

Evaluación de Novaluron 0,2G como regulador de crecimiento de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae) en una zona urbana de Antioquia, Colombia

Evaluation of Novaluron 0.2 G against *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae) in an urban area in Antioquia, Colombia

 MARCELA QUIMBAYO F.^{1*},  JUAN D. AMAYA²,
 GUILLERMO L. RÚA-URIBE¹

¹ Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. marceladelpilar45@gmail.com, guillermo.rua@udea.edu.co

² Adama Andina B.V., Bogotá, Colombia. juandavid.amaya@adama.com

*Autor de correspondencia

Marcela Quimbayo F. Grupo Entomología Médica, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia. Carrera 51D 62-29, Laboratorio 321, Medellín, Colombia, marceladelpilar45@gmail.com

Citación sugerida

QUIMBAYO F. M.; AMAYA, J. D.; RÚA-URIBE, G. L. 2022. Evaluación de Novaluron 0,2G como regulador de crecimiento de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae) en una zona urbana de Antioquia, Colombia. Revista Colombiana de Entomología 48 (1): e11093. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i1.11093>

Recibido: 23-Mar-2020

Aceptado: 20-Nov-2021

Publicado: 07-Mar-2022

Revista Colombiana de Entomología

ISSN (Print): 0120-0488

ISSN (On Line): 2665-4385

<https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co>

Open access



BY-NC-SA 4.0
creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es

Publishers: Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN (Bogotá, D. C., Colombia)

<https://www.socolen.org.co>

Universidad del Valle (Cali, Colombia)

<https://www.univalle.edu.co>

© 2021 Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN y Universidad del Valle - Univalle

Resumen: Dengue, zika y chikungunya son arbovirosis de importancia a nivel mundial. Ante la ausencia de una vacuna, las entidades de salud se concentran principalmente en disminuir el vector usando insecticidas, los Insecticidas Reguladores de Crecimiento (IRC), entre ellos Novaluron, han demostrado ser eficaces en el control vectorial. El objetivo fue determinar la dosis de aplicación óptima de Novaluron 0,2G sobre la emergencia de *Aedes aegypti* en zona urbana endémica para dengue, Carepa, en el departamento de Antioquia, Colombia. Se seleccionaron 21 viviendas de forma aleatoria, en donde se ubicaron tres tanques de 250 L, dos correspondieron a tratamientos y uno a control, evaluándose tres concentraciones (tratamientos), seleccionados al azar para cada vivienda. El estudio se realizó durante 18 semanas: siete semanas de pre-tratamiento, una semana de aplicación del producto y diez de post-tratamiento. Para ello se colectaron las pupas de *A. aegypti* permitiendo la emergencia del mosquito adulto en condiciones controladas para de estimar la inhibición semanal de la emergencia. Los resultados indicaron que se logró una reducción en la emergencia de *A. aegypti* cercana al 100%, con la mayor concentración evaluada (0,584mg/L). Para las demás concentraciones (0,292 y 0,146mg/L), el porcentaje de inhibición de la emergencia para la semana dos fue 79% y 45%, respectivamente.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, insecticida, dengue, mosquito, reguladores de crecimiento, vector.

Abstract: Dengue, zika and chikungunya are globally important arboviruses. In the absence of a vaccine, health entities focus mainly on reducing the vector using insecticides, Growth Regulatory Insecticides (IRC), including Novaluron, have proven to be effective in vector control. The objective was to determine the optimal application dose of Novaluron 0.2G on the emergence of *Aedes aegypti* in an urban area endemic for dengue, Carepa, in the department of Antioquia, Colombia. Twenty-one dwellings were randomly selected, where three 250-L tanks were located, two corresponded to treatments and one to control, evaluating three concentrations (treatments), randomly selected for each dwelling. The study was carried out for 18 weeks: seven weeks of pre-treatment, one week of product application and ten weeks of post-treatment. For this, the pupae of *A. aegypti* were collected, allowing the emergence of the adult mosquito under controlled conditions, in order to estimate the weekly inhibition of the emergence. The results indicated that a reduction in the emergence of *A. aegypti* of close to 100% was achieved, with the highest concentration evaluated (0.584 mg/L). For the other concentrations (0.292 and 0.146 mg/L), the percent inhibition of emergence for week two was 79% and 45%, respectively.

Keywords: *Aedes aegypti*, dengue, growth regulators, insecticide, mosquito, vector.

Introducción

Enfermedades transmitidas por vectores como dengue, zika y chikungunya representan una gran amenaza para la salud pública en todo el mundo, debido principalmente a su potencial epidémico y al continuo incremento en la incidencia (OMS 2017). Según la Organización Panamericana de la Salud (OPS 2020), el número de casos de dengue reportados en el 2019 ha sido la mayor cifra en la historia de las Américas, superando en 30% lo registrado en el año epidémico de 2015.

Aunque la carga global de dengue es todavía incierta, el incremento en el número de casos sigue siendo alarmante, con consecuencias tanto a nivel de salud como en el ámbito económico y social. Se estima que cada año se pierden 264 años de vida ajustados por discapacidad por cada millón de habitantes, y cada caso atendido de forma ambulatoria representa en promedio 14,8 días perdidos y 18,9 días para los hospitalizados (WHO 2012). Además, los costos económicos superan los US\$ 8.900 millones (Shepard *et al.* 2016).

