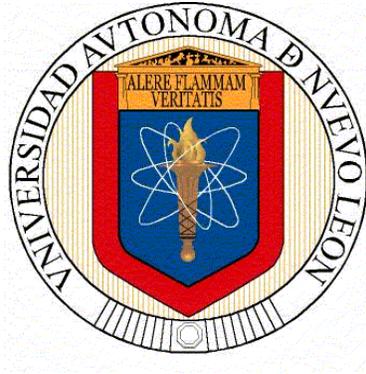


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**



TESIS

**EVALUACIÓN DE CAMPO DE POBLACIONES DE HUEVOS
QUIESCENTES DE *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* DURANTE
LA TEMPORADA SECA EN TAPACHULA, CHIAPAS, MÉXICO, Y SU
IMPACTO POTENCIAL EN LAS ESTRATEGIAS DE CONTROL DE VECTORES**

POR

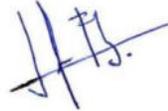
M. C. JOSÉ IGNACIO NAVARRO KRAUL

**COMO REQUISITO PARCIAL OBTENER EL GRADO DE
DOCTORADO EN ENTOMOLOGÍA MÉDICA Y VETERINARIA**

2025

**EVALUACIÓN DE CAMPO DE POBLACIONES DE HUEVOS QUIESCENTES DE
Aedes aegypti y *Aedes albopictus* DURANTE LA TEMPORADA SECA EN TAPACHULA,
CHIAPAS, MÉXICO, Y SU IMPACTO POTENCIAL EN LAS ESTRATEGIAS DE
CONTROL DE VECTORES**

Comité de Tesis



Dr. Ildefonso Fernández Salas

Presidente



Dra. Violeta Ariadna Rodríguez Castro

Secretario



Dra. Beatriz López Monroy

Vocal



Dr. Eduardo Alfonso Rebollar Téllez

Vocal



Dr. Pedro Cesar Cantú Martínez

Vocal



Dra. Katiushka Arevalo Niño

Subdirectora de Posgrado

EVALUACIÓN DE CAMPO DE POBLACIONES DE HUEVOS QUIESCENTES DE
Aedes aegypti y *Aedes albopictus* DURANTE LA TEMPORADA SECA EN
TAPACHULA, CHIAPAS, MÉXICO, Y SU IMPACTO POTENCIAL EN LAS
ESTRATEGIAS DE CONTROL DE VECTORES



M. en C. Luis Alberto Cisneros Vázquez

Director externo

DERECHOS RESERVADOS©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido, el uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material contenido que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde se obtuvo mencionando al autor o autores.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, por brindarme la oportunidad y confianza de realizar mis estudios de doctorado.

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (Conahcyt) por otorgarme una beca de 4 años para la realización de este proyecto.

Al Dr. Ildefonso Fernández Salas por brindarme de su conocimiento, tiempo, dedicación y experiencias para lograr el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Rogelio Danís Lozano y el MC. Luis Cisneros Vázquez por el apoyo a este trabajo y por brindarme el acceso a las instalaciones del CRISP/INSP en Tapachula.

A mi comité de tesis y todos los involucrados en este proyecto, por el apoyo que me brindaron durante el desarrollo de esta tesis.

A Keila Paiz por su amistad, por las experiencias vividas y trabajo en equipo durante estos 4 años de desarrollo profesional.

A los técnicos Sra. Sandra Robles, Sr. Crescencio Díaz y al Sr. José Antonio Zavala por el apoyo brindado en laboratorio y campo.

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en la vida y darme la fortaleza para superar los momentos difíciles.

A mis padres Leonel Navarro Cáceres y Elia Kraul Dionisio por tener su apoyo incondicional en todo momento, son un pilar en mi vida y deseo que siempre estén orgullosos de la persona que han formado con su amor y dedicación.

A mi esposa Greysi Viridiana Guzmán Torres por ser la persona que me ha motivado a crecer profesionalmente y brindarme su apoyo incondicional con amor, paciencia y comprensión. Te agradezco por todos los consejos, por la motivación para poder culminar este proceso en mi vida y por estar siempre a mi lado.

A mi hijo Said por ser lo más hermoso que me ha dado la vida y con solo tu existencia me motivas a ser mejor cada día.

