

Efectividad y persistencia de la actividad letal de metopreno sobre pupas de *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae)

Jesús Berti-Moser¹ y Edith Navarro-Bueno²

¹Instituto de Altos Estudios "Dr. Arnoldo Gabaldon", Ministerio del Poder Popular para la Salud, Centro de Investigación en Enfermedades Endémicas y Salud Ambiental. Laboratorio Entomológico de Malaria, Las Delicias, Maracay, estado Aragua, Venezuela. ²Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Doctorado en Ciencias, Postgrado de Entomología, Maracay, estado Aragua, Venezuela

RESUMEN

Introducción. *Anopheles albimanus* ha sido considerado como el principal vector de la malaria humana en Centro América. El metopreno es un análogo sintético de la hormona juvenil y es muy usado para el control de larvas y pupas de mosquitos. Esta investigación describe experimentos o bioensayos en condiciones de laboratorio con una formulación granulada de metopreno (Altosid-G, 1.5%) utilizando larvas de *An. albimanus*.

Objetivo. El objetivo fue determinar las concentraciones letales (CL_{50} CL_{95} CL_{98}) de metopreno y evaluar la eficacia y persistencia de su actividad letal (CL_{95}) sobre pupas provenientes de una población colonizada de *An. albimanus*.

Material y Métodos. Para evaluar su eficacia y persistencia, el producto fue aplicado a la concentración letal 95.0 % ($CL_{95} = 0.150$ ppm) sobre larvas de *An. albimanus*. Los ensayos de persistencia fueron realizados el día 0 (día inicial) y a 7, 15, 30 y 60 días del tratamiento inicial al agua.

Resultados. Según los resultados obtenidos, la eficacia del producto ($CL_{95} = 0.150$ ppm) fue muy satisfactoria durante la primera semana de evaluación con valores de mortalidad pupal de 95.0 % (día inicial = día 0) y 75.33 % (día 7). Pero a los 15, 30 y 60 días postratamiento su eficacia disminuyó considerablemente (15 días = 47.50 %; 30 días = 44.66 % y 60 días = 42.66 %).

Conclusiones. Esta formulación granulada de metopreno tiene una corta actividad residual sobre pupas de *An. albimanus*. Al aumentar la permanencia del producto en el agua tratada (15, 30 y 60 días postratamiento) se afectó negativamente su efectividad.

Palabras clave: Reguladores del crecimiento, insectos, *Anopheles albimanus*, control bioquímico, larvas, pupas, metopreno, malaria, vectores

SUMMARY

Efficacy and persistence of the lethal activity of methoprene on pupae of *Anopheles albimanus*

Introduction. *Anopheles albimanus* has been considered as the main vector of human malaria in Central America. Methoprene is a synthetic juvenile hormone and it has been widely used in the control of mosquito larvae and pupae. This research paper describes experiments or trials carried out under laboratory conditions with a granular formulation of methoprene (Altosid-G 1.5%) and *An. albimanus* larvae.

Objective. The aim of this study was to determine the lethal concentrations (LC_{50} LC_{95} LC_{98}) and to evaluate the efficacy and persistence of lethal effect of methoprene (using LC_{95}) on *An. albimanus* under laboratory conditions.

Solicitud de sobretiros: Dr. Jesús Berti-Moser, Laboratorio Entomológico de Malaria, Las Delicias. Maracay, estado Aragua, Venezuela.
E-mail: jbertimoser@yahoo.com

Recibido: el 25 de septiembre de 2008. **Aceptado para publicación:** el 16 de abril de 2008

Este artículo está disponible en <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb081914.pdf>

Material and Methods. The efficacy and persistence of methoprene on *An. albimanus* colonized larvae was evaluated using the lethal concentration 95.0 % ($LC_{95}=0.150$ ppm) at 0 (initial day), 7, 15, 30 and 60 days post-treatment.

Results. According to the results obtained, at 0 and 7 days post-treatment, the efficacy of the product was very satisfactory and showed a pupal mortality rate of 95.0 % and 75.33 % respectively. However, the percentage of dead pupae in treated water diminished at (15 days=47.50 %; 30 days=44.66 %; 60 days = 42.66 %).

Conclusions. This granular formulation of methoprene has a short residual activity on pupae of *An. albimanus* and the permanence of the product in treated water (15, 30 and 60 days post-treatment) negatively affected its effectiveness.