Por otro lado, zika y chikungunya son arbovirosis recientes en las Américas, debido a su fuerte potencial epidémico, han generado importantes brotes en los diferentes países en donde se registra su ocurrencia (Rincón *et al.* 2016). Particularmente, zika se relaciona con casos de microcefalia en algunos niños nacidos de madres infectadas (Cuevas *et al.* 2016), en tanto que chikungunya se caracteriza por fuertes dolores articulares que ocasionan largas incapacidades (Bhatia 2015).

En Colombia se ha observado que la ocurrencia de estas arbovirosis conlleva a estados de alerta epidemiológica. En particular, chikungunya generó un brote en el país con cerca de 120 mil casos en el año 2015, y un año más tarde se registró la epidemia de zika, con un número de casos similar. En cuanto a dengue, las epidemias son periódicas, cada 3 o 4 años se presenta un incremento abrupto en el número de casos (Castrillón *et al.* 2015).

Se estima que más del 80% del territorio nacional cuenta con condiciones ecoepidemiológicas aptas para la distribución del vector y la ocurrencia de casos de dengue, zika y/o chikungunya (Padilla *et al.* 2017). Históricamente, los departamentos del país con mayor transmisión de dengue corresponden a Valle del Cauca, Tolima, Huila, Norte de Santander y Antioquia (INS 2017). Específicamente, en este último departamento, son Medellín y la región del Urabá en donde se registran las mayores incidencias (MPS/INS/OPS 2008).

A pesar de que *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1984) se distribuye ampliamente en Colombia, el vector primario para dengue, zika y/o chikungunya en el país es *A. aegypti* (Linnaeus, 1762) (Padilla *et al.* 2012). Este mosquito se caracteriza por haber desarrollado hábitos domiciliarios, prefiriendo como hábitats de cría, recipientes que contienen agua relativamente limpia, utensilios que de hecho son empleados por las comunidades para el desarrollo de sus actividades cotidianas, lo cual garantiza la presencia continua del mosquito y la transmisión de los virus en zonas urbanas (Kouri 2006).

Con base en lo anterior, y debido a que aún no existe una vacuna para la prevención de estas arbovirosis, el control del vector ha sido la medida más recomendada (INS 2019). En particular, se han empleado adulticidas y larvicidas en el intra y peridomicilio, así como también la eliminación manual de los hábitats de cría. Sin embargo, se ha reportado que, con la utilización frecuente de productos químicos, los mosquitos pueden presentar mecanismos de resistencia a los insecticidas empleados (Ardila *et al.* 2013; Conde *et al.* 2015).

Teniendo en cuenta la problemática de la resistencia a insecticidas, se han desarrollado medidas alternativas como los Insecticidas Reguladores de Crecimiento (IRC), entre estos Novaluron, un inhibidor de la síntesis de quitina, perteneciente al grupo de benzoilfenil, con potente actividad insecticida. Y este compuesto actúa sobre las etapas inmaduras de los insectos alterando la composición de la cutícula, principalmente la quitina lo cual afecta la elasticidad y la firmeza de la endocutícula, lo cual sucede en la etapa de huevo en *A. aegypti*. Además es un producto amigable con el ambiente y actúan en

muy bajas concentraciones, lo que lo convierte en una opción costo beneficiosa para el control de las especies de interés (Fiaz *et al.* 2021).

Las evaluaciones de los IRC han demostrado ser eficaces en la reducción vectorial de poblaciones de *A. aegypti* (Mulla *et al.* 1974; Farnesi *et al.* 2012) y en algunas especies de Anopheles (Arredondo-Jiménez *et al.* 2006; Nwankwo *et al.* 2011). Particularmente, en Medellín (Colombia) se han realizado evaluaciones en laboratorio para estimar las concentraciones letales (CL) 50, 90, 95 y 99 de Novaluron 0,2% GR, y determinar el porcentaje de inhibición de la emergencia de *A. aegypti* en un barrio de la ciudad (Quimbayo *et al.* 2019). La evaluación que se presenta a continuación constituye la continuación de un estudio anterior, y en el que se determinó la dosis de aplicación óptima de Novaluron 0,2G para la inhibición de la emergencia de *A. aegypti*, en una zona urbana de alta transmisión de dengue.

Materiales y métodos

Área de estudio. El estudio se realizó en el municipio de Carepa, ubicado geográficamente a 07°45'N y 76°39'O, en la región del Urabá Antioqueño. Se localiza a una distancia aproximada de 317 kilómetros de Medellín, y cuenta con una extensión es de 380 kilómetros cuadrados, donde habitan alrededor de 56 mil personas, la mayoría (76%) en la zona urbana (Secretaría de Salud Municipal, Carepa 2016). Históricamente, los municipios de Urabá se caracterizan por conformar una de las zonas del país con las mayores incidencias de dengue, zika y chikungunya (Padilla *et al.* 2012), esto favorecido, principalmente, por los problemas de abastecimiento de agua potable.

