

Adriana E. Flores-Suárez y Selene M. Gutiérrez-Rodríguez

# Cuando los insecticidas dejan de funcionar: el control de los mosquitos en riesgo

## Resumen

El control químico ha sido una herramienta importante para reducir la transmisión de dengue, zika y chikungunya. Sin embargo, el uso repetido de insecticidas favorece la aparición de resistencia y reduce su eficacia. Comprender este proceso adaptativo es clave para promover estrategias integradas y sostenibles que fortalezcan el control vectorial y protejan la salud pública.

## Abstract

Chemical control has been a key tool in reducing the transmission of dengue, Zika, and chikungunya. However, repeated insecticide use promotes resistance and diminishes its effectiveness. Understanding this adaptive process is essential to advance integrated and sustainable strategies that strengthen vector control and protect public health.

**D**urante décadas, el control de mosquitos ha sido una de las principales estrategias para reducir la transmisión de enfermedades como el dengue, zika y chikungunya. En muchas regiones del mundo, y particularmente en América Latina, estas enfermedades representan un problema persistente de salud pública debido a la amplia distribución de los mosquitos vectores y a su estrecha relación con los entornos urbanos y domésticos (**Figura 1**). Frente a este escenario, los insecticidas se consolidaron como una herramienta rápida y eficaz para disminuir las poblaciones de mosquitos y reducir el riesgo de transmisión.

El uso de insecticidas ofreció, durante mucho tiempo, resultados visibles. La aplicación de larvicidas permitió controlar el desarrollo de los mosquitos en recipientes con agua, mientras que los adulticidas se emplearon para reducir de manera inmediata las poblaciones adultas durante brotes epidémicos (**Figura 2**). Estas intervenciones químicas se integraron a los programas de control vectorial y se convir-

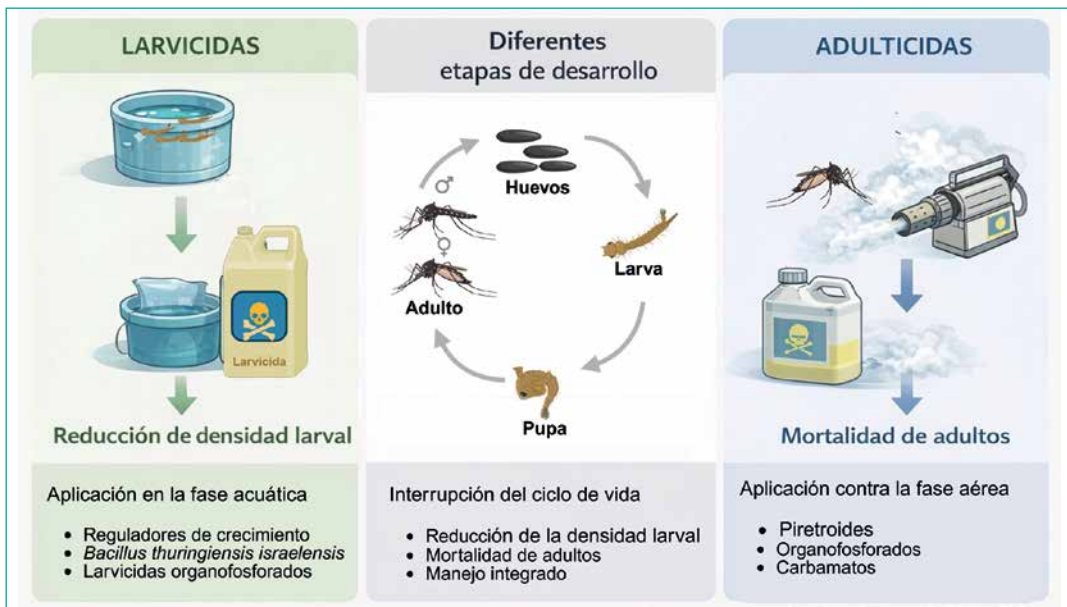




**Figura 1.** El mosquito en el entorno doméstico. Los mosquitos vectores se desarrollan en recipientes con agua presentes dentro y alrededor de las viviendas, lo que favorece su cercanía con la población humana y dificulta su control en entornos urbanos y periurbanos. Ilustración creada con BioRender.

tieron en una respuesta habitual ante el aumento de casos, reforzando la percepción de que los insecticidas eran la solución principal para enfrentar el problema.

