente desde el segundo mes de aplicación.

La mortalidad según tipo de sustrato puede apreciarse en la figura 1a. No se encontró diferencias ($p < 0,05$) en la mortalidad según la altura en las que se colocó las placas en las paredes de las viviendas.

LAMBDAHALOTRINA

El efecto *knockdown* de la lambdacihalotrina sobre los triatomos de la localidad San Pedro fue del 100% sobre superficies de ladrillo, de 99% en concreto y 88% en sillar. En relación con la mortalidad no se requirió usar la corrección de Abbot.

Evaluando en forma global (suma de todos los sustratos), la lambdacihalotrina es muy eficaz para matar a los *Triatoma infestans* en el primer día posterior a la aplicación, sin embargo su efecto disminuye progresivamente de 100% en el primer día a 28% en el tercer mes posterior a la exposición. El modelo de regresión lineal múltiple ($p < 0,001$; r^2 ajustado: 0,95) demostró una reducción de la mortalidad de 23,4% mensual (IC95% β : -28,9 a -17,9; $p < 0,001$) efecto que

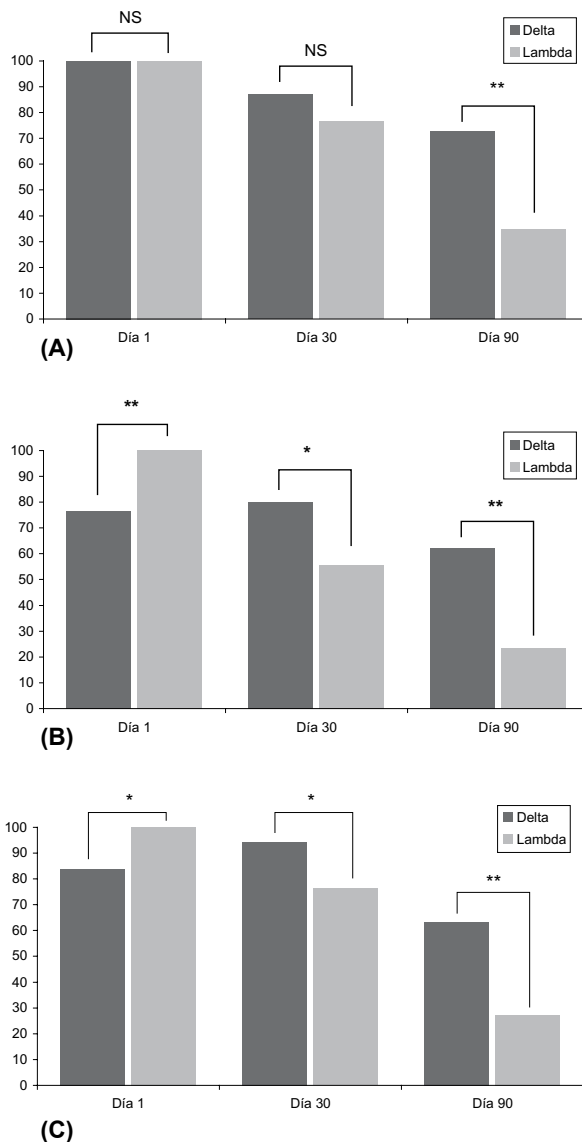


Figura 2. Evaluación comparativa de la eficacia y residualidad de deltametrina y lambdacihalotrina ante *T. infestans* en Tiabaya-Arequipa, según tipo de sustrato (A) concreto, (B) ladrillo y (C) sillar. NS: no significativo; * $p < 0,01$; ** $p < 0,001$

sería independiente del sustrato evaluado.

La mortalidad según tipo de sustrato puede apreciarse en la figura 1b. No se encontraron diferencias ($p < 0,05$) en la mortalidad según la altura en las que se colocaron las placas en las paredes de las viviendas.