Diseño del estudio: Se seleccionaron aleatoriamente 21 viviendas en el casco urbano del municipio. En cada vivienda se ubicaron tres tanques de 250 L cada uno, dos tanques correspondieron a tratamientos y el tercero correspondió al control. Los tratamientos (concentraciones o dosis) consistieron en múltiplos de la CL 99 (0,073 mg/L de Novaluron 0,2G) obtenida previamente en una fase de laboratorio (Quimbayo *et al.* 2019). Los tratamientos correspondieron a: 1: Duplo de la CL 99 (0,146 mg/L), 2: Cuatro veces la CL 99 (0,292 mg/L) y 3: Ocho veces la CL 99 (0,584 mg/L). Para cada vivienda se seleccionaron al azar dos tratamientos, asegurando que no se presentara repetición de tratamiento por vivienda. Este diseño permitió que cada tratamiento fuera evaluado 14 veces.

Para la evaluación del producto, se llenaron los tanques al 90% de su capacidad, con agua del acueducto municipal, con pH 7, durante el tiempo de estudio la temperatura fue en promedio de 26°C y humedad relativa de 98%, los tanques se dejaron expuestos por siete semanas, tiempo en el cual se permitió que los tanques se convirtieran en sitios de cría del vector, y poder obtener así una relativa estabilidad de la densidad larval. Esas semanas comprendieron la etapa de pre-tratamiento (E-Pre). Durante esta etapa, los tanques fueron revisados dos veces por semana para retirar larvas de estadio IV, pupas y exuvias (en caso de hallarlas), lo anterior con el fin de calcular el porcentaje de inhibición de la emergencia en la E-Pre e impedir la emergencia de mosquitos adultos en las viviendas.

Posterior a las siete semanas de la etapa E-Pre, se aplicó el producto. Una vez finalizó la semana de aplicación del producto (octava semana de estudio), se inició la etapa post-tratamiento (E-Post). Durante la E-Post se continuó evaluando

los tanques de la misma forma como se indicó en la E-Pre.

Análisis de la información. Los bioensayos se realizaron siguiendo la metodología propuesta por Mulla 1974 y la WHO 1981. El análisis estadístico se realizó empleando el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences), versión 25. (IBM 2017). Debido a que los datos observados en las E-Pre y E-Post mostraron una distribución no paramétrica, y a que en varias fechas no se colectaron mosquitos adultos, se hizo una transformación estadística de los datos y se estimó la media geométrica e intervalos de confianza (95%) para comparar los diferentes tratamientos con el control. Y para determinar la eficacia del producto se compararon los resultados obtenidos en las E-Pre y E-Post, en los tanques control y tratamiento, empleando la siguiente fórmula:

En donde IE corresponde al porcentaje de Inhibición de la Emergencia, C1 y T1 corresponden, respectivamente al por-

$$IE(\%) = 100 - \left(\frac{C1}{T1}\right) \times \left(\frac{T2}{C2}\right) \times 100$$

centaje de adultos emergidos en el control y en el tratamiento en la E-Pre, mientras que C2 y T2 corresponden respectivamente al porcentaje de adultos emergidos en el control y tratamiento en la E-Post. Esta fórmula se aplicó a cada uno de los tres tratamientos.

Finalmente, con los resultados obtenidos se estimó la dosis de aplicación óptima de Novaluron 0,2G, la cual correspondió a la concentración mínima del producto con la que se obtuvo el mayor efecto en la inhibición de la emergencia. Esta dosis es la sugerida a ser empleada en programas rutinarios de control vectorial.

Consideraciones éticas. Se firmó un consentimiento informado con cada una de las personas responsables de las viviendas que fueron parte del estudio. Se informó con claridad en que no había ninguna consecuencia en salud por la tenencia de tanques ya que no se permitirá la emergencia de los mosquitos en el lugar de residencia.

Adicionalmente, se marcaron los tanques con un cartel indicando el tipo de estudio que se estaba realizando, esto con el fin de evitar que fueran intervenidos a través de las campañas anti-dengue que realiza la secretaria de salud del municipio.

Resultados

Fluctuación temporal de la abundancia de *A. aegypti* colectados durante las E-Pre y E-Post aplicación de Novaluron 0,2G: La evaluación del producto en la E-Post se realizó por 10 semanas, tiempo en el cual se observó que los valores en la emergencia del vector en los tanques tratamiento fueron similares a los del control y se inició la evaluación del producto. Durante el estudio se colectaron 10.321 mosquitos, de los cuales el 98,3% correspondió a *A. aegypti*. El bajo porcentaje restante fue identificado como *Culex* spp.; y no mostró un patrón particular de distribución espacial y/o temporal, por lo que la inhibición en la emergencia y demás información registrada solo fue analizada para *A. aegypti*.

Se observó que la abundancia de pupas de *A. aegypti* varió a través del tiempo entre las diferentes viviendas evaluadas, e incluso, entre los diferentes tanques de una misma vivienda. Sin embargo, el análisis de la información permitió detectar que la cantidad de mosquitos colectados durante la E-Post fue

mayor que durante la E-Pre, pero solo para los tanques control y la menor formulación de Novaluron evaluada. Diferente sucedió con las concentraciones superiores, en donde las mayores cantidades de los mosquitos emergidos se observaron en la E-Pre (Tabla 1).