Sin embargo, el éxito inicial del control químico también trajo consigo una fuerte dependencia de estas herramientas. En muchos contextos, el control de



**Figura 2.** El uso de insecticidas en el control de mosquitos. El control químico se basa en la aplicación de larvicidas y adulticidas para reducir las poblaciones de mosquitos en sus diferentes etapas de desarrollo, una estrategia ampliamente utilizada en los programas de control vectorial. Ilustración creada con BioRender.

mosquitos se apoyó casi exclusivamente en la aplicación repetida de insecticidas, dejando en segundo plano otras medidas preventivas. Con el tiempo, esta estrategia comenzó a mostrar señales de desgaste: los tratamientos parecían menos efectivos y los mosquitos reaparecían con mayor rapidez tras cada aplicación.

Este fenómeno no ocurrió de manera repentina ni fue el resultado de fallas aisladas en la aplicación de insecticidas. Por el contrario, está relacionado con un proceso biológico natural que ocurre en todas las poblaciones de organismos vivos: la capacidad de adaptarse a las condiciones del entorno. En el caso de los mosquitos, la exposición constante a insecticidas favoreció la supervivencia de los individuos capaces de tolerar sus efectos, lo que dio lugar a poblaciones cada vez más difíciles de controlar.

La resistencia a los insecticidas se ha convertido en uno de los principales retos para los programas de control vectorial. Su aparición compromete la eficacia de las estrategias tradicionales y obliga a replantear la forma en que se enfrentan las enfermedades transmitidas por mosquitos. Comprender cómo surge este fenómeno y cuáles son sus implicaciones resulta fundamental para avanzar hacia enfoques más sostenibles y efectivos para la protección de la salud pública.

### ■ ¿Qué es la resistencia a los insecticidas y cómo se desarrolla?

■ A primera vista, los mosquitos parecen organismos simples y homogéneos. Sin embargo, como ocurre en cualquier población de seres vivos, existen diferencias naturales entre los individuos. Estas variaciones, aunque pequeñas, pueden marcar una gran diferencia cuando los mosquitos se enfrentan repetidamente a la misma presión externa, como la exposición a un insecticida.

Cuando se aplica un insecticida, la mayoría de los mosquitos susceptibles muere, pero algunos individuos logran sobrevivir. Esta supervivencia no ocurre por azar ni porque el mosquito “aprenda” a resistir, sino porque ya posee características biológicas que le permiten tolerar mejor el efecto de la sustancia. Al reproducirse, estos mosquitos transmiten dichas características a su descendencia, lo que provoca que, con el tiempo, aumente la proporción de individuos resistentes en la población (**Figura 3**).

Este proceso es comparable con el que ocurre con el uso repetido de antibióticos en bacterias. Al inicio, el tratamiento es eficaz, pero si se utiliza de forma constante y sin cambios, las bacterias resistentes sobreviven y se multiplican. De manera similar, en el caso de los mosquitos, la aplicación continua de



**Figura 3.** Desarrollo de la resistencia a insecticidas en poblaciones de mosquitos. La aplicación repetida de insecticidas favorece la supervivencia de individuos con mayor tolerancia, que transmiten esta capacidad a su descendencia, dando lugar, con el tiempo, a poblaciones mayoritariamente resistentes y difíciles de controlar. Ilustración creada con BioRender.



insecticidas selecciona a los individuos capaces de soportar la exposición, lo que hace que el producto pierda progresivamente su eficacia.