Key Words: Insect growth regulators, *Anopheles albimanus*, biochemical control, larvae, pupae methoprene, malaria, vectors

INTRODUCCIÓN

Anopheles albimanus ha sido considerado como el principal vector de la malaria humana en Centro América (1). El metopreno es un análogo sintético de la hormona juvenil y es muy usado en EE.UU. para el control de mosquitos vectores. La actividad biológica y química de la hormona juvenil y sus análogos fue ampliamente discutida por Menn y Beroza (2). Entre los grupos de insectos contra los cuales tales productos prometen ser muy exitosos se encuentran los mosquitos (Diptera: Culicidae), grupo de suma importancia en Salud Pública como principales vectores de enfermedades tropicales (3). En los insectos, las mudas tienen lugar de un estadio larval al otro, en presencia de altos valores de la hormona juvenil y la ecdisona. Un exceso de ecdisona causa la muda. En cambio, valores muy altos de la hormona juvenil mantienen al mosquito en su estado normal (4). Cuando el insecto alcanza el punto crítico de su metamorfosis para pasar de larva a la fase pupal, los valores de la hormona juvenil bajan (5). En muchos insectos el

desarrollo del huevo también está bajo la influencia de la hormona juvenil. Existen evidencias de que esta hormona estimula la vitelo-génesis o síntesis del vitelo (6-8). En el mosquito adulto, el desarrollo de los huevos se produce cuando la hembra realiza su comida sanguínea, esta alimentación estimula la liberación de una hormona del cerebro, llamada hormona neuro-secretora del desarrollo del huevo (9). Esta hormona estimula al ovario para liberar la ecdisona (10), la cual actúa sobre el cuerpo graso causando la síntesis del vitelo o vitelo-génesis (11).

La emergencia del adulto de *Anopheles stephensi* fue inhibida por efecto del metopreno y de extractos de la hormona juvenil de áfidos (12); asimismo, los adultos sobrevivientes que lograron emerger después de exponer las larvas de esta especie a la concentración letal 50 % (CL_{50}) del producto presentaron una clara reducción de su fecundidad y fertilidad (12). Robert y Olson (13) registraron reducción de la producción de huevos en hembras de *Culex quinquefasciatus* que fueron expuestas como larvas a la concentración letal 50% (CL_{50}) del mismo producto. Por otro lado, Arias y Mulla (14) comprobaron que las hembras resultantes de aquellas larvas de *Culex tarsalis*, tratadas con metopreno a la dosis de 0.4 ppb, presentaron una reducción de 43% en la producción de huevos en comparación con las que no fueron tratadas; asimismo, observaron la presencia de malformaciones y anomalías en adultos de *Cx. tarsalis* que lograron emerger después de exponer las larvas a una concentración subletal del producto (14). Navarro (15), también con metopreno, observó malformaciones en adultos de *Anopheles albimanus* y comprobó que las hembras sobrevivientes presentaron una clara reducción de su fertilidad.

En el presente trabajo se intenta evaluar la efectividad y persistencia de metopreno sobre pupas de *Anopheles albimanus*, bajo condiciones de laboratorio. Los objetivos del estudio fueron los siguientes: 1- Determinar las concentraciones letales (CL_{50} CL_{95} CL_{98}) de una formulación

Efectividad y persistencia de metopreno sobre pupas de *An. albimanus*

granulada de metopreno (Altosid-G al 1.5%) en función de la mortalidad de pupas de *An. albimanus*. 2- Evaluar la persistencia del efecto letal de metopreno, aplicado a la concentración letal 95% (CL₉₅) en función de la mortalidad de pupas de *An. albimanus*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Todos los experimentos del estudio fueron realizados en el Laboratorio Entomológico del Centro de Investigación del Instituto de Altos Estudios Dr. Arnoldo Gabaldon, en Maracay, Venezuela. Las condiciones ambientales para la cría de larvas de *An. albimanus* y para la realización de cada bioensayo fueron las siguientes: temperatura en el rango de $29.0 \pm 4.0^\circ\text{C}$; la humedad relativa fue de $80.0 \pm 5.0\%$ y el foto periodo de 12:12 hrs. (luz:oscuridad). En todos los bioensayos se utilizaron larvas del IV estadio temprano (entre 0-16 h después de la muda), las cuales se obtuvieron de la progenie de hembras provenientes de una población colonizada de *An. albimanus* y mantenida durante cinco años en el Centro de Investigación antes mencionado. La población inicial de esta colonia proviene de hembras *An. albimanus* capturadas en Caño Rico, localidad adyacente al Lago de Valencia, a 30 km de la ciudad de Maracay (capital de estado Aragua). Para el establecimiento y el mantenimiento de la colonia de esta especie se siguió la metodología descrita por Zerpa y cols. (16). En la cría de las larvas y la preparación de todas las soluciones o concentraciones se utilizó agua mineral de consumo humano embotellada en envases de plástico de 18 litros de capacidad. La formulación granulada de metopreno evaluada tiene 1.5 % de ingrediente activo. Durante cada experimento, las larvas fueron alimentadas con la misma fórmula usada por Delgado (17) en la cría de *Anopheles aquasalis*. Este alimento fue una mezcla de Ictiosan® (alimento para peces, 55.0 %), levadura de cerveza (15.0 %), avena (7.5 %), germen de trigo (7.5 %) e hígado de res deshidratado en polvo (15.0 %). Se suministraba el alimento diariamente,