Tabla 1. Media geométrica e intervalos de confianza (95%) de la cantidad de mosquitos provenientes de los tanques control y tratamientos con Novaluron 0,2G.

Tanque	Etapa Pre aplicación			Etapa Post aplicación		
	MG	IC-	IC+	MG	IC-	IC+
Tanque Control	1,66 ^{adf}	1,38	1,97	2,33 ^{bc}	2,01	2,68
C1: 0,146mg/L	2,11 ^{ab}	1,80	2,45	2,84 ^c	2,46	3,27
C2: 0,292mg/L	1,43 ^{def}	1,20	1,68	1,05 ^{ef}	0,88	1,23
C3: 0,584mg/L	1,84 ^{abd}	1,54	2,17	1,20 ^f	1,01	1,41

MG: Media Geométrica. IC: intervalos de Confianza del 95%. Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa p < 0,05.

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y el control cuando se compararon las E-Pre y E-Post. En particular, se observó que con las concentraciones dos y tres de Novaluron evaluadas, 0,292mg/L y 0,584 mg/L respectivamente, redujeron la cantidad de mosquitos emergidos en la etapa posterior a la aplicación del producto (Tabla 1).

Cuando se analizó la dinámica temporal del efecto de Novaluron sobre la emergencia de *A. aegypti*, se observó una fuerte fluctuación semanal en las densidades de mosquitos para los tanques control y tratamientos. No obstante, en las primeras semanas de aplicación del producto se registró una disminución inmediata en la cantidad de mosquitos emergidos. Este efecto fue más notorio para las mayores concentraciones evaluadas, pero luego de ocho a 10 semanas del tratamiento de los tanques con Novaluron, se observó que las densidades de mosquitos alcanzaron valores similares a los registrados en los tanques control (Figura 1).

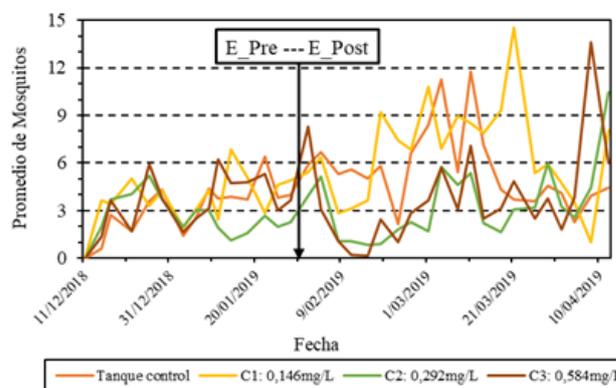


Figura 1. Fluctuación temporal del promedio de mosquitos *A. aegypti* colectados durante las etapas Pre y Post aplicación de Novaluron 0,2G en los tanques control y tratamiento en condiciones naturales.

Comparación del porcentaje de Inhibición de la Emergencia de *A. aegypti* entre los diferentes tratamientos evaluados: El análisis de la inhibición de la emergencia permitió observar que a la segunda semana de aplicado el producto, se logró una reducción en la emergencia de *A. aegypti* cercana al 100%, con la mayor concentración evaluada (0,584mg/L). Para las demás concentraciones (0,292 y 0,146mg/L), el porcentaje de

inhibición de la emergencia para la semana dos fue 79 y 45%, respectivamente (Fig. 2).

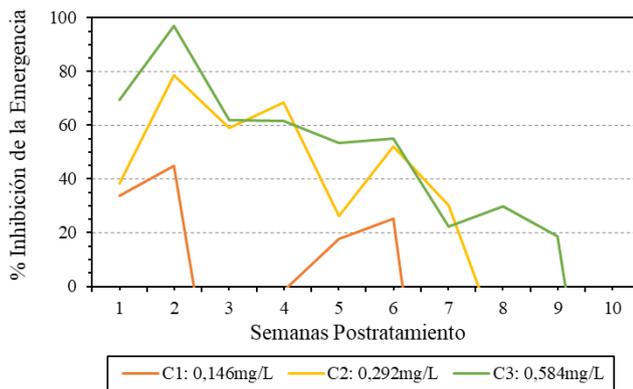


Figura 2. Efecto de Novaluron 0,2G sobre la Inhibición de la emergencia de *A. aegypti* en condiciones naturales

También se observó que el efecto inhibitorio del producto disminuyó paulatinamente. Para la menor concentración evaluada, el producto mostró una eficacia cercana a un mes, mientras que, para la mayor concentración, el efecto de Novaluron sobre la emergencia de *A. aegypti* se registró hasta la semana nueve post aplicación del producto. Coherentemente, el tratamiento intermedio mostró una inhibición de la emergencia cercana a dos meses (Figura 2).

Discusión

El IRC Novaluron 0,2G demostró un gran potencial como insecticida para el control de *A. aegypti* en condiciones de terreno, incluso en concentraciones tan bajas como 0,584 mg/L.