COMPARACIÓN ENTRE INSECTICIDAS POR SUSTRATO Y TIEMPO

En el concreto (Figura 2a), se observa que la eficacia de ambos insecticidas es similar tanto en el primer día como a los 30 días (χ^2 , $p > 0,05$); sin embargo, existen

diferencias marcadas a los 90 días, donde la deltametrina tiene un mayor efecto residual que la lambdacihalotrina (χ^2 , $p < 0,001$).

En el ladrillo (Figura 2b), se observa diferencias en la eficacia entre ambos insecticidas en todos los tiempos evaluados, el insecticida lambdacihalotrina a pesar de haber obtenido una mayor eficacia al primer día (χ^2 , $p < 0,001$), el depósito de insecticida pierde su efecto letal con un descenso en picada en el primer (χ^2 , $p < 0,01$) y tercer mes (χ^2 , $p < 0,001$) de evaluación, observándose una persistencia $< 50\%$ a los 90 días.

En el sillar (Figura 2c), se observan diferencias en la eficacia entre ambos insecticidas en todos los tiempos evaluados, el insecticida lambdacihalotrina tuvo una mayor eficacia al primer día (χ^2 , $p < 0,01$); sin embargo su efecto residual fue menor tanto a los 30 días (χ^2 , $p < 0,01$) y 90 días (χ^2 , $p < 0,001$) de evaluación.

El efecto de la deltametrina fue similar entre el primer día y primer mes de evaluación ($p > 0,05$) en todos los sustratos, al tercer mes de evaluación su eficacia se redujo ($p < 0,001$) en los tres sustratos; sin embargo su eficacia fue mayor del 50%. Por otro lado, el efecto de la lambdacihalotrina fue menor desde el primer mes ($p < 0,001$) y más evidente al tercer mes ($p < 0,001$) posterior a la aplicación del insecticida (Tabla 2).

DISCUSIÓN

Este estudio fue diseñado para comparar la eficacia residual de dos piretroides de formulación polvo mojable contra ninfas-V de *Triatoma infestans* en tres sustratos predominantes (material de construcción) de las viviendas del distrito Tiabaya, Arequipa. Los productos elegidos fueron considerados por ser los de mayor elección en las campañas de rociamiento de viviendas para controlar el vector de Chagas por el Ministerio de Salud del Perú.

El insecticida deltametrina 5% PM fue eficaz (100%) sobre las tres superficies evaluadas y a los 90 días postratamiento demostró una persistencia intermedia ($> 50\%$) sobre los sustratos sillar y ladrillo, siendo más persistente en la superficie de concreto. Nuestros resultados se corroboran por lo hallado por Palomino et al. (19), quienes determinaron que la persistencia de deltametrina en formulación acuosa en solución concentrada (SC) al 5% sobre los sustratos ladrillo y concreto es $> 50\%$ a 90 días postratamiento y el sustrato sillar, lo es sólo hasta los 60 días postratamiento. De lo expuesto se puede decir que se observa diferencias entre las formulaciones PM y SC de deltametrina; así se tiene que sobre el sillar la SC es más efectiva, sin embargo el PM es más persistente; sobre ladrillo la SC es más efectiva y persistente y, sobre concreto no hay diferencia entre SC y PM.

Tabla 2. Mortalidad de *Triatoma infestans* después de 48 horas de exposición sobre tres sustratos frente a deltametrina 5% PM y lambdacihalotrina 10% PM a 1, 30 y 90 días postratamiento.

