

EDUCACIÓN MÉDICA CONTINUA

INNOVACIÓN EN BOLIVIA CON EL CONTROL VECTORIAL DE AEDES AEGYPTI MEDIANTE LA TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL (TIE)

INNOVATION IN BOLIVIA WITH VECTOR CONTROL OF AEDES AEGYPTI USING THE STERILE INSECT TECHNIQUE (SIT)

Dra. Alenka Nicole Tapia Rodríguez* Dra. Lupe Andrea Yañiquez Vedia**

RESUMEN

Las enfermedades virales como el dengue, el zika y la chikungunya, son transmitidas principalmente por el mosquito *Aedes aegypti*, las cuales provocan un problema creciente en la salud pública mundial y en Bolivia.

A falta de tratamientos antivirales específicos y con la limitada eficacia de los métodos tradicionales de control vectorial, como el uso de insecticidas, surge la necesidad de estrategias innovadoras. Dentro de las cuales la Técnica del Insecto Estéril (TIE), recomendada por la Organización Mundial de la Salud, consiste en la liberación de machos esterilizados mediante irradiación. Esta alternativa demostró ser eficaz y amigable con el medio ambiente con resultados positivos en investigaciones de diversos países como Brasil, México, Singapur y Malasia. Finalmente, el artículo destaca la propuesta de Bolivia sobre la implementación del TIE en mosquitos *Aedes aegypti*, a través del Centro Multipropósito de Irradiación con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), consolidando así al país como referente regional en la aplicación pacífica de la energía nuclear para el control vectorial.

Palabras clave. - *Aedes aegypti*, Técnica del Insecto estéril, irradiación, energía nuclear, salud pública.

ABSTRACT

Viral diseases such as dengue, Zika, and chikungunya are primarily transmitted by the mosquito Aedes aegypti, which pose a growing problem for global public health and in Bolivia.

In the absence of specific antiviral treatments and with the limited efficacy of traditional vector control methods, such as the use of insecticides, there arises a need for innovative strategies. Among these, the Sterile Insect Technique (SIT), recommended by the World Health Organization, involves the release of males sterilized through irradiation. This alternative has proven to be effective and environmentally friendly, with positive results in studies conducted in various countries such as Brazil, Mexico, Singapore, and Malaysia.

Finally, the article highlights Bolivia's proposal to implement SIT in Aedes aegypti mosquitoes through the Multipurpose Irradiation Center, supported by the International Atomic Energy Agency (IAEA), thus establishing the country as a regional reference in the peaceful application of nuclear energy for vector control.

Keywords. - *Aedes aegypti*, Sterile Insect Technique, irradiation, nuclear energy, public health.

* Médico cirujano general. Diplomado en Metodología de la Investigación y Bioestadística en Salud
<https://orcid.org/0009-0006-5258-592X>

Correspondencia: alentakapiarodriguez@gmail.com

** Médico cirujano general Diplomado en Educación Superior
<https://orcid.org/0009-0009-5407-1561>

Correspondencia: lupeyaniquez@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Entre las enfermedades virales, como ser el dengue, zika y chikungunya son transmitidas por el vector *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* los cuales implican serios problemas para la salud pública global. La incidencia del dengue ha aumentado de manera drástica en los últimos años, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2024 se registró el mayor número de casos en la historia con más de 14,6 millones de casos de dengue y más de 12 000 muertes notificadas afectado así a más de 100 países.⁽¹⁾

Con la inexistencia de una vacuna viable hasta el momento para prevenir el dengue, y dado que no existe un tratamiento antiviral específico, los esfuerzos se centran en el control de la población de los mosquitos, es así que la mayoría de los programas se basa en el uso de insecticidas y control de criaderos. A pesar de esto los resultados no muestran mejoría y se añaden las desventajas producidas por el uso indiscriminado de insecticidas que puede llegar a provocar daño en el medio ambiente y en la salud de la población teniendo como el peor de los escenarios el cáncer.⁽²⁾

Además, la aplicación de tecnología innovadora es recomendación en muchos países por la OMS. Por ello, la técnica del insecto estéril (TIE) es una de las estrategias sostenibles para el control de vectores de enfermedades, en la cual se liberan machos esterilizados por irradiación interrumpiendo así el ciclo reproductivo del *Aedes aegypti* provocando así una reducción de la población silvestre.