Existen distintos mecanismos mediante los cuales los mosquitos pueden desarrollar resistencia. En algunos casos, su organismo es capaz de descomponer o eliminar el insecticida antes de que cause daño; en otros, el sitio donde actúa la sustancia deja de responder de la misma manera. Aunque estos procesos son complejos a nivel biológico, su consecuencia es sencilla: el insecticida ya no cumple su función de control.

La velocidad con la que se desarrolla la resistencia depende de varios factores. Entre ellos se encuentran la frecuencia de uso del insecticida, la duración de su aplicación y el uso repetido de productos con mecanismos de acción similares. Cuando estas condiciones se combinan, la presión de selección se intensifica y la resistencia puede manifestarse en periodos relativamente cortos.

Es importante resaltar que la resistencia no es una falla exclusiva de los programas de control ni una característica “anormal” de los mosquitos. Se trata

de una respuesta adaptativa predecible ante el uso intensivo de insecticidas. Reconocer este proceso permite comprender por qué confiar únicamente en el control químico resulta insuficiente y por qué es necesario replantear las estrategias de control vectorial a largo plazo.

#### ■ ¿Por qué la resistencia a insecticidas es un problema de salud pública?

■ La resistencia a los insecticidas no es sólo un concepto técnico, ni un problema limitado a los laboratorios de investigación. Sus efectos se reflejan directamente en la vida cotidiana de las personas y en la capacidad de los sistemas de salud para prevenir brotes de enfermedades transmitidas por mosquitos. Cuando las poblaciones de vectores dejan de responder a las estrategias de control químico, el riesgo de transmisión aumenta, incluso en contextos donde las acciones de control continúan aplicándose de manera regular.

En muchas ciudades, el problema se vuelve evidente durante la temporada de lluvias. A pesar de



las campañas de control y de la aplicación de insecticidas, los mosquitos reaparecen en poco tiempo alrededor de las viviendas. Desde la perspectiva de la población, esta situación suele generar desconcierto y desconfianza: se fumiga, pero los mosquitos siguen presentes. Esta situación no sólo afecta la credibilidad de las acciones de control, sino que también dificulta la participación comunitaria en las medidas preventivas.

Desde el punto de vista operativo, la resistencia obliga a intensificar las intervenciones. Se incrementa la frecuencia de las aplicaciones, se amplían las áreas tratadas o se recurre a distintos productos para recuperar la eficacia perdida. Estas acciones demandan mayores recursos humanos y económicos que no siempre se traducen en una reducción significativa de las poblaciones de mosquitos. En sistemas de salud con presupuestos limitados, este escenario representa una carga adicional difícil de asumir.

Otro aspecto relevante es que el uso continuo de insecticidas frente a poblaciones resistentes puede generar una falsa sensación de control. Aunque las actividades se mantienen y los esfuerzos son visibles,

el impacto real sobre la densidad del vector puede ser mínimo. Esto complica la evaluación de las estrategias implementadas y limita la capacidad de respuesta ante un aumento repentino de casos, especialmente en zonas densamente pobladas.

La resistencia también afecta la planificación del control vectorial a mediano y largo plazo. Sin información actualizada sobre la susceptibilidad de las poblaciones locales de mosquitos, resulta complicado seleccionar las herramientas más adecuadas, o decidir cuándo es necesario modificar las estrategias. En este sentido, la resistencia a los insecticidas no sólo es un fenómeno biológico, sino también un reto que involucra la gestión, la vigilancia y las políticas públicas orientadas a proteger la salud de la población.