entre 8:00 y 8:30 hrs.; para lo cual se agregaban 20 mg de la mezcla en cada envase con larvas, tanto tratados como controles.

Obtención de las larvas experimentales

Se colocaron machos y hembras provenientes de la colonia, dentro de cestos o jaulas de metal de 19 x 29 x 32 cm, se suministró un algodón empapado en miel de abeja diluida en agua como fuente de alimento. En estas jaulas se llevó a cabo el apareamiento de adultos de ambos sexos. Las mismas están recubiertas casi totalmente de tela metálica, salvo en la parte superior, que cuenta con una malla fina de tul, donde se inmovilizó una paloma que se colocó con la parte dorsal descubierta, de modo que se permitiera su contacto a través del tul con las hembras y poder llevar a cabo su alimentación. Una vez alimentadas y apareadas, en el fondo de estas jaulas se colocaron pedazos de papel de filtro humedecido con agua para mantener la humedad relativa y estimular la oviposición. Después se esperaron cuatro días para iniciar el retiro y conteo de huevos. Cada día se extraía el papel de filtro con las posturas, se procedía al conteo de huevos y se sustituía este papel por uno limpio. Las larvas de *An. albimanus* emergidas de estos huevos eclosionados, fueron utilizadas para la realización de los respectivos bioensayos para determinar las concentraciones letales (CL₅₀ CL₉₅ CL₉₈) y la persistencia del metopreno.

Determinación de las concentraciones letales de metopreno (CL₅₀ CL₉₅ CL₉₈)

Larvas del cuarto estadio temprano provenientes de estos huevos eclosionados fueron expuestas o tratadas a seis diferentes concentraciones de metopreno: 15 ppm, 1.5 ppm, 0.15 ppm, 0.015 ppm, 0.0015 ppm y 0.00015 ppm (mg/lt = ppm). Se utilizaron envases de plástico circulares de 20 cm de diámetro y 5 cm de altura, con 1 lt de la respectiva concentración acuosa de metopreno (15, 1.5, 0.15, 0.015, 0.0015 y 0.00015 ppm), donde se adicionaron 30 larvas de *An. albimanus* del IV estadio temprano. Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorio.

Berti-Moser et al.

Se prepararon cuatro repeticiones por cada concentración del producto, con sus respectivos controles; es decir, cuatro repeticiones por tratamiento (concentración) y cuatro controles. Diariamente, entre las 14:00 a 14:30 hrs., se registró el número de pupas formadas, pupas muertas y adultos emergidos por cada envase tratado y su respectivo control, el cual consistía del envase con 1 lt de agua mineral y las 30 larvas del estadio IV. La mortalidad de pupas sólo fue registrada a partir del tercer día de exponer las larvas al producto. La temperatura promedio registrada fue de $29^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ y la humedad relativa fue de $80 \pm 5\%$. En cada tratamiento y control se determinó el porcentaje de mortalidad de pupas y se aplicó un análisis de varianza con un solo criterio de clasificación o de una vía. Los porcentajes fueron transformados a arcoseno a fin de normalizar los datos y luego aplicar las pruebas de separación de medias de Duncan y del mínimo rango significativo con un nivel de significación del 5 %. La mortalidad observada fue corregida con la mortalidad del control, sólo en los casos en que ésta excedió el 5 % (18) y según la fórmula siguiente: % Mortalidad corregida = $(X - Y / X) \times 100$, donde X = Porcentaje de larvas vivas en el control, e Y = Porcentaje de larvas vivas en el tratamiento. A fin de determinar las concentraciones letales (CL_{50} , CL_{95} , CL_{98}) del producto, los datos de mortalidad obtenidos fueron sometidos al análisis de regresión Probit (19), utilizando el Probit Analysis Program (20).