El proyecto de instalación de un reactor nuclear en Bolivia, abre las puertas de la aplicación del TIE en nuestro país, teniendo en cuenta que Bolivia es un país endémico de dengue se puede discutir la viabilidad y beneficios de esta técnica innovadora.

MÉTODOS

Este trabajo de revisión narrativa, se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas como PubMed, SciELO y Google Scholar, utilizando los términos: “*Aedes aegypti*”, “Técnica del insecto estéril”, “Bolivia” y “control vectorial”. Se priorizaron publicaciones comprendidas entre los años 2010 y 2025, así como documentos técnicos emitidos por organismos nacionales e internacionales, incluyendo la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), y ABEN. La selección de fuentes

se basó en su relevancia científica, actualidad y aplicabilidad al contexto boliviano. No se aplicaron restricciones de idioma, siempre que el contenido fuera accesible y pertinente.

HISTORIA

Aedes aegypti y *Aedes albopictus* son vectores que representan un riesgo para la salud humana, por esto la Organización Mundial de la Salud ha hecho hincapié en la necesidad de encontrar alternativas a los insecticidas químicos.⁽³⁾ Para controlar la propagación de estos vectores de patógenos arbovirales, los enfoques basados en la técnica del insecto estéril (TIE) constituyen un complemento eficaz a los métodos actualmente disponibles. Originalmente fue concebida para la erradicación de especies de plagas agrícolas, y se propuso por primera vez para especies vectores hace más de 50 años.⁽⁴⁾

TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL (TIE/SIT) PARA AEDES AEGIPTY

La técnica del insecto estéril (TIE) es un método de control de plagas de insectos que usa radiación ionizante (rayos gamma o rayos X), para esterilizar a los machos de *Aedes aegypti* en su estadio de pupa.

Este proceso inicia con la cría masiva de insectos de huevo hasta pupa, posteriormente se separa de manera mecánica las hembras de los machos tomando en cuenta que las pupas machos son ligeramente más pequeñas que las hembras, se irradian solo a los machos.⁽³⁾ Las radiaciones ionizantes interrumpen el ciclo reproductivo del organismo objetivo afectando directamente a los espermatozoides, haciéndolos incapaces de reproducirse y una vez que lleguen a la adultez liberarlos al ambiente.^(3,4) Una vez liberados al ambiente los mosquitos machos estériles irradiados compiten para aparearse con hembras silvestres, por lo cual, al ser estériles producen prole no viable^(5,6) (ver Figura 1).

Al contrario de lo que se piensa, esta es una técnica amigable con el medio ambiente, los insectos irradiados no se vuelven radiactivos, no generan malformaciones que representen un riesgo para el humano o su entorno. La radiación ionizante (cobalto-60 o aceleradores de electrones) que se utiliza es cuidadosamente controlada, se emplean rayos gamma que dañan el material genético de los espermatozoides.^(5,6)

Actualmente, la técnica de insectos estériles se está probando para controlar el dengue en varios países.⁽⁷⁾

Figura 1: Producción y liberación de Aedes aegypti esterilizados mediante la Técnica del Insecto Estéril (TIE)

Fuente: Tomado de OIEA, Control de plagas de insectos mediante radiación: Técnica del insecto estéril (TIE), s.f.

TRANSPORTE DE INSECTOS ESTÉRILES

Tras realizar la esterilización de los insectos, estos son transportados cuidadosamente a su lugar de liberación. El transporte es un paso crucial porque los insectos son frágiles y sensibles a los cambios de temperatura y al estrés físico, por lo cual para mantener su viabilidad se debe cumplir con diversas condiciones: ^(8,9)

• Procedimiento de enfriamiento

El día de la radiación los insectos son trasladados a cámaras frigoríficas de 4° a 5°C para mantener su viabilidad y para su transporte necesitan temperaturas en un rango de 8° a 15° C según la guía de la FAO/IAEA. También se necesita controlar un rango de humedad del 70-75%. ^(9,10)

• Empaquetamiento/Compactación

Un empaquetamiento adecuado de los insectos ayuda a reducir los daños físicos, mejorando así la supervivencia en su transporte, se usan cajas aislantes con hielo para mantener una temperatura cerca de los 10 °C. ^(9,10)

• Método para transportar

- o Transporte terrestre: se utilizan vehículos acondicionados con aislantes térmicos, refrigeración y contenedores con buena ventilación.
- o Transporte aéreo: este transporte puede ser por avionetas o drones, en el cual se libera a los insectos a una adecuada temperatura y altura. ^(8,9,10)