Novaluron es una benzoil-fenilurea, que afecta el desarrollo adecuado de los estados inmaduros de los insectos, actúa como inhibidor de la síntesis de quitina, esto lleva finalmente a la muerte del insecto (Farnesi et al. 2012), mediante pruebas de biotoxicidad en larvas de *A. aegypti*. Fiaz et al. (2021) demostraron que Novaluron es tóxico para las larvas con una CL50 de 18,57 mg/L. Para el presente estudio se evidenció que la mortalidad de las larvas fue mayor al 80%, tanto en la concentración de 0,292mg/L como en la de 0,584mg/L. Estas concentraciones son extremadamente bajas si se comparan con las concentraciones de otros productos como temefos, del cual se recomienda una dosis de 100 mg/L de agua (Bang et al. 1972), aunque el modo de acción es diferente, se permite comparar las dosis aplicadas.

Los resultados del presente estudio son comparables con los obtenidos por Marina et al. (2020) en México, en donde evaluaron la eficacia de tres larvicidas, uno de ellos Novaluron, para el control de *A. aegypti* en tanques de agua doméstica, encontrando que Novaluron fue efectivo entre siete y 12 semanas post aplicación, mientras que los demás productos evaluados solo presentaron efectividad por un tiempo no mayor a tres semanas, además durante el tiempo de evaluación se observó que en los tanques que contenían Novaluron, la proporción de larvas encontradas fue menor a la observada en los otros tratamientos, también se pueden comparar con los resultados obtenidos en Sri Lanka, en donde evaluaron la efectividad de Novaluron en ovitrampas para *A. aegypti* y reportaron una mortalidad del 100% a una concentración de 2

ppm, respecto a las ovitrampas no tratadas con el producto y un efecto residual de 28 días (Withanage et al. 2020), en Bahía, Brasil, también en evaluaciones realizadas bajo condiciones simuladas de campo se encontró que la utilización de Novaluron llevo al 97% de mortalidad de las larvas del vector y además se evidenció que el efecto residual del producto supero los 45 días (Fonseca et al. 2019).

Otros estudios donde se evaluó la eficacia de Novaluron en contenedores en zonas urbanas, reportaron que el producto fue efectivo, alcanzando diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de inhibición de la emergencia de *A. aegypti* de los tratamientos evaluados respecto a los controles (Quimbayo et al. 2019). Además, la concentración de 0,584mg/L evaluada en el presente estudio puede ser comparada con lo reportado en México, donde luego de evaluaciones de laboratorio y de campo determinaron que una dosis adecuada de Novaluron para mosquitos que se reproducen en criaderos artificiales fue de 0,55mg/L (Arredondo-Jiménez et al. 2006).

En el presente estudio también se observó que la efectividad de Novaluron disminuyó paulatinamente a medida que pasó el tiempo. Estos resultados pueden compararse con los hallazgos de Gunathilaka et al. (2020), quienes aplicaron el producto en axilas de plantas de piña, hábitats naturales para *A. aegypti* en Sri Lanka, observando mortalidades del 100% en la primera semana de aplicación de Novaluron, pero 12 semanas después la mortalidad se redujo al 34%. Es posible que la pérdida de efectividad de Novaluron puede estar relacionada con la degradación del ingrediente activo causado por la exposición a la luz ultravioleta y al nivel de descomposición orgánica del agua (Anipsitakis et al. 2003).

Desde 1972 la OMS recomienda a las autoridades de salud pública el uso de temefos para el control de larvas de *A. aegypti* (Bang et al. 1972), pero se ha demostrado que este producto disminuye significativamente su efectividad luego de la primera semana de aplicación (Saeung et al. 2020), y se ha reportado resistencia de las poblaciones de *A. aegypti* a este larvicida en varios países (Llinas et al. 2010; Ocampo et al. 2011; Ikawiti et al. 2017). Mientras que para el caso de Novaluron, se ha indicado que, debido a su especificidad, las poblaciones de *A. aegypti* son susceptibles a este IRC (Lau et al. 2015). Además, en el presente estudio se evidenció que el efecto residual de Novaluron 0,2G puede ser hasta por nueve semanas post aplicación, por lo que este IRC tendría un mejor desempeño para el control vectorial que otros insecticidas. En este sentido, Novaluron también es recomendada por la WHO (2009) como larvicida para la aplicación en criaderos temporales, aguas contaminadas y almacenamiento de agua no potable.

Además de lo anterior, los IRC como Novaluron tienen varias ventajas sobre otros productos utilizados para el control de vectores. Algunas de estas ventajas se relacionan con su bajo impacto sobre los ecosistemas, por lo que son considerados amigables con el medio ambiente. Además, se ha evidenciado que son altamente específicos, es decir no afectan a especies diferentes a mosquitos, que puedan compartir hábitats acuáticos con los vectores (Pener et al. 2012), otra ventaja a tener en cuenta es que hasta el momento no se han tenido reportes de resistencia a IRC como Novaluron (Gunathilaka et al. 2020).

Una ventaja adicional de Novaluron es que ha demostrado ser efectivo en el control de otras especies de mosquitos como *Culex* spp. En particular se observó que este IRC controló

efectivamente larvas de *Culex quinquefasciatus* (Say, 1863) en drenajes y pozos abandonados, por cerca de 10 semanas (Jambulingam et al. 2009), estudios recientes demuestran que también tiene efecto positivo para el control de la especie *A. albopictus*, además de otras especies de importancia médica como *Anopheles* (Lau et al. 2018; Swale et al. 2018; Elia-Amira et al. 2021), los sitios de cría anteriormente mencionados también son frecuentados por *A. aegypti*, por lo que Novaluron podría ser empleado para el control simultáneo de diferentes especies de mosquitos de importancia en salud pública.