Determinación de la persistencia del efecto letal de metopreno a la concentración letal 95 % (CL_{95})

Para tal fin, se utilizaron los mismos envases plásticos circulares de 20 x 5 cm, donde se agregó 1 lt de la concentración 0.150 ppm (CL_{95}). Esta se determinó previamente como la CL_{95} para *An. albimanus*. En cada envase se colocaron de forma simultánea 30 larvas del estadio IV temprano, tanto en el control como en el grupo tratado. El número de repeticiones fue de tres en ambos casos. Cada 24 horas se efectuaron observaciones para establecer el número de pupas formadas, pupas muertas y/o adultos emergidos, tanto en el grupo tratado como en el grupo control, el cual

consistía de tres envases con 1 lt de agua mineral y 30 larvas del estadio IV temprano. La mortalidad de pupas sólo fue registrada a partir del tercer día de exponer las larvas al producto. La temperatura promedio y la humedad relativa fueron las mismas del ensayo anterior. En cada tratamiento y control se determinó el porcentaje de mortalidad de pupas y se aplicó un análisis de varianza con un solo criterio de clasificación o de una vía; y después las pruebas de separación de medias de Duncan y del mínimo rango significativo con un nivel de significación del 5 %; antes de la aplicación del ANOVA, estos porcentajes fueron transformados a arcoseno, a fin de normalizar los datos. No se aplicó el factor de corrección de mortalidad, ya que ésta fue igual o menor del 5% en todas las repeticiones de cada grupo control (**Cuadro 3**). El nivel del agua por envase se mantuvo igual durante todo el tiempo del ensayo (60 días). Para ello fue necesario colocar otro envase con la misma cantidad de agua y diariamente se vaciaba su contenido en un cilindro graduado, lo cual permitía calcular el volumen de agua a ser agregada (agua que se evaporaba), manteniéndose así la concentración inicial del producto (0.150 ppm). Para evaluar periódicamente la persistencia del efecto letal sobre las pupas, se realizaron cinco ensayos sucesivos: el primer día (ensayo inicial = día 0) y a los 7, 15, 30 y 60 días del tratamiento (1, 2, 4 y 8 semanas), es decir, que a 7, 15, 30 y 60 días del tratamiento inicial, se colocaron nuevas larvas tanto en los envases tratados como en los no tratados.

RESULTADOS

Los resultados del análisis de regresión Probit ($y = a + bx$) para las concentraciones evaluadas fueron los siguientes (**Cuadro 2**): Ecuación de regresión lineal: $y = 5.798 + 0.473x$; Coeficiente R = 0.904 (coeficiente de correlación); Pendiente = 0.473 ± 0.068 ; Concentraciones letales del producto: 1 - $CL_{50} = 0.00005$ ppm (Lim. Conf. = 95%); 2 - $CL_{95} = 0.150$ ppm (Lim. Conf. = 95%); 3 - $CL_{98} = 1.098$ ppm (Lim. Conf. = 95%). Los resultados obtenidos confirman el efecto letal

Efectividad y persistencia de metopreno sobre pupas de *An. albimanus*

de metopreno sobre las pupas de *An. albimanus* (Cuadro 1 y Cuadro 2); además este primer ensayo permitió calcular la CL_{95} que fue usada posteriormente en las pruebas de persistencia.

Al respecto, puede afirmarse que según los resultados obtenidos, la formulación granulada probada tiene una corta actividad residual (Cuadro 3), ya que su efecto letal sobre las pupas sólo

Cuadro 1
Porcentaje promedio de mortalidad de pupas de *An. albimanus* después de la exposición de larvas del estadio IV temprano a diferentes concentraciones acuosas de metopreno

Concentración de Metopreno	Duración del Periodo de Evaluación (días) *	Porcentaje de Mortalidad **	Porcentaje de Mortalidad (Control)
15	2 (5)	99 % a	2.22 %
1.5	3 (6)	98 % a	3.33 %
0.15	4 (7)	97 % a	4.44 %
0.015	4 (7)	90 % a	0.00 %
0.0015	4 (7)	82 % b	2.22 %
0.00015	5 (8)	53 % c	0.00 %

* Duración del periodo durante el cual se realizó el registro de la mortalidad de pupas formadas a partir del tercer día de exposición. Duración total del periodo de evaluación o exposición entre paréntesis.