Sustrato / Insecticida	Mortalidad de triatominos/total (porcentaje)			Chi ²		
	Días Postratamiento			Días 1 - 30	Días 1 - 90	
	1	30	90			
Sillar						
Deltametrina 5% PM	77/90 (84,0)*	65/69 (94,2)	38/60 (63,3)	0,081	<0,001	
Labdacihalotrina 10% PM	89/89 (100,0)	61/80 (76,3)	16/59 (27,1)	<0,001	<0,001	
Control delta	3/30 (10,0)	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)			
Control lambda	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)			
Ladrillo						
Deltametrina 5% PM	63/80 (76,4)*	48/60 (80,0)	38/61 (62,3)	0,652	<0,001	
Labdacihalotrina 10% PM	86/86 (100,0)	39/70 (55,7)	14/60 (23,3)	<0,001	<0,001	
Control delta	3/30 (10,0)	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)			
Control lambda	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)			
Concreto						
Deltametrina 5% PM	90/90 (100,0)	61/70 (87,1)	43/59 (72,9)	0,447	<0,001	
Labdacihalotrina 10% PM	80/80 (100,0)	46/60 (76,7)	25/72 (34,7)	<0,001	<0,001	
Control delta	3/30 (10,0)	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)			
Control lambda	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)	0/20 (0,0)			

* Mortalidad corregida mediante la fórmula de Abbott.

Así también, en un ensayo con diferentes sustratos en condiciones de laboratorio, determinaron que la actividad de deltametrina PM a 2,5% mg/m², decayó drásticamente después del primer mes, el tiempo postratamiento se incrementó y fueron necesarios periodos más largos de exposición para que los demás productos (ciflutrin 12,5% SC y lambdacihalotrina 10% PM) obtengan rangos máximos de mortalidad ⁽⁴⁾.

El tratamiento residual de los insecticidas deltametrina y lambdacihalotrina sobre las paredes de sillar, ladrillo y concreto fue uniforme, pues no se observó diferencias significativas en la mortalidad de los triatominos expuestos a diferentes alturas de exposición a 24 horas postratamiento.

El insecticida lambdacihalotrina 10% PM fue eficaz (primer día) en todos los sustratos y demostró la persistencia más baja (<50%) en todos los sustratos evaluados a 90 días postratamiento. La pérdida más rápida de la toxicidad del insecticida lambdacihalotrina ocurre en ladrillo (bloque de adobe horneado), seguido por el sillar y el concreto. Nuestros resultados difieren por lo hallado por De Arias *et al.* ⁽⁴⁾ quienes demostraron que lambdacihalotrina PM 10% en bloques revestidos de cal, mató a menos insectos en corto plazo pero el efecto fue ampliado hasta nueve meses, demostrando un funcionamiento similar para deltametrina 2,5% SC.

La interacción entre el insecticida y la superficie de los sustratos dio lugar a una disminución rápida de su actividad. La naturaleza del sustrato desempeña un papel importante en la dosis en la cual ocurre una caída rápida. La falta de la persistencia del insecticida en superficies porosas se ha observado antes ^(14,15,23-25). Por otra parte, la variabilidad notable en mortalidad en los sustratos porosos, ha sido observada por otros autores ⁽²⁶⁾.

En el PM, los ingredientes activos tienden a filtrar el líquido y permanecer en la superficie de los materiales porosos antes que penetrar profundamente en el sustrato siendo fácilmente disponible para entrar en contacto con los insectos ⁽²³⁾. En general, la dependencia a la mortalidad y concentración comienza a desaparecer con la edad del depósito de insecticida ⁽⁴⁾.

En la comparación de los insecticidas, se observa que el insecticida lambdacihalotrina fue eficaz en todas las superficies evaluadas y el insecticida deltametrina fue eficaz sólo en la superficie de concreto. Las superficies de concreto son también sustratos porosos y, por ejemplo, el uso de harina del maíz en ellos causas una declinación en el pH y una reducción en su porosidad, mejorando el efecto residual de los insecticidas ⁽²⁷⁾. En

relación a los selladores comerciales, se ha demostrado que la aplicación de los selladores al concreto antes del uso del insecticida forma una barrera impermeable y mejora la eficacia residual del cyfluthrin PM ⁽²⁸⁾.