ÍNDICE

Índice	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	ix
Lista de símbolos y abreviaturas	x
Resumen.....	xi
Abstract	xii
1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	3
3. Justificación	5
4. Hipótesis	6
5. Objetivos	7
5.1 Objetivo general	7
5.2 Objetivos específicos	7
6. Materiales y métodos	8
6.1 Área de estudio	8
6.2 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de <i>Aedes</i> por medio de ovitrampas	10
6.3 Proceso del material biológico obtenido por ovitrampas	11
6.4 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de <i>Aedes</i> mediante la identificación y recolección de criaderos temporales (residuos sólidos o recipientes para uso doméstico)	11
6.5 Proceso del material biológico obtenido por criaderos temporales (residuos sólidos o recipientes para uso doméstico)	14
6.6 Bioensayo con temefos al 5 % disuelto en alcohol mineral inodoro como posible control operativo para poblaciones de huevos quiescentes	15
7. Análisis estadístico	16
8. Resultados	17

8.1 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de <i>Aedes</i> por medio de ovitrampas	17
8.2 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de <i>Aedes</i> mediante la identificación y recolección de criaderos temporales (residuos sólidos o recipientes para uso doméstico)	20
8.3 Eficacia de bioensayos de temefos al 5% en huevos secos de <i>Ae. aegypti</i>	23
9. Discusiones	25
10. Conclusión	30
11. Bibliografía	31

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de recipientes encontrados en la comunidad.	12
Tabla 2. Proporciones de especies de mosquitos emergidos de los huevos colectados mediante ovitrampas	19
Tabla 3. Proporciones de hembras y machos de las especies de mosquitos emergidos de los huevos colectados mediante ovitrampa	23
Tabla 4. Frecuencia y porcentaje de recipientes encontrados en la comunidad	23
Tabla 5. Mosquitos <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i> adultos criados a partir de huevos inactivos recolectados durante la temporada seca del interior de contenedores domésticos vacíos en Tapachula, Chiapas, México, 2023	23

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A) Ubicación geográfica del estado de Chiapas en el territorio nacional mexicano. B) Ubicación de Tapachula en el sur de Chiapas. C) Ubicación de la colonia Las Américas sección II (Latitud: 14.9277, Longitud: -92.2602). D) Limitaciones geográficas de la colonia Las Américas sección II y su límite con el río Coatán	8
Figura 2. Distribución de la precipitación (mm) y temperaturas (°C) en Tapachula, Chiapas, México, de julio de 2022 a julio de 2023	9
Figura 3. Ejemplos de criaderos en temporada seca (húmedos y secos) identificados y monitoreados para el desarrollo de mosquitos <i>Aedes</i> en la sección Las Américas II en Tapachula, Chiapas, México	14
Figura 4. Número total de huevos de <i>Aedes aegypti</i> y <i>Aedes albopictus</i> puestos en 250 ovitrampas y los adultos obtenidos a partir de estas	18
Figura 5. Dispersión de los 7.290 huevos colectados de ovitrampas colocadas en 125 casas (<i>Ae. aegypti</i>)	18
Figura 6. Dispersión de los 7.290 huevos colectados de ovitrampas colocadas en 125 casas (<i>Ae. albopictus</i>)	19
Figura 7. Adultos <i>Aedes aegypti</i> y <i>Aedes albopictus</i> emergiendo de huevos secos y pegados recolectados por encima de la línea de agua en diversos contenedores de patio en Tapachula, Chiapas, sur de México	22
Figura 8. Número promedio de mosquitos <i>Aedes aegypti</i> y <i>Aedes albopictus</i> emergentes de los contenedores colectados en 83 lugares de Tapachula, Chiapas, sur de México	22
Figura 9. Porcentaje promedio (punto más oscuro) de eclosión de huevos de <i>Ae. aegypti</i> expuestos a los diferentes tratamientos	24

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

CRISP	Centro Regional de Investigación en Salud Pública
IFA	Inmunofluorescencia
INSP	Instituto Nacional de Salud Pública
OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
TMI	Tasa Mínima de Infección
SSA	Secretaria de Salud