** Promedios de mortalidad seguidos de letras distintas difieren entre sí, estadísticamente, al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Duncan y del mínimo rango significativo, con un nivel de significación del 5 %.

Cuadro 2
Resultados del análisis de regresión Probit para la formulación Altsid-G de metopreno evaluada sobre larvas del estadio IV temprano de *An. Albimanus*

Parámetros *	Rango de Datos
Pendiente \pm DE = 0.473 \pm 0.068	(0.405 – 0.542)
CL_{50} (ppm) = 0.00005 Lim. Conf. = 95%	(0.00003 – 0.00008)
CL_{95} (ppm) = 0.150 Lim. Conf. = 95%	(0.076 – 0.175)
CL_{98} (ppm) = 1.098 Lim. Conf. = 95%	(0.464 – 1.684)

* Ecuación de regresión lineal: $y = 5.798 + 0.473 x$ ($y = a + b x$). $R = 0.904$.
R = coeficiente de correlación. Límites de confianza calculados al 95 %

Cuadro 3
Porcentaje promedio de mortalidad de pupas de *An. albimanus* a los 0, 7, 15, 30 y 60 días del tratamiento al agua con metopreno (CL_{95}), tanto en el grupo tratado como en el control

% de Mortalidad (Tratadas) *	0 días	7 días	15 días	30 días	60 días
1	97	86	70,5	42	32
2	97	56	40,0	56	50
3	91	84	32,0	36	46
Mortalidad Promedio (Tratadas) **	95.00 a (91- 97)	75.33 b (56 - 86)	47.50 c (32,0 - 70,5)	44.66 c (36 - 56)	42.66 c (32 - 50)
Mortalidad Promedio (Control)	3.33	0.00	5.00	2.22	4.44

* % de Mortalidad (Tratadas) = Porcentaje total de mortalidad de pupas por cada replicación a los 0, 7, 15, 30 y 60 días del tratamiento (CL_{95}).

** Mortalidad promedio (Tratadas) = Promedios de mortalidad de 3 repeticiones por tratamiento a los 0, 7, 15, 30 y 60 días del tratamiento (CL_{95}). Intervalo entre paréntesis. Promedios seguidos por letras distintas difieren entre sí, estadísticamente al aplicar la prueba de comparaciones múltiples de Duncan y del mínimo rango significativo con un nivel de significación del 5 %.

fue alto hasta siete días después del tratamiento, es decir, sólo fue eficaz por una semana y luego disminuyó a 47.5 %, 44.66 % y 42.66 % a los 15, 30 y 60 días después del tratamiento respectivamente. En cambio, a los 0 y 7 días del tratamiento, se logró obtener una actividad letal mucho más efectiva, con valores de mortalidad pupal de 95.0% y 75.33% respectivamente (**Cuadro 3** y **Figura 1**). El análisis de varianza mostró la presencia de diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos ($F = 9.53$; g.l. = 4, 10; $p < 0.05$) a un nivel de confiabilidad del 95%. Las pruebas estadísticas de comparaciones entre las medias (porcentajes de mortalidad a los 0, 7, 15, 30 y 60 días) demostraron la presencia de diferencias significativas entre las mismas al nivel de significación del 5%. Según estas pruebas, la media de 95.0 %, fue significativamente mayor que la de 75.33 % ($p < 0.05$) de mortalidad. Asimismo, entre las medias 47.50, 44.66 y 42.66, no se presentó ninguna diferencia estadísticamente significativa entre las mismas ($p > 0.05$) al nivel de significación del 5%. Estas tres medias fueron significativamente menores que 95.0 % ($p < 0.05$) y que 75.33 % ($p < 0.05$) (**Cuadro 3**).

DISCUSIÓN

Este resultado de baja persistencia, puede explicarse debido a que el producto probado no es una formulación de liberación lenta, sino granulada (Altosid-G al 1.5%).