• Indicadores de seguimiento

Los machos estériles son marcados con polvos fluorescentes, esto nos sirve para saber la dispersión, supervivencia y el éxito reproductivo del insecto. Esta técnica permite modificar y ajustar los parámetros operativos para el éxito del programa. ^(9,10)

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas ^(11,12)

- La TIE es un método de control de insectos específico para cada especie, no usa insecticidas, y no es ambientalmente contaminante.
- Esta técnica provoca una disminución del potencial reproductivo y posteriormente la eliminación o supresión local de la población de la plaga.
- El riesgo de resistencia, aunque teóricamente es posible, se ha observado en muy raras ocasiones en los más de 50 años de historia. Tampoco genera mutaciones ni transforma al insecto en un vector radiactivo.
- Los programas basados en esta técnica son bastante sostenibles
- Son menos invasivos que los demás métodos similares, además no requiere acceso a los hogares.

Desventajas ^(11,12)

- Una limitación es la especificidad que a pesar de ser vista como atractiva en un medio ambiental en el caso del control de varias especies de vectores simultáneos no tiene efecto.
- Nunca se podría conseguir que los machos estériles estuvieran en el lugar correcto en el momento correcto para realizar el trabajo
- El tiempo para ver el efecto de esta técnica se da posterior a la primera generación entonces no es inmediato.
- No es adecuado para la protección individual como ser de (viajeros, transeúntes, nómadas o soldados que se desplazan a través de una nueva zona)
- La disponibilidad de recursos,

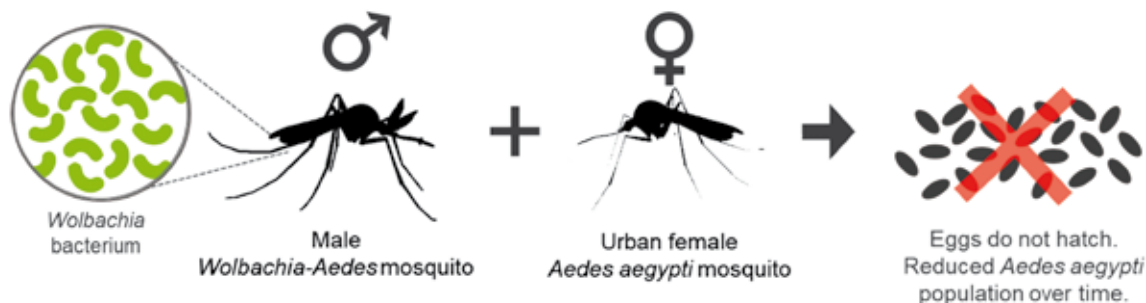
infraestructura, voluntad política, personal capacitado, etc. No siempre está presente lo cual puede ser un impedimento para aplicar la técnica de manera adecuada y lograr un programa exitoso.

OTRAS TÉCNICAS

- **La Técnica del Insecto Incompatible (IIT)**

En esta técnica se utiliza a la *Wolbachia pipientis* la cual es una bacteria endosimbiótica (organismo que vive dentro del cuerpo o célula de otro organismo) diversa y ubicua de los artrópodos. La esterilización se basa en la incompatibilidad citoplasmática (CI). En el laboratorio se cría a insectos infectados con *Wolbachia*, se los diferencia por sexo y se libera solo a los machos. Cuando los machos portadores de *Wolbachia* se aparean con una hembra silvestre que no está infectada, sus huevos no eclosionan. ^(13,14) (ver Figura 2)

Figura 2: Esquema de la Técnica del Insecto Incompatible con *Wolbachia*.



Fuente: Adaptado de NEA, *How does Wolbachia-Aedes suppression technology work?*, s.f.