RESUMEN

Aunque los programas de manejo y control integrado de vectores implementan medidas de control intensas para adultos, pupas, larvas y sitios de reproducción durante los brotes, existe una falta de estudios para comprender el papel de la etapa del huevo del vector en la dinámica de la enfermedad. Este estudio tuvo como objetivo evaluar las poblaciones de huevos quiescentes de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en la temporada seca en casas y patios traseros en Tapachula, sur de México. Se colocaron 250 ovitrampas en 125 casas en la colonia Las Américas, segunda sección. Se recolectó un total de 7290 huevos de 211 ovitrampas (84.4%). De las cuales 5667 (77.7%) eclosionaron bajo condiciones de inmersión en agua y suministro de alimento de insectarios, a partir de 4031 huevos (71.1%) se identificaron mosquitos *Ae. aegypti* y de 1636 (28.8%) como mosquitos *Ae. albopictus*. Los 1623 huevos restantes (22,3%) no eclosionaron. Se tomaron muestras de ochenta y tres contenedores de larvas con huevos desecados durante la temporada seca; la mayoría de ellos se describieron como desechos de basura porque los larvicidas solo se utilizan para contenedores de capacidades de 5 a 10 L. Las características evolutivas de las dos especies, que incluyen la eclosión parcial de los huevos, la inactividad regulada por el ambiente, la capacidad del embrión de sobrevivir durante un período más prolongado dentro de la temporada y la adherencia del huevo a las paredes internas del contenedor, exigen una investigación operativa urgente para lograr métodos exitosos de contenedores de larvas a prueba de huevos.

ABSTRACT

Although integrated management and control programs implement intense control measures for adult, pupal, larval, and breeding sites during outbreaks, there is a lack of studies to understand the role of the vector egg stage in disease dynamics. This study aimed to assess the dry season quiescent *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* egg populations in houses and backyards in Tapachula, southern Mexico. Two hundred and fifty ovitraps were placed in 125 homes in the Las Americas neighborhood. A total of 7290 eggs were collected from 211 (84.4%) ovitraps. Only 5667 (77.7%) hatched under insectary water immersion and food supply conditions, with 4031 (71.1%) identified as *Ae. aegypti*, and 1636 (28.8%) as *Ae. albopictus*, respectively. The remaining 1623 (22.3%) did not hatch due to Delayed Hatching and/or quiescence tropical stage. Eighty-three larval containers were sampled with desiccated eggs during the dry season; most of them were described as trash waste because larvicides are only used for larger containers of 5–10 L. Evolutionary characteristics for the two species including partial egg hatching, ambient-regulated quiescence, the ability of the embryo to survive for a more extended period intra-seasonally, the egg sticking to inner container walls, demands urgent operational research to achieve successful egg-proof larval container methods.

1. INTRODUCCIÓN

El número de casos de dengue en las Américas aumentó a 12,479,437 en 2024, con 20,916 casos de dengue grave y 7,575 muertes notificadas (PAHO 2024). Debido a la falta de vacunas efectivas que proporcionen inmunización contra cuatro serotipos de virus y al limitado desarrollo de productos farmacéuticos, el control de vectores es crucial en la lucha para prevenir brotes de enfermedades en estos países. A pesar de los esfuerzos por controlar el mosquito *Aedes aegypti*, que transmite el virus del dengue, las medidas solo han proporcionado resultados a corto plazo, lo que ha provocado un aumento de nuevas generaciones de mosquitos y casos de dengue correlacionados en vecindarios locales.

Las poblaciones abundantes de *Ae. aegypti* facilitaron la aparición y dispersión de nuevos arbovirus de 2013 a 2015 en la región de las Américas, como Chikungunya y Zika (Fernández- Salas *et al.*, 2016), y en menor medida, las poblaciones del mosquito invasor *Aedes albopictus* se vieron relacionadas en la dispersión de estos virus (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1997). Por otra parte, la mayoría de las herramientas gubernamentales de control de vectores (adulticida y larvicida) se centran en las etapas adulta, pupal y larvaria del vector. El control de la etapa de huevo es casi inexistente; su diminuto tamaño, color negro y adherencia a las paredes internas de contenedores artificiales lo protegen de la vista y remoción de los técnicos de campo. Durante la puesta de huevos, la hembra los coloca individualmente en una película húmeda sobre la superficie del agua, que se forma por capilaridad. La maduración del embrión completo y la mielinización del huevo demoran aproximadamente 72 h. Si se produce evaporación de agua en los días siguientes, este embrión puede sobrevivir de 6 meses a dos años. A pesar de su importancia en la transmisión de arbovirus, las poblaciones de huevos en mosquitos *Aedes* han sido poco estudiadas. Por otra parte, la naturaleza proporcionó una sustancia pegajosa producida por la glándula accesoria de la hembra que contiene ácido hialurónico para pegar sus huevos a las paredes del sitio larvario (Clements 2011). Este rasgo aceleró la dispersión geográfica del vector principalmente a través de huevos pegados en los neumáticos usados (Alvarado-Moreno *et al.*, 2013). De manera similar, Danís-Lozano *et al.* (Danís-Lozano *et al.*, 2019) reportaron que del total de los huevos que se recolectaron de 20,000

ovitrampas, colocadas en cuatro estados del sur de México, el 5% de estos huevos fueron positivos al virus dengue.