Conclusiones

Teniendo en cuenta los resultados del presente estudio, se demostró el potencial de Novaluron 0,2G como un eficiente inhibidor de la emergencia de *A. aegypti*, lo que conllevaría a ser tenido en cuenta en los programas de control de enfermedades como dengue, zika y chikungunya, integrándose a las demás medidas en una estrategia de manejo integrado de vectores.

Agradecimientos

Los autores deseamos expresar nuestro profundo agradecimiento a ADAMA Andina B.V Sucursal Colombia por la financiación de este estudio. A Gaviota Lopera por el apoyo en la recolección de las muestras entomológicas, y a las personas que en el municipio de Carepa permitieron el ingreso a sus viviendas. También nuestros agradecimientos al Grupo Entomología Médica, GEM, de la Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia.

Literatura citada

- ANIPSITAKIS, G. P.; DIONYSIOU, D. D. 2003. Degradation of organic contaminants in water with sulfate radicals generated by the conjunction of Peroxymonosulfate with Cobalt. *Environmental Science & Technology* 37 (20): 4790-4797. <http://dx.doi.org/10.1021/es0263792>
- ARDILA-ROLDÁN, S.; SANTACOLOMA, L.; BROCHERO, H. 2013. Estado de la susceptibilidad a insecticidas de uso en salud pública en poblaciones naturales de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) del departamento de Casanare, Colombia. *Biomédica* 33 (3): 446-458. <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v33i3.1534>
- ARREDONDO-JIMÉNEZ, J. I.; VALDEZ-DELGADO, K. M. 2006. Effect of Novaluron (Rimon® 10 EC) on the mosquitoes *Anopheles albimanus*, *Anopheles pseudopunctipennis*, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* from Chiapas, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology* 20 (4): 377-387. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17199749/>
- BANG, Y. H.; PANT, C. P. 1972. A field trial of Abate larvicide for the control of *Aedes aegypti* in Bangkok, Thailand. *Bulletin of the World Health Organization* 46 (3): 416-425. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/263436>
- BHATIA, M. S.; GAUTAM, P.; JHANJEE, ANURAG. 2015. Psychiatric Morbidity in patients with Chikungunya fever: First report from India. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 9 (10): VC01-VC03. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4625314/>
- CASTRILLÓN, J. C.; CASTAÑO, J. C.; URCUQUI, S. 2015. Dengue en Colombia: diez años de evolución. *Revista Chilena de Infectología* 32 (2): 142-149. <http://dx.doi.org/10.4067/s0716-10182015000300002>
- CONDE, M.; ORJUELA, L.; CASTELLANOS, C.; HERRERA-VARELA, M.; LICASTRO, S.; QUIÑONES, M. 2015.