- **La RIDL (liberación de insectos portadores de un gen letal dominante)**

Esta técnica se basa en modificar la expresión de un gen para que sea letal para las crías del insecto. A los insectos tratados en laboratorio, para reprimir este gen y que ellos no mueran, se los trata con tetraciclinas. Luego, son liberados al ambiente solo a los machos portadores del gen letal donde se aparean con hembras silvestres que no están infectadas y sus crías heredan este gen letal, y al no haber tetraciclinas en la naturaleza, las crías mueren en estado larval o pupal. ^(15,16)

- **PgSIT (machos estériles guiados con precisión)**

Una nueva alternativa es la tecnología basada en CRISPR denominada SIT guiada de precisión (pgSIT), esta técnica no utiliza radiación, *Wolbachia* ni antibióticos. La pgSIT tiene un enfoque binario en el cual se modifica el ADN de los mosquitos con ayuda del CRISPR que esteriliza a los machos y provoca que las

hembras no sobrevivan o no puedan volar. Cuando se cruzan estos mosquitos entre sí, las hembras mueren y los machos son estériles. Se liberarán al ambiente solo a los machos estériles. Desafortunadamente, esta tecnología actualmente solo es accesible en moscas, y para las técnicas de control de la población, se necesita desarrollar su equivalente para mosquitos. ^(17,18)

EVIDENCIA DE APLICACIONES EXITOSAS DE LA TÉCNICA DEL INSECTO ESTÉRIL (TIE)

Brasil

En la ciudad de Ortigueira, Brasil, desde noviembre de 2020 hasta julio de 2022 se realizaron liberaciones masivas semanales de insectos estériles machos. Se utilizó el método de NVC (Control de vectores naturales) el cual abarca la técnica TIE con RNA de interferencia (dsRNA) y thiotepa. La intervención del estudio duró 20 meses y demostró la efectividad de la estrategia NVC para controlar el dengue en áreas endémicas logrando así una reducción

exitosa de más del 98.7% de la población de *Aedes aegypti* y con una incidencia 150 veces menor en la ciudad de Ortiguera. ⁽¹⁹⁾

México

En localidades de Yucatán, México, se llevó a cabo un proyecto piloto el cual se utilizó la técnica IIT y TIE, combinando así la *Wolbachia* con irradiación leve. La intervención del estudio duró 6 meses, liberando miles de machos estériles, cubriendo así el período de mayor abundancia de *Aedes aegypti* en la región, se logró una reducción del 90,9% en hembras de *Aedes aegypti* en interiores dentro de viviendas al mes. Cuando se redujo la liberación la supresión llegó a 61,4% al cierto mes. Sin embargo, al retomar las liberaciones la supresión mantuvo valores cercanos al 90% durante los últimos meses del ensayo. ⁽²⁰⁾

Singapur

Se realizó una intervención en zonas de alto riesgo de dengue en Singapur donde se seleccionaron 4 municipios, combinando TIE y IIT con liberaciones de los mosquitos 2 veces por semana, entre 2018 y 2022. Los resultados mostraron la reducción del 60 - 90% de la población en 3 meses y en cuanto al impacto epidemiológico los casos de dengue en las áreas piloto bajaron en un 88%. ⁽²¹⁾

Malasia

Entre 2019 y 2021 se llevaron a cabo pruebas con la técnica del insecto estéril en tres zonas urbanas de Malasia. En estos sitios se liberaron cada semana machos de *Aedes aegypti* esterilizados mediante irradiación, con una proporción promedio de casi seis machos estériles por cada macho silvestre. Como resultado, se logró una reducción considerable en la cantidad de larvas: 76 % en Kota Laksamana, 97 % en Taman Tasik Utama y 89 % en el CIQ. Sin embargo, al interrumpirse las liberaciones, las poblaciones de mosquitos comenzaron a recuperarse. ⁽²²⁾

AVANCES EN BOLIVIA

Actualmente Bolivia cuenta con el Centro de Investigación y Desarrollo en Tecnología Nuclear (CIDTN) en cuál tiene integrado el Centro Multipropósito de Irradiación (CMI) ubicado en El Alto, La Paz, teniendo así Bolivia

la infraestructura para realizar la irradiación con fines pacíficos. Además, el CMI cuenta con cobalto-60 para emitir la irradiación ionizante, esto nos permite llevar a cabo la Técnica del Insecto Estéril (TIE) sin necesidad de usar un reactor nuclear.

En el año 2024 junto con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), se realizó la primera irradiación de mosquitos *Aedes aegypti* alcanzando un importante avance en el control de enfermedades transmitidas por vectores.

Con el progreso de Bolivia sobre la implementación de tecnología nuclear como ser el complejo ciclotron-radiofarmacia preclínica (CCRP), el centro Multipropósito de irradiación (CMI) y la instalación próxima de un reactor nuclear, abrirá la posibilidad de utilizar la radiación en programas de salud pública como la esterilización de los insectos y mejora del control vectorial. ⁽²³⁾

ASPECTOS ÉTICOS

Este artículo no implicó recolección de datos en humanos ni animales, por lo tanto, no requirió aprobación por un comité de ética en investigación.