Esta tasa de transmisión vectorial transovárica es una evidencia fuerte sobre la importancia epidemiológica de explicar los brotes que comienzan en lugares endémicos. La pregunta de cómo estos huevos pueden tolerar la desecación durante un período tan prolongado depende de una etapa fisiológica definida como diapausa. Para los insectos en zonas tropicales, ocurren tipos específicos de diapausa. La diapausa y la quiescencia son dos formas de latencia que se encuentran en los insectos. La diapausa se caracteriza por un estado latente que está programado hormonalmente de antemano y no termina inmediatamente cuando hay condiciones favorables. Por otro lado, la quiescencia es un estado de latencia que ocurre en respuesta a condiciones ambientales desfavorables y termina inmediatamente cuando regresan las condiciones favorables. Por ejemplo, la incapacidad de los huevos de *Ae. aegypti* puestos por encima de la línea de agua para eclosionar se considera quiescente porque el desarrollo puede reanudarse rápidamente después de la inmersión en agua (Denlinger & Armbruster 2016).

Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo generar nuevos datos sobre las poblaciones de huevos latentes de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* durante la temporada seca o el período interepidémico. Este estudio se centró en tres objetivos: (1) utilizar ovitrampas para identificar las especies de mosquitos hembra presentes en la zona, (2) evaluar las poblaciones de huevos desecados y sus recipientes en casas y patios, y (3) evaluar la eficacia letal del Temefos líquido al 5% disuelto en aceite mineral como potencial ovicida de huevos inactivos.

2. ANTECEDENTES

El papel de los huevos de mosquito en la transmisión de enfermedades no está comprendido a pesar de los informes de transmisión vertical del virus y su capacidad para sobrevivir a los períodos secos en una etapa latente. Además, la evidencia de campo muestra que las nuevas generaciones de mosquitos a menudo reaparecen semanas o meses después en ciertas áreas de la ciudad. Esto puede deberse a que ambas especies siguen un patrón de reproducción de "estrategia R", poniendo muchos huevos para asegurar la supervivencia en un entorno hostil. Los insectos poseen la capacidad de adaptarse fisiológica y conductualmente a una amplia variedad de entornos, lo cual garantiza permanecer con éxito en enormes áreas geográficas. Los mosquitos del género *Aedes* son un ejemplo de los insectos que han logrado adaptarse en gran parte del planeta, sobre todo en áreas tropicales y subtropicales (Galavíz-Parada 2019). *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* son los vectores de los patógenos causantes de dengue, chikungunya y Zika; enfermedades reportadas como un problema de salud pública prioritario debido a su amplia distribución geográfica y alta tasa de morbilidad (Sánchez 2022). La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) han enfatizado en la necesidad de enfocarnos en un Manejo Integral de Vectores (MIV) para controlar y disminuir las poblaciones de estos mosquitos, pero sobre todo para *Ae. aegypti*, ya que es un vector que presenta características antropofílicas y endofílicas (PAHO 2019).

El manejo integrado de vectores (MIV) se centra en la integración de herramientas para eliminar múltiples factores de riesgo utilizando, principalmente, gestión ambiental y control químico. Sin embargo, la implementación de estas estrategias de control se ha visto obstaculizadas por servicios de salud saturados, resistencia a los insecticidas, falta de presupuestos y orientación práctica limitada. Es por ello que la Respuesta Mundial al Control de Vectores 2017-2030 de la OMS, proporciona una nueva estrategia para fortalecer el control de vectores en todo el mundo, ahora se debe enfatizar en la necesidad de un control de vectores adaptado localmente como paradigma para incorporar enfoques existentes y novedosos dentro de los planes de MIV (Vazquez-Prokopec *et al.*, 2022). El manejo del entorno o gestión ambiental se divide en modificación ambiental, manipulación ambiental y modificación de las viviendas o del comportamiento de los

seres humanos (UNICEF 2016). La primera se refiere a transformaciones físicas durables para reducir los hábitats larvarios del vector; la segunda nos indica modificaciones temporales de los hábitats del vector y la tercera nos habla de acciones para reducir el contacto entre el ser humano y el vector (Galavíz-Parada 2019).