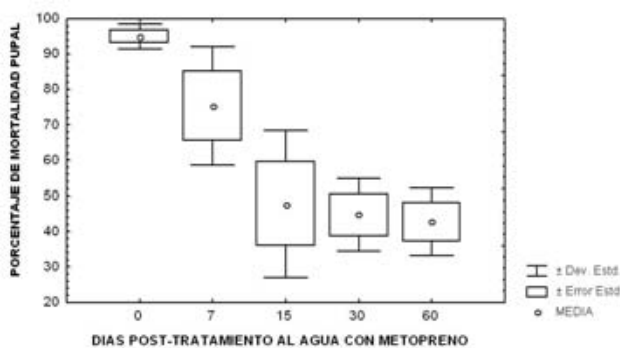


Figura 1. Porcentaje promedio de mortalidad de pupas de *An. albimanus* a los 0, 7, 15, 30 y 60 días después del tratamiento al agua con metopreno (CL₉₅).

Por el contrario, de estar formulado en briquetas, micro-cápsulas o en gránulos de liberación lenta, puede ser eficaz hasta por dos meses (21-23). En Honduras (24) una formulación granulada de metopreno (Altosid-G) aplicada a la dosis de 0.2 ppm (0.020 kg/ha) produjo porcentajes de reducción de pupas de *An. albimanus* entre 92 % y 96 % durante 10 días postratamiento. En la India, Baruah y Das (25) encontraron similares resultados a la misma dosis (0.020 kg/ha de Altosid-G) contra *Culex quinquefasciatus* y *Anopheles* spp. Según otros autores, las formulaciones líquidas o granuladas de metopreno sólo fueron efectivas durante un corto periodo de tiempo que varió de 6 a 8 días (26-27). Estos mismos autores señalan que su eficacia llegó a prolongarse considerablemente a la sombra. Por otro lado, otros estudios han demostrado que el producto es degradado por la luz solar y altas temperaturas del ambiente y que es muy inestable a altas temperaturas del agua y/o en agua con alta población microbiana (28).

Según Kramer (29), el metopreno inhibe la emergencia del 90% al 95 % de adultos de *Culiseta incidens*, cuando las larvas ya están presentes al momento del tratamiento, pero no inhibe de igual manera cuando las larvas son introducidas después del tratamiento inicial, bien sea en la luz o a la sombra (29). Este aspecto puede tener relación con los resultados obtenidos y pudiera explicar la disminución de la mortalidad observada a 15, 30 y 60 días del tratamiento. Por otro lado, Vasuki (30) observó, que se redujo considerablemente la longevidad de adultos de *Culex quinquefasciatus* y *Anopheles stephensi* que lograron sobrevivir después de exponer las larvas de ambas especies a una concentración subletal del regulador del crecimiento hexaflumuron. En ese sentido, es importante señalar que a pesar de los bajos valores de mortalidad observados en este ensayo (47.5 %; 44.66 % y 42.66 %), aquellos adultos que lograron sobrevivir pudiesen haber sido afectados física y fisiológicamente, reduciéndose su longevidad tanto en machos como en hembras, así como la fecundidad y fertilidad de las hembras (31-32).

Efectividad y persistencia de metopreno sobre pupas de *An. albimanus*

Al respecto, Sithiprasasna y cols. (33) encontraron una reducción significativa de la fecundidad de hembras de *Anopheles dirus* expuestas como larvas a una concentración subletal de metopreno. En Venezuela, se comprobó la disminución de la fertilidad de hembras de *An. albimanus* que fueron expuestas como larvas a una concentración subletal del mismo producto (34). Estos resultados sugieren que aquellos adultos de ambos sexos que logren sobrevivir a la aplicación de estos productos reguladores, estarán muy limitados para la cópula o apareamiento en condiciones naturales, ya que los mismos tienen efectos adversos al ser aplicados a dosis subletales.

Otros autores (35) observaron la presencia de malformaciones y anomalías en adultos de *Aedes aegypti* que lograron emerger después de que las larvas habían sido expuestas a una concentración subletal de pyriproxyfen (análogo sintético de la hormona juvenil). Por otro lado, en Venezuela se comprobó la alta persistencia del mismo producto contra pupas de *Ae. aegypti* a la concentración de 0.250 ppm (36), con la cual se obtuvo una mortalidad entre 94 y 100 % por 12 semanas, pero a mayor concentración (0.250 ppm) que la probada con metopreno (0.150 ppm). Este producto pyriproxyfen tiene mucha mayor actividad tóxica que el metopreno (37). En particular, fue mucho más tóxico que el metopreno (37-38), cuando ambos productos se probaron contra pupas de *Aedes albopictus*, *Ae. aegypti*, *Anopheles quadrimaculatus*, *Culex nigripalpus* y *Ochleretatus taeniorhynchus* en Florida, EE.UU. (37-38).