CONCLUSIÓN

La Técnica del Insecto Estéril (TIE) representa una solución innovadora y sostenible para el control de enfermedades transmitidas por *Aedes aegypti* que actualmente es un reto a nivel global, dónde se menciona a Bolivia como lugar endémico. La aplicación de esta técnica a nivel internacional muestra resultados favorables con la reducción de la población vectorial y la incidencia de enfermedades en los resultados de sus investigaciones. En Bolivia, la infraestructura desarrollada en el ámbito nuclear, junto con el respaldo del Organismo Internacional de Energía Atómica, logró iniciar la implementación de esta técnica con resultados prometedores y posibles implementaciones de programa pilotos en zonas endémicas. Sin embargo, su consolidación como política de salud pública dependerá de la continuidad de la inversión, la capacitación del personal y la integración de las diferentes áreas que garanticen que perdure a largo plazo.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Dengue y dengue grave [Internet]. Ginebra: OMS; 2024 feb 13. [citado 2025 oct 22]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
2. Gato R, Menéndez Z, Prieto E, Argilés R, Rodríguez M, Baldoquín W, et al. Sterile insect technique: successful suppression of an *aedes aegypti* field population in cuba. *Insects* [Internet] 2021 [citado 2025 oct 22];12(5):469. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/5/469>