**■ ¿Qué se puede hacer cuando los insecticidas ya no bastan?**

■ Aceptar que los insecticidas tienen límites no implica dejar de utilizarlos, sino integrarlos de manera más estratégica en el control vectorial. Frente al problema de la resistencia, una de las acciones más im-

**Vigilancia entomológica**

Es el monitoreo sistemático de la presencia, abundancia, distribución y comportamiento de los insectos vectores de enfermedades en un lugar determinado.

portantes es la **vigilancia entomológica**, que permite conocer cómo responden las poblaciones locales de mosquitos a los insecticidas disponibles. Contar con esta información evita el uso innecesario de productos que ya no son eficaces y ayuda a tomar decisiones basadas en evidencia, en lugar de repetir esquemas que han perdido efectividad.

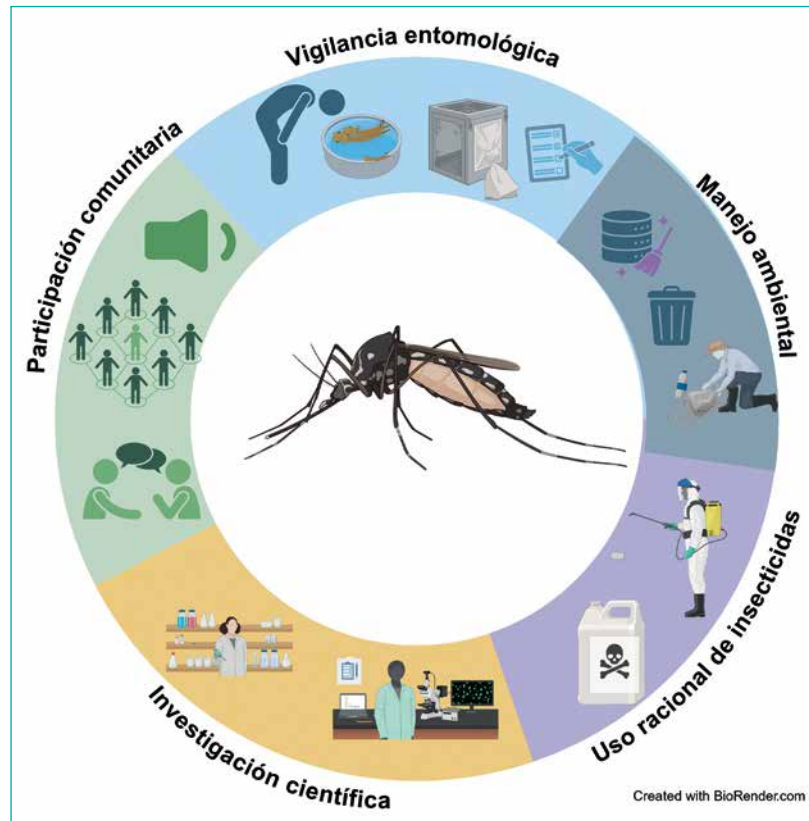
La vigilancia también cumple una función preventiva. Al detectar de manera temprana cambios en la susceptibilidad de los mosquitos, es posible ajustar las estrategias antes de que la resistencia se generalice. Esto permite planificar mejor las intervenciones y reducir el impacto negativo de aplicaciones repetidas que sólo incrementan la presión de selección sobre las poblaciones vectoriales.

Otra estrategia es el manejo integrado de vectores, que propone combinar distintas acciones en lugar de depender exclusivamente del control químico (**Figura 4**). Este enfoque incluye medidas am-

bientales como la eliminación de criaderos, el manejo adecuado del agua almacenada y la reducción de objetos que puedan acumular agua alrededor de las viviendas. Estas acciones, aunque simples, tienen un impacto directo en la reducción de la población de mosquitos y disminuyen la necesidad de recurrir constantemente a los insecticidas.

El control químico, cuando se utiliza como parte del manejo integrado, adquiere un papel más específico y focalizado. En lugar de aplicarse de forma sistemática, los insecticidas se emplean en momentos y lugares donde realmente son necesarios; por ejemplo, ante un aumento de casos o en zonas con alta densidad vectorial. Este uso racional contribuye a prolongar la vida útil de los insecticidas disponibles y a retrasar la aparición de resistencia.