Por lo expuesto anteriormente, se puede decir que el insecticida deltametrina 5% PM fue eficaz sobre concreto y demostró una persistencia intermedia a 90 días postratamiento en todos los sustratos evaluados. El insecticida lambdacihalotrina 10% PM fue eficaz sobre todos los sustratos evaluados, pero su persistencia fue muy baja a 90 días posteriores al rociado, evidenciándose un descenso de la mortalidad en forma abrupta entre una evaluación y otra (intervalo cada 30 días).

A partir de los resultados obtenidos con los insecticidas piretroides deltametrina y lambdacihalotrina de formulación polvo mojable, se puede recomendar la aplicación residual de insecticidas con intervalos de menor tiempo. Por otro lado, se debe realizar otros estudios en estas superficies porosas (sillar, ladrillo), utilizando algún tipo de sellador comercial con el fin de mejorar el efecto residual de los insecticidas.

AGRADECIMIENTOS

A las técnicas de laboratorio Norma García y Rosa Mosqueda del Laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Salud por el apoyo en las evaluaciones de campo. A los biólogos Ynes Monroy, José Ylla, Víctor Quispe, Jacqueline Jara, René Llipita y T.L. Elizabeth Laime del Laboratorio de Referencia Regional de la Dirección Regional de Salud (DIRESA) Arequipa por el apoyo brindado en la captura y mantenimiento de los triatominos. A la Sra. Evelyn Pacheco, por el apoyo administrativo. A los brigadistas y jefes de brigada de la DESA Arequipa por su participación en el rociamiento de las viviendas. Asimismo, se reconocen las gestiones y facilidades de la DIRESA Arequipa, Laboratorio de Referencia Regional Arequipa y del Centro de Salud Tiabaya. Una especial mención al Dr. Rubén Figueroa de OPS-Perú por el apoyo técnico y logístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **World Health Organization.** Past and present of Chagas vector control and future needs. Geneva: WHO; 1999. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/99.1.
2. **Zerba EN.** Chemical control of Chagas disease vectors. *Biomed Environ Sci.* 1989; 2(1): 24-29.
3. **Moncayo A.** Progreso en la interrupción de la transmisión de la enfermedad de Chagas en los países del Cono Sur. *Medicina (B Aires)* 1999; 59 (Suppl 2): 120-24.