- Evaluación de la sensibilidad a insecticidas en poblaciones de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) del departamento de Caldas, Colombia, en 2007 y 2011. *Biomédica* 35 (1): 43-52. <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i1.2367>
- CUEVAS, E. L, TONG, V. T.; ROZO, N.; VALENCIA, D.; PACHECO, O.; GILBOA, S. M.; MERCADO, M.; RENQUIST, C. M.; GONZÁLEZ, M.; RICO TURCA, A. M.; CALLES, D. L.; AYALA, M.; MORGAN, P.; TOLOSO PEREZ, E. N.; QUIJADA BONILLA, H.; CACERES GOMEZ, R.; ESTUPIÑAN, A. C.; GUNTURIZ, M. L.; MEANY-DELMAN, D.; JAMIESON, D. J.; HONEIN, M. A.; OSPINA MARTÍNEZ, M. L. 2016. Preliminary report of microcephaly potentially associated with Zika virus infection during pregnancy- Colombia, January–November 2016. *MMWR Morbidity and Mortality Weekly Report* 65 (49): 1409-1413. <http://dx.doi.org/10.15585/mmwr.mm6549e1>
- ELIA-AMIRA, N. M. R.; CHEN, C. D.; LOW, V. L.; LAU, K. W.; HAZIQAH-RASHID, A.; AMELIA-YAP, Z. H.; LEE, H. L.; SOFIAN-AZIRUN, M. 2021. Statewide efficacy assessment of insect growth regulators against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in Sabah, Malaysia: An alternative control strategy? *Journal of Medical Entomology* 20 (10): 1-7. <http://dx.doi.org/10.1093/jme/tjab146>
- FARNESI, L. C.; BRITO, J. M.; LINSS, J. G.; PELAJO-MACHADO, M.; VALLE, D.; REZENDE, G. L. 2012. Physiological and morphological aspects of *Aedes aegypti* developing larvae: effects of the chitin synthesis inhibitor Novaluron. *PLoS One* 7 (1): e30363. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030363>
- FAIAZ, M.; MARTÍNEZ, L. C.; PLATA-RUEDA, A.; COSSOLIN, J. F. S.; SERRA, R. S.; MARTINS, G. F.; SERRÃO, J. E. 2021. Behavioral and ultrastructural effects of novaluron on *Aedes aegypti* larvae. *Infection, Genetics and Evolution* 93: 104974. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meegid.2021.104974>
- FONSECA, E. O. L.; MACORIS, M. L. D. G.; SANTOS, R. F. D.; MORATO, D. G.; ISABEL, M. D. S. S.; CERQUEIRA, N. A.; MONTE-ALEGRE, A. F. 2019. Experimental study on the action of larvicides in *Aedes aegypti* populations collected in the Brazilian municipality of Itabuna, Bahia, under simulated field conditions. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* 28 (1): e2017316. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742019000100004>
- GUNATHILAKA, N.; RANATHUNGA, T.; HETTIARACHCHI, D.; UDAYANGA, L.; ABEYEWICKREME, W. 2020. Field-based evaluation of Novaluron EC10 insect growth regulator, a chitin synthesis inhibitor against dengue vector breeding in leaf axils of pineapple plantations in Gampaha District, Sri Lanka. *Parasites & Vectors* 13 (228). <http://dx.doi.org/10.1186/s13071-020-04109-y>
- IBM Corp. 2017. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 25.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- IKAWATI, B.; SUNARYO.; WAHYUDI, B. F. 2017. *Aedes aegypti* resistance to Temephos in Central Java, Indonesia. *Advanced Science Letters* 23 (4): 3544-3546. <http://dx.doi.org/10.1166/asl.2017.9163>
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. 2017. Protocolo de vigilancia en salud pública. Dengue. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Dengue/7.%20Dengue%20PROTOCOLO.pdf>. Fecha revisión: 5 de octubre 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. 2019. Boletín epidemiológico semanal. Semana Epidemiológica 52 2019. Disponible en: https://www.ins.gov.co/busador-eventos/BoletinEpidemiologico/2019_Boletin_epidemiologico_semana_52.pdf. [Fecha revisión: 1 de julio 2020].
- JAMBULINGAM, P.; SADANANDANE, C.; NITHIYANANTHAN, N.; SUBRAMANIAN, S.; ZAIM, M. 2009. Efficacy of Novaluron against *Culex quinquefasciatus* in small- and medium-scale trials, India. *Journal of the American Mosquito Control Association* 25 (3): 315-322. <http://dx.doi.org/10.2987/08-5806.1>
- KOURI, G. 2006. El dengue, un problema creciente de salud en las Américas. *Revista Cubana de Salud Pública* 19 (3): 145-143. <http://dx.doi.org/10.1590/s1020-49892006000300001>