Uno de los obstáculos, mencionado anteriormente, que ha contribuido en la falta de éxito del manejo integral de vectores es la orientación práctica limitada; esto se refiere a cómo y cuándo implementar intervenciones de control de vectores en diferentes entornos epidemiológicos (UNICEF 2016). Si nos enfocamos en la estrategia de manejo ambiental o gestión ambiental y su falta de éxito en el MIV, podemos darnos cuenta que muchos de los errores se presentan porque no se ha tomado en cuenta todas las características del ambiente, vector, población y recursos disponibles. Y es aquí donde debemos mencionar la poca relevancia que se le ha dado a una de las características más importantes de estos vectores; dentro de las intervenciones de control de vectores que se llevan a cabo en nuestro país, no se toman en cuenta medidas de control para aquellos huevos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* que pueden presentar fenómenos de diapausa, hibernación o quiescencia que les permite permanecer así durante meses; y eclosionar cuando las condiciones ambientales sean propicias dando lugar a brotes de enfermedades como dengue, Zika chikungunya en su ciclo urbano.

Por lo que la expectativa sería enfocarnos en una disminución en la distribución geográfica y la densidad poblacional de los mosquitos *Aedes* basándonos principalmente en la vigilancia entomológica y el desarrollo de mapas de riesgo de la distribución y abundancia de los vectores en todas sus fases; y teniendo en cuenta las variables de temperatura, precipitación y participación ciudadana. Es por ello que en este trabajo se planteó la necesidad de establecer la evidencia necesaria para demostrar, mediante un modelo socio-ecológico, la participación de los huevos quiescentes de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en la reinfestación de zonas tratadas con algún método de control de vectores establecido por los sistemas de salud.

3. JUSTIFICACIÓN

De todas las especies de mosquitos de importancia para la salud pública, *Ae. aegypti* es considerada una de las más peligrosas debido a su capacidad de transmitir una gran cantidad de arbovirus (Zika, Dengue, Fiebre amarilla, Chikungunya, Virus del Nilo Occidental, Densovirus, Virus Mayaro). Por otro lado, *Ae. albopictus* es otra especie importante al ser considerada un vector secundario de las mismas infecciones arbovirales transmitidas por *Ae. aegypti*. Durante muchos años se consideró que estas especies no compartían los mismos hábitats debido a sus diferencias en alimentación, búsqueda de descanso y zonas de oviposición; sin embargo, hoy en día se ha encontrado que estas dos especies habitan las mismas zonas urbanas. Ambas especies son capaces de desarrollarse en los mismos recipientes que acumulan agua y comparten la misma fuente de alimento (los humanos). Por lo tanto, el almacenamiento de agua y los residuos sólidos domésticos se consideran potenciales criaderos para el desarrollo de las tres primeras fases evolutivas del mosquito (huevo, larva y pupa). Por lo anterior, es necesario estimar la participación de los residuos sólidos no tratados que se encuentran dentro y fuera del hogar en la reinfestación de las viviendas, especialmente después de la aplicación de estrategias de control por parte de la Secretaría de Salud especialmente en la temporada de secas o periodos interepidémicos.

4. HIPOTESIS

Las poblaciones de huevos quiescentes de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* que se encuentran en los residuos sólidos no tratados, que están ubicados dentro o fuera del hogar, juegan un papel importante de participación en la reinfestación de las viviendas, especialmente después de la aplicación de estrategias de control por parte de la Secretaría de Salud.

Igualmente, el uso del Temefos líquido al 5% disuelto en aceite mineral tiene potencial ovicida de *Ae. aegypti*

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar las poblaciones de huevos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* quiescentes durante la temporada seca en casas y patios de la colonia Las Américas, segunda Sección de la ciudad de Tapachula, sur de México.