Esta es la primera vez que en Venezuela se evalúa la persistencia de metopreno. Hasta el presente todavía no existen antecedentes de estudios similares en el país, tanto en campo como en condiciones de laboratorio. La persistencia encontrada en este estudio fue muy baja (siete días). Sin embargo, es necesario realizar nuevos estudios tanto en laboratorio como en condiciones de campo con diferentes especies que son vectores importantes en Venezuela, como son: *Anopheles aquasalis*

y *Anopheles darlingi*. Por otro lado, también es necesario probar la persistencia de metopreno con diferentes formulaciones de mayor estabilidad; ya que es probable que en condiciones naturales la persistencia disminuya por efecto de la pluviosidad, cantidad de materia orgánica, radiación solar, altas temperaturas, etc. Por último, es importante evaluar cada una de estas formulaciones bajo condiciones naturales locales en los diferentes tipos de criaderos principales de estos vectores de malaria. El potencial del producto para ser usado en control de vectores de malaria en Venezuela dependerá de los resultados de estos estudios.

En conclusión, la formulación probada (Altosid-G 1.5%) y aplicada a la concentración de 0.150 ppm (CL_{95}), tiene una corta actividad residual letal sobre pupas de *An. albimanus*. Es de esperar que la persistencia de esta formulación sea aun menor en condiciones de campo, debido a la influencia de variables climáticas adversas.

REFERENCIAS

1. Carrillo M, Suárez M, Morales A, Espinal C. Colonización y mantenimiento de una cepa colombiana de *Anopheles albimanus* W. *Biomédica* 1981; 1:64-66.
2. Menn J, Beroza M. *Insect Juvenile Hormones*. Chemistry and action. New York: Academic Press; 1972.
3. Mulla M, Norland R, Ikeshoji T, Kramer W. Insect growth regulators for the control aquatic midges. *J Econ Entomol* 1974; 67:165-70.
4. Arias J. *Biophysiological activity of insect growth regulators against mosquitoes* (Dissertation). Riverside California Univ.; 1973.
5. Bower W S. Insect hormones and their derivatives as insecticides. *Bull World Health Org* 1971; 44:381-89.
6. Engelmann F. *The physiology of Insect Reproduction*. New York: Pergamon Press; 1970
7. Engelmann F. Juvenile hormone-controlled synthesis of female specific protein in the cockroach *Leucophaea madarae*. *Arch Biochem Biophys* 1971; 145:439-47.
8. Chen T, Couble P, De Lucca F, Wyatt G. *The Juvenile Hormones*. New York: Plenum Press; 1976.
9. Lea A. Regulation of egg maturation in the mosquito by the neurosecretory system: the role of the corpus cardiacum. *Gen Comp Endocrin* 1972; 8 (Suppl 3):602-08.
10. Hagedorn H, Fallon A. Ovarian control of vitellogenin synthesis by the fat body in *Aedes aegypti*. *Nature* 1973; 244:103-05.
11. Hagedorn H, Judson C. Purification and site of synthe-