- LAU, K. W.; CHEN, C. D.; LEE, H. L.; NORMA-RASHID, Y.; SOFIAN-AZIRUN, M. 2015. Evaluation of insect growth regulators against field-collected *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) from Malaysia. *Journal of Medical Entomology* 52 (2): 199-206. <http://dx.doi.org/10.1093/jme/tju019>
- LAU, K. W.; CHEN, C. D.; LEE, H. L.; LOW, V. L.; SOFIAN-AZIRUN, M. 2018. Bioefficacy of insect growth regulators against *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) from Sarawak, Malaysia: A statewide survey. *Journal of Economic Entomology* 111 (3): 1388-1394. <http://dx.doi.org/10.1093/jeet/toy071>
- LLINÁS, G. A.; SECCACINI, E.; GARDENAL, C. N.; LICASTRO, S. 2010. Current resistance status to temephos in *Aedes aegypti* from different regions of Argentina. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 105 (1): 113-116. <http://dx.doi.org/10.1590/s0074-02762010000100019>
- MARINA, C. F.; BOND, J. G.; MUÑOZ, J.; VALLE, J.; QUIROZ-MARTÍNEZ, H.; TORRES-MONZÓN, J. A.; WILLIAMS, T. 2020. Comparison of Novaluron, pyriproxyfen, spinosad and temephos as larvicides against *Aedes aegypti* in Chiapas, Mexico. *Salud Pública de México* 62 (4): 424-431. <http://dx.doi.org/10.21149/10168>
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL; INSTITUTO NACIONAL DE SALUD; ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (MPS/INS/OPS). 2008. Disponible en: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=publicaciones-ops-oms-colombia&alias=432-guia-dengue-210310&Itemid=688. [Fecha revisión: 16 de julio 2020].
- MULLA, M. S.; DARWAZEH, H. A.; LEE NORLAND, R. 1974. Insect growth regulators: Evaluation procedures and activity against mosquitoes. *Journal of Economic Entomology* 67 (3): 329-332. <http://dx.doi.org/10.1093/jeet/67.3.329>
- NWANKWO, E.; OKONKWO, N.; OZUMBA, N.; OKAFOR, E. 2011. Comparative studies on the larvicidal action of Novaluron (Mosquiron® 100EC) and *Moringa oleifera* (LAM) seed oil against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae. *African Research Review* 5 (1): 424-437. <http://dx.doi.org/10.4314/afrev.v5i1.64539>
- OCAMPO, C. B.; SALAZAR-TERREROS, M. J.; MINA, N. J.; MCALLISTER, J.; BROGDON, W. 2011. Insecticide resistance status of *Aedes aegypti* in 10 localities in Colombia. *Acta Tropica* 118 (1): 37-44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.01.007>
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS). 2017. Respuesta mundial para el control de vectores 2017- 2030. Documento de contexto para informar las deliberaciones de la Asamblea Mundial de la Salud en su 70.ª reunión. Disponible en: https://www.who.int/malaria/areas/vector_control/Draft-WHO-GVCR-2017-2030-esp.pdf?ua=1. [Fecha revisión: 15 de julio del 2020].
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). 2020. Actualización epidemiológica dengue. Disponible en: <https://www.paho.org/sites/default/files/2020-02/2020-feb-7-phe-actualizacion-epi-dengue.pdf>. [Fecha revisión: 1 de julio del 2020].
- PADILLA, J. C.; LIZARAZO, F. E.; MURILLO, O. L.; MENDIGAÑA, F. A.; PACHÓN, E.; VERA, M. J. 2017. Epidemiología de las principales enfermedades transmitidas por vectores en Colombia, 1990-2016. *Biomédica* 37 (Sup2): 27-40. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v37i0.3769>
- PADILLA, J. C.; ROJAS, D. P.; SAENZ-GOMEZ, R. 2012. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INV/Dengue%20en%20Colombia.pdf> [Fecha revisión: 15 de julio 2020].
- PENER, M. P.; DHADIALLA, T. S. 2012. An overview of insect growth disruptors; Applied aspects. *Advances in Insect Physiology* 1-162. <http://dx.doi.org/10.1016/b978-0-12-391500-9.00001-2>
- QUIMBAYO, F. M.; PÉREZ-PÉREZ, J.; RODRÍGUEZ-GAVIRIA, P. A.; AMAYA, J. D.; RÚA-URIBE, G. L. 2019. Evaluación de la eficacia de Novaluron 0,2 % GR para el control de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera). *Revista Colombiana de Entomología* 45 (1): e7812. <http://dx.doi.org/10.25100/socolen.v45i0.7812>
- RINCÓN-SILVA, N. G.; RINCÓN SILVA, J. D. 2016. Impacto general de las fiebres del Zika y Chikungunya en Colombia y América del Sur: Análisis general de los virus y su importancia. *Bio-ciencias* 11 (2): 77i95. <http://dx.doi.org/10.18041/2390-0512/bioc..2.2566>
- SAEUNG, M.; NGOEN-KLAN, R.; THANISPONG, K.; MUENWORN, V.; BANGS, M. J.; CHAREONVIRIYAPHAP, T. 2020. Susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) to Temephos in Thailand and surrounding countries. *Journal of Medical Entomology* 57 (4): 1207-1220. <http://dx.doi.org/10.1093/jme/tjaa035>
- SWALE, D. R.; LI, Z.; KRAFT, J. Z.; HEALY, K.; LIU, M.; DAVID, C. M.; LIU, Z.; FOIL, L.D. 2018. Development of an autodissemination strategy for the deployment of novel control agents targeting the common malaria mosquito, *Anopheles quadrimaculatus* Say (Diptera: Culicidae). *PLOS Neglected Tropical Diseases* 12 (4): e0006259. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0006259>
- SECRETARIA DE SALUD MUNICIPAL DE CAREPA ANTIOQUIA. 2016. Plan territorial de salud del municipio de Carepa. Fecha de consulta. 5 de octubre 2020. Disponible en: <https://www.carepa-antioquia.gov.co/NuestraAlcaldia/EvaluacionAcuerdosGestion/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20CON%20ANEXOS.pdf>
- SHEPARD, D. S.; UNDURRAGA, E. A.; HALASA, Y. A.; STANAWAY, J. D. 2016. The global economic burden of dengue: a systematic analysis. *The Lancet Infectious Diseases* 16 (8): 935-941. [http://dx.doi.org/10.1016/s1473-3099\(16\)00146-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1473-3099(16)00146-8)
- WITHANAGE, G. P.; VISWAKULA, S. D.; GUNAWARDENE, Y. S.; HAPUGODA, M. D. 2020. Use of Novaluron-based autocidal gravid ovitraps to control *Aedes* Dengue vector mosquitoes in the District of Gampaha, Sri Lanka. *BioMed Research International* 1-9. <https://doi.org/10.1155/2020/9567019>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2009. Dengue: guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control. Geneva: World Health Organization. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44188> [Fecha revisión: 15 de junio 2020]
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 2012. Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020. Disponible en: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/75303/9789241504034_eng.pdf [Fecha revisión: 30 de junio 2020].
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. DIVISION OF VECTOR BIOLOGY AND CONTROL. 1981. Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/69615>. [Fecha revisión: 11 de julio 2020].

Origen y financiación

Este estudio fue un proyecto de investigación para evaluar la eficacia de Novaluron en condiciones de campo y fue financiado por ADAMA Andina B.V Sucursal Colombia.

Contribuciones de los autores

Marcela Quimbayo, F.: Investigación, curación de datos, análisis formal, metodología, escritura, revisión y edición.

Juan, D. Amaya: Administración del proyecto, suministro del recurso y validación, revisión y edición.

Guillermo, L. Rúa-Uribe: Conceptualización, análisis formal, escritura, revisión y edición.

Conflictos de interés

Los autores declaramos no tener conflictos de intereses.