4. **Rojas de Arias A, Lehane MJ, Schofield CJ, Fournet A.** Comparative evaluation of pyrethroid insecticide formulations against *Triatoma infestans* (Klug): residual efficacy on four substrates. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2003; 98(7): 975-80.
5. **Mellanby K.** The DDT story. Surrey, UK: British Crop Protection Council; 1992.
6. **Zerba EN.** Susceptibility and resistance to insecticides of Chagas disease. Medicina (B Aires). 1999; 59 (Suppl 2): 41-46.
7. **Fontán A, Zerba E.** Influence of the nutritional state of *Triatoma infestans* over the insecticidal activity of DDT. Comp Biochem Physiol C. 1992; 101(3): 589-91.
8. **Pinchin R, Oliveira Filho AM, Fanara DM, Gilbert D.** Ensaio de campo para avaliação das probabilidades de uso da decametrina (OMS 1948) no combate a triatomíneos. Rev Bras Malariol Doen Trop. 1980; 32: 36-41.
9. **Zerba E, Wallace G, Picollo MI, Casabé N, de Licastro S, Wood E, et al.** Evaluación de la B-cipermetrina para el control de *Triatoma infestans*, vector de la Enfermedad de Chagas. Rev Panam Salud Publica. 1997, 1(2): 133-37.
10. **Pinchin R, de Oliveira Filho AM, Gilbert B.** Field trial of permethrin for the control of *Triatoma infestans*. Bull Pan Am Health Organ. 1981; 15(4): 370-76.
11. **Nocerino F.** Afloramiento de cristales de insecticidas con el humedecimiento en las superficies rociadas. Bol Direc Malariol Saneam Amb. 1981; 21: 54-58.
12. **Rojas de Arias A, Lehane MJ, Schofield CJ, Maldonado M.** Pyrethroid insecticide evaluation on different house structures in a Chagas diseases endemic area of the Paraguayan Chaco. Mem Inst Oswaldo Cruz. 2004; 99(6): 657-62.
13. **Amarasekare KG, Edelson JV.** Effect of temperature on efficacy on insecticides to differential grasshopper (Orthoptera: Acrididae). J Econ Entomol. 2004; 97(5): 1595-602.
14. **Hadaway AB, Barlow F.** Further studies on loss of insecticides by absorption into mud and vegetation. Bull Entomol Res. 1949; 40(3): 323-43.
15. **Hadaway AB, Barlow F.** Some physical factors affecting the efficiency of insecticides. Trans R Soc Trop Med Hyg. 1952; 46(3): 236-44.
16. **Penna R, Oliveira AE, Ferreira MF, Johnson C, Bosworth A, Marsden PD.** The influence of building materials on the residual action of BHC. Mem Inst Oswaldo Cruz. 1985; 80(4): 443-45.
17. **Leahey JP.** The pyrethroid insecticides. London: Taylor & Francis; 1985.
18. **Levy MZ, Bowman NM, Kawai V, Waller La, Cornejo del Carpio JG, et al.** Periurban *Trypanosoma cruzi*-infected *Triatoma infestans*, Arequipa, Peru. Emerg Infect Dis. 20006; 12(9): 1345-52.
19. **Palomino M, León W, Valencia P, Cárdenas F, Ancca J.** Evaluación de campo del efecto residual de la deltametrina sobre la mortalidad y *knockdown* en *Triatoma infestans*, según tipo de superficie en Arequipa, Perú. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2007; 24(2): 136-43.
20. **Ramsey R, Arias J, Frederickson C, Salvatella R.** Manual para el rociado residual intradomiciliario: aplicación del rociado residual para el control de vectores. Washington: Organización Panamericana de la Salud; 2002. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2000.3.Rev.1.
21. **Schofield CJ.** Field testing and evaluation of insecticides for indoor residual spraying against domestic vector of Chagas disease. Geneva: World Health Organization; 2001. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2001.1.
22. **World Health Organization.** Protocolo de evaluación de efecto insecticida sobre triatomíneos. WHO/UNDP/WB/TDR. Acta Toxic Argent. 1994; 2(1-2): 29-31.
23. **Williams P, Semple RL, Amos TG.** Relative toxicity and persistence of one carbamate and three organophosphate insecticides on concrete, wood and iron surfaces for control of grain insects. J Appl Entomol. 1982; 14: 35-40.
24. **Williams P, Semple RL, Amos TG.** Relative toxicity and persistence of three pyrethroid insecticide on concrete, wood and iron surfaces for control of grain insects. J App Entomol. 1983; 15: 7-10.
25. **Jain S, Yadav TD.** Persistence of deltamethrin, etrimfos, and malathion on different storage surfaces. Pesticides. 1989; 23: 21-24.
26. **Diotaiuti L, Texeira Pinto C.** Susceptibilidade biológica do *Triatoma sordida* e *Triatoma infestans* a deltametrina e lambdacyhalotrina em condições de campo. Rev Soc Bras Med Trop. 1991; 24: 151-55.
27. **Arthur FH.** Residual efficacy of cyfluthrin emulsifiable concentrate and wettable powder formulations on porous concrete and on concrete sealed with commercial products prior to insecticide application. Stored Prod Res. 1979; 30: 79-86.
28. **White NDG.** Effectiveness of malathion and par-miphormethyl applied to plywood and concrete control *Prostephanus truncates* (Coleoptera, Bostrichidae). Proc Entomol Soc Ontario. 1982; 113: 65-69.

Correspondencia: Blga. Miriam Palomino Salcedo, Laboratorio de Entomología, Centro Nacional de Salud Pública, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
Dirección: Cápac Yupanqui 1400, Lima 11.
Teléfono: (511) 471-9920
Correo electrónico: mpalomino@ins.gob.pe