La participación de la comunidad es otro componente clave del control de mosquitos. Muchas de las especies que transmiten enfermedades se reprodu-



**Figura 4.** Manejo integrado para el control de mosquitos. El control vectorial sostenible combina la vigilancia entomológica, el manejo ambiental, el uso racional de insecticidas, la participación comunitaria y la investigación científica, para reducir así la dependencia exclusiva del control químico. Ilustración creada con BioRender.

cen en recipientes domésticos, por lo que las acciones cotidianas en las viviendas y sus alrededores son determinantes. Informar a la población sobre cómo se reproduce el mosquito y qué prácticas favorecen su presencia permite transformar a las personas en actores activos del control vectorial, en lugar de depender únicamente de intervenciones externas.

Finalmente, la investigación científica continúa aportando nuevas herramientas y enfoques para enfrentar la resistencia a los insecticidas. El desarrollo de productos con mecanismos de acción distintos, así como de estrategias basadas en la biología del mosquito, abre nuevas posibilidades para diversificar el control vectorial. Sin embargo, estas alternativas también requieren utilizarse con cautela y dentro de esquemas integrales para evitar que el problema de la resistencia se repita.

### Reflexiones finales

■ La resistencia a los insecticidas es el resultado de un proceso biológico natural acelerado por el uso intensivo y continuo de estas herramientas de control. Aunque los insecticidas han sido y siguen siendo un componente importante del control de mosquitos, confiar exclusivamente en ellos ha demostrado ser insuficiente para enfrentar de manera sostenida las enfermedades transmitidas por vectores.

Comprender por qué los insecticidas dejan de funcionar permite reconocer que el control de mosquitos es un desafío complejo, que no puede resolverse con una sola estrategia. La combinación de vigilancia, manejo integrado, participación comunitaria y generación de conocimiento científico constituye la base para avanzar hacia un control vectorial más efectivo y duradero.

Frente a un escenario en el que los mosquitos continúan adaptándose, la clave no está en buscar soluciones inmediatas, sino en construir estrategias flexibles y basadas en evidencia. Sólo así será posible reducir el impacto de la resistencia a los insecticidas y proteger de manera más eficaz la salud de las poblaciones expuestas a enfermedades transmitidas por mosquitos.

#### **Adriana E. Flores-Suárez**

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

[adriana.floressr@uanl.edu.mx](mailto:adriana.floressr@uanl.edu.mx)

#### **Selene M. Gutiérrez-Rodríguez**

Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León.

[selene.gutierrezrdr@uanl.edu.mx](mailto:selene.gutierrezrdr@uanl.edu.mx)

### **Referencias específicas**

- Berg, H. van den, H. S. da Silva Bezerra, S. Al-Eryani, E. Chanda, B. N. Nagpal *et al.* (2021), "Recent trends in global insecticide use for disease vector control and potential implications for resistance management", *Scientific Reports*, 11:23867.
- OPS (2019), "Estrategia de gestión integrada para la prevención y el control de las enfermedades arbovirales en las Américas", Organización Panamericana de la Salud [en línea]. Disponible en: <https://iris.paho.org/items/c53dcf8e-b18b-4df7-aea7-dbe05cef2ebf>, consultado el 29 de abril de 2026.
- Ranson, H. y N. Lissenden (2016), "Insecticide resistance in African Anopheles mosquitoes: A worsening situation that needs urgent action to maintain malaria control", *Trends in Parasitology*, 32(3):187-196.
- Rivero, A., J. Vézilier, M. Weill, A. F. Read y S. Gandon (2010), "Insecticide control of vector-borne diseases: when is insecticide resistance a problem?", *PLoS Pathogens*, 6(8):e1001000.
- WHO (2017), "Global vector control response 2017-2030", World Health Organization [en línea]. Disponible en: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/68d92417-dd44-437d-bb8b-2befb7bdc732/content>, consultado el 29 de abril de 2026.