- sis of *Aedes aegypti* yolk proteins. *J Exp Zool* 1972; 182:367-77.
12. **Dash A, Ranjit M.** Comparative efficacy of aphid extracts and some juvenoids against the development of mosquitoes. *J Am Mosq Contr Assoc* 1992; 8:247-51.
 13. **Robert L, Olson J.** Effects of sublethal dosages of insecticides on *Culex quinquefasciatus*. *J Am Mosq Contr Assoc* 1989; 5:239-46.
 14. **Arias J, Mulla S.** Morphogenetic aberrations induced by a juvenile hormone analogue in the mosquito *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *J Med Ent* 1975; 12:309-16.
 15. **Navarro-Bueno E.** Evaluación del efecto del inhibidor del crecimiento metopreno sobre la mortalidad pupal de una población colonizada de *Anopheles albimanus* Wiedemann en Venezuela (Dissertation). Universidad Central de Venezuela; 2002.
 16. **Zerpa N, Moreno J, González J, Noya O.** Colonization and laboratory maintenance of *Anopheles albimanus* Wiedemann in Venezuela. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 1997; 40:173-76.
 17. **Delgado N.** Factores que afectan la eficacia y persistencia de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sobre *Anopheles aquasalis* Curry (Diptera: Culicidae), vector de malaria en Venezuela. *Entomotropica* 2005; 20:213- 233.
 18. **Abbott W.** A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 1925; 18:265-67.
 19. **Finney D.** Probit Analysis. The Syndics of the Cambridge University Press; 971.
 20. **Raymond M.** Présentation d'une programme d' analyse Log-Probit pour micro ordinateur. *Cahiers ORSTOM Ser Entomol Médic Parasitol* 1985; 23:117-21.
 21. **Stewart J.** Field testing of methoprene briquets for *Culex* mosquito control. *Proc Calif Mosq Vector Control Assoc* 1977; 45:149-51.
 22. **Schoeppner R.** Methods used to suppress mosquito populations in a bayside community. *Proc Calif Mosq Vector Control Assoc* 1977; 45:194-96.
 23. **Schoeppner R.** Effectiveness of methoprene Altosid briquets in controlling *Culex pipiens* in catch basins. *Proc Calif Mosq Vector Control Assoc* 1978; 46:115-17.
 24. **Perich M, Boobar L, Stivers J, Rivera J.** Field evaluation of four biorational larvicide against *Anopheles albimanus* Wiedemann in Honduras. *Med Vet Entomol* 1990; 4:393-6.
 25. **Baruah I, Das S.** Evaluation of Methoprene and Diflubenzuron for control of mosquito breeding in Tezpur (Assam). *Indian J Malariol* 1996; 33:61-6.
 26. **Schaefer C, Dupras E.** Insect developmental inhibitors. 4. Persistence of ZR-515 in water. *J Econ Entomol* 1973; 66:923-25.
 27. **Mulla M, Darwazed H.** Activity and longevity of insect growth regulators against species mosquitoes. *J Econ Entomol* 1975; 68:791-94.
 28. **Schaefer C, Wilder, W.** The Insect developmental inhibitors: A practical evaluation as mosquito control agents. *J Econ Entomol* 1972; 65:1066-71.
 29. **Kramer V.** Efficacy and persistence of *Bacillus sphaericus*, *Bacillus thuringiensis israelensis* and Methoprene against *Culiseta incidens* (Diptera: Culicidae) in tires. *J Econ Entomol* 1990; 83:1280-85.
 30. **Vasuki V.** Adult longevity of certain mosquito species after larval and pupal exposure to sublethal concentration of an insect growth regulator, hexaflumuron. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 1992; 23:121-24.
 31. **Sawby R, Klowden M, Sjogren R.** Sublethal effects of larval methoprene exposure on adult mosquito longevity. *J Am Mosq Control Assoc* 1992; 8:290-92.
 32. **Ritchie S, Asnicar M, Kay B.** Acute and sublethal effects of (S)-methoprene on some Australian mosquitoes. *J Am Mosq Control Assoc* 1997; 13:153-55.
 33. **Sithiprasasna R, Luepromchai E, Linthicum K.** Effects of sublethal dosages of methoprene on *Anopheles dirus* species A and B. *J Am Mosq Control Assoc* 1996; 12:483-86.
 34. **Navarro-Bueno E, Berti-Moser J, González-Rivas J.** Efecto de metopreno sobre la fecundidad y fertilidad de hembras de *Anopheles albimanus* W, expuestas en fase de larva a una concentración subletal del producto. *Bol Malariol Salud Amb* 2007; 47:249-51.
 35. **Oviedo M, Suárez J, González A, Álvarez L.** Teratogénesis en poblaciones de *Aedes aegypti* emergidas de larvas tratadas con Pyriproxyfen en condiciones de laboratorio. En: *Memorias del XX Congreso Venezolano de Entomología*. San Cristóbal. Sociedad Venezolana de Entomología; 2007. p. 137.
 36. **Berti J, González J, Salazar V.** Evaluación del regulador de crecimiento Pyriproxyfen (Sumilarv G - 0.5%) contra larvas y pupas de *Aedes aegypti* en condiciones de laboratorio. En: *Memorias del XX Congreso Venezolano de Entomología*. San Cristóbal. Sociedad Venezolana de Entomología; 2007. p. 127.
 37. **Aly A, Nayar J, Xue R.** Comparative toxicity of selected larvicides and insect growth regulators to Florida laboratory population of *Aedes albopictus*. *J Am Mosq Control Assoc* 1995; 11:72-6.
 38. **Nayar J, Aly A, Zaim M.** Effectiveness and residual activity comparison of granular formulations of insect growth regulators pyriproxyfen and methoprene against Florida mosquitoes in laboratory and outdoors conditions. *J Am Mosq Control Assoc* 2002; 18:196-201.