3. Oliva CF, Benedict MQ, Collins CM, Baldet T, Bellini R, Bossin H, et al. Sterile insect technique (SIT) against *Aedes species* mosquitoes: a roadmap and good practice framework for designing, implementing and evaluating pilot field trials. *Insects* [Internet]. 2021 [citado 2025 oct 22];12(3):191. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/3/191>
4. Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA). Por primera vez en Bolivia esterilizan mosquitos *Aedes aegypti* [Internet]. La Paz: INLASA; 2024 dic 12. [citado 2025 oct 22]. Available from: <https://www.inlasa.gob.bo/2024/12/por-primera-vez-en-bolivia-esterilizan-mosquitos-aedes-aegypti/>
5. Agencia Boliviana de Energía Nuclear (ABEN). Primera irradiación de mosquitos en el Centro Multipropósito de Irradiación de la Agencia Boliviana de Energía Nuclear [Internet]. La Paz: ABEN; 2024 dic 9. [citado 2025 oct 22]. Available from: https://www.aben.gob.bo/index.php/nota_prensa/primera-irradiacion-de-mosquitos-en-el-centro-multiproposito-de-irradiacion-de-la-agencia-boliviana-de-energia-nuclear/
6. Bouyer J. Current status of the sterile insect technique for the suppression of mosquito populations on a global scale. *Infect Dis Poverty* [Internet] 2024 [citado 2025 oct 22];13(1):68. Available from: <https://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-024-01242-z>
7. Ranathunge T, Harishchandra J, Maiga H, Bouyer J, Gunawardena YINS, Hapugoda M. Development of the sterile insect technique to control the dengue vector *aedes aegypti* (Linnaeus) in sri lanka. *PLoS ONE* [Internet] 2022 [citado 2025 oct 22];17(4):e0265244. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0265244>
8. Maiga H, Bakhoun MT, Mamai W, Diouf G, Bimbilé Somda NS, Wallner T, et al. From the lab to the field: long-distance transport of sterile *aedes* mosquitoes. *Insects* [Internet] 2023 [citado 2025 oct 22];14(2):207. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4450/14/2/207>
9. Mubargui RL, Perez RC, Kladt RA, Lopez JLZ, Parker A, Seck MT, et al. The smart aerial release machine, a universal system for applying the sterile insect technique. *PLoS ONE* [Internet] 2014 [citado 2025 oct 22];9(7):e103077. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0103077>
10. Food and Agriculture Organization/International Atomic Energy Agency. International guideline for transboundary shipments of irradiated sterile insects [Internet]. Viena: FAO/IAEA; 2017. [citado 2025 jun 24]. Available from: https://www.iaea.org/sites/default/files/international_guideline_for_transboundary_shipments_of_irradiated_sterile_insects_web.pdf
11. Alphey L, et al. Sterile-insect methods for control of mosquito-borne diseases: an analysis. *Vector Borne Zoonotic Dis* [Internet] 2010 [citado 2025 oct 22];10(3):295-311. Available from: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/vbz.2009.0014>
12. Balatsos G, Karras V, Puggioli A, Balestrino F, Bellini R, Papachristos DP, et al. Sterile Insect Technique (SIT) field trial targeting the suppression of *Aedes albopictus* in Greece. *Parasite* [Internet] 2024 [citado 2025 oct 22];31:17. Available from: <https://www.parasite-journal.org/10.1051/parasite/2024020>
13. Crawford JE, Clarke DW, Criswell V, Desnoyer M, Cornel D, Deegan B, et al. Efficient production of male *Wolbachia*-infected *Aedes aegypti* mosquitoes enables large-scale suppression of wild populations. *Nat Biotechnol* [Internet] 2020 [citado 2025 oct 22];38(4):482-92. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41587-020-0471-x>
14. Zeng Q, She L, Yuan H, Luo Y, Wang R, Mao W, et al. A standalone incompatible insect technique enables mosquito suppression in the urban subtropics. *Commun Biol* [Internet] 2022 [citado 2025 oct 22];5(1):1419. Available from: <https://www.nature.com/articles/s42003-022-04332-6>
15. Carvalho DO, McKemey AR, Garziera L, Lacroix R, Donnelly CA, Alphey L, et al. Suppression of a field population of *aedes aegypti* in brazil by sustained release of transgenic male mosquitoes. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet] 2015 [citado 2025 oct 22];9(7):e0003864. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0003864>
16. Huang YJ, Higgs S, Vanlandingham D. Biological control strategies for mosquito vectors of arboviruses. *Insects* [Internet] 2017 [citado 2025 oct 22];8(1):21. Available from: <https://www.mdpi.com/2075-4450/8/1/21>
17. Kandul NP, Liu J, Sanchez C. HM, Wu SL, Marshall JM, Akbari OS. Transforming insect population control with precision guided sterile males with demonstration in flies. *Nat Commun* [Internet] 2019 [citado 2025 oct 22];10(1):84. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41467-018-07964-7>
18. Li M, Yang T, Bui M, Gamez S, Wise T, Kandul NP, et al. Suppressing mosquito populations with precision guided sterile males. *Nat Commun* [Internet] 2021 [citado 2025 oct 22];12(1):5374. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-25421-w>
19. De Castro Poncio L, Apolinário Dos Anjos F, De Oliveira DA, De Oliveira Da Rosa A, Piraccini Silva B, Rebechi D, et al. Prevention of a dengue outbreak via the large-scale deployment of Sterile Insect Technology in a Brazilian city: a prospective study. *Lancet Regional Health - Americas* [Internet] 2023 [citado 2025 oct 22];21:100498. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2667193X23000728>
20. Martín-Park A, Che-Mendoza A, Contreras-Perera Y, Pérez-Carrillo S, Puerta-Guardo H, Villegas-Chim J, et al. Pilot trial using mass field-releases of sterile males produced with the incompatible and sterile insect techniques as part of integrated *Aedes aegypti* control in Mexico. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet] 2022 [citado 2025 oct 22];16(4):e0010324. Available from: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0010324>
21. Bansal S, Lim JT, Chong CS, Dickens B, Ng Y, Deng L, et al. Effectiveness of *Wolbachia*-mediated sterility coupled with sterile insect technique to suppress adult *Aedes aegypti* populations in Singapore: a synthetic control study. *Lancet Planetary Health* [Internet] 2024 [citado 2025 oct 22];8(9):e617-28. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2542519624001694>
22. Nazni WA, Teoh GN, Nuradila MA, Hakimi SISN, Tanusshni M, Arif MAM, et al. Impact of sterile *Aedes aegypti* males releases on vector dynamics: insights from Malaysian field trials. *Infect Dis Poverty* [Internet] 2025 [citado 2025 oct 22];14(1):33. Available from: <https://idpjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40249-025-01303-x>
23. Instituto Nacional de Laboratorios de Salud (INLASA). Bolivia marca hito histórico al realizar la primera irradiación de mosquitos transmisores del dengue, zika y chikungunya [Internet]. La Paz: INLASA; 2024 dic [citado 2025 oct 22]. Available from: <https://www.inlasa.gob.bo/2024/12/bolivia-marca-hito-historico-al-realizar-la-primera-irradiacion-de-mosquitos-transmisores-del-dengue-zika-y-chikungunya/>