5.2 Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de casas positivas a huevos de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* durante la temporada seca utilizando ovitrampas.
2. Identificar sitios de reproducción que contienen huevos desecados, inspeccionarlos visualmente e inducir la eclosión de los huevos en condiciones de insectario para contabilizar e identificar a los adultos obtenidos.
3. Evaluar la productividad neta de huevos, adultos y especies de los tipos de sitios de reproducción individuales en la estación seca.
4. Evaluar el efecto de una mezcla de temefos al 5 % disuelto en aceite mineral inodoro sobre huevos quiescentes de *Ae. aegypti*

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1 Área de estudio

Para esta investigación se eligió la colonia Las Américas sección II, en el Municipio de Tapachula, en el Estado de Chiapas (México) (Figura 1). Está situado exactamente a 5.13 km (hacia el W) del centro geográfico del área municipal de Tapachula. La colonia abarca un área de 11 hectáreas y se presenta infraestructura para 309 casas. Se registran 1042 personas, de diferentes nacionalidades por Km², con una edad promedio de 30 años y una escolaridad de 8 años cursados (*MarketDataMexico* 2023).

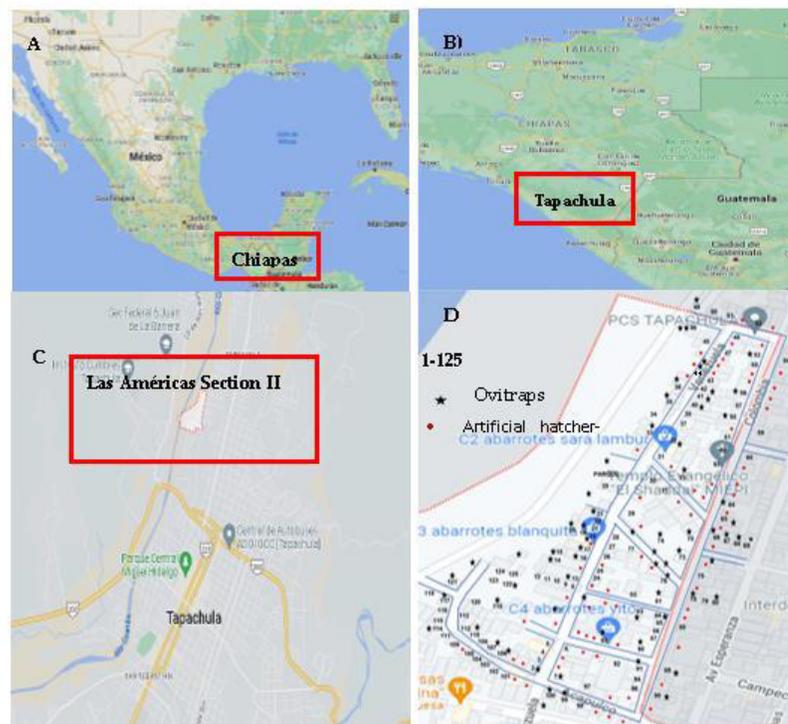


Figura 1. A) Ubicación geográfica del estado de Chiapas en el territorio nacional mexicano. B) Ubicación de Tapachula en el sur de Chiapas. C) Ubicación de la colonia Las Américas sección II (Latitud: 14.9277, Longitud: -92.2602). D) Limitaciones geográficas de la colonia Las Américas sección II y su límite con el río Coatán (Google Maps, @ INEGI 2024).

La colonia fue seleccionada debido a que presenta condiciones de gestión ambiental propias de ciudades en proceso de urbanización no organizada; además que está ubicada a un costado del río Coatán, lo que representa las condiciones óptimas de refugio sombra,

humedad y temperatura para los vectores del género *Aedes*. Cuenta con diferentes características socioeconómicas y respuesta administrativa. Si bien los servicios de electricidad, drenaje y agua potable se encuentran activos, existen cortes de suministro de agua durante todo el año, lo que propicia que los hogares utilicen diferentes tipos de recipientes para almacenar agua. Previo a realizar las visitas a las casas se realizó una junta con los líderes de colonia para obtener la autorización de realizar visitas casa por casa; igualmente se solicitó la autorización de los jefes de familia para el ingreso al hogar y se llevaron a cabo charlas de manera individual para dar a conocer los objetivos del trabajo y el procedimiento.

En cuanto a los patrones climáticos locales, se presenta una temporada de lluvias de seis meses de junio a noviembre, mientras que una temporada seca continúa desde diciembre hasta finales de mayo del año siguiente. El agua acumulada anual en mm varía de 1,200 a 4,000 mm, incluyendo áreas costeras y una cordillera de 1,500 m de altitud (INEGI 2024) (Fig. 2). Los casos de dengue son endémicos año con año con la mayor incidencia mensual durante los meses pico de la temporada de lluvias (Boletín Epidemiología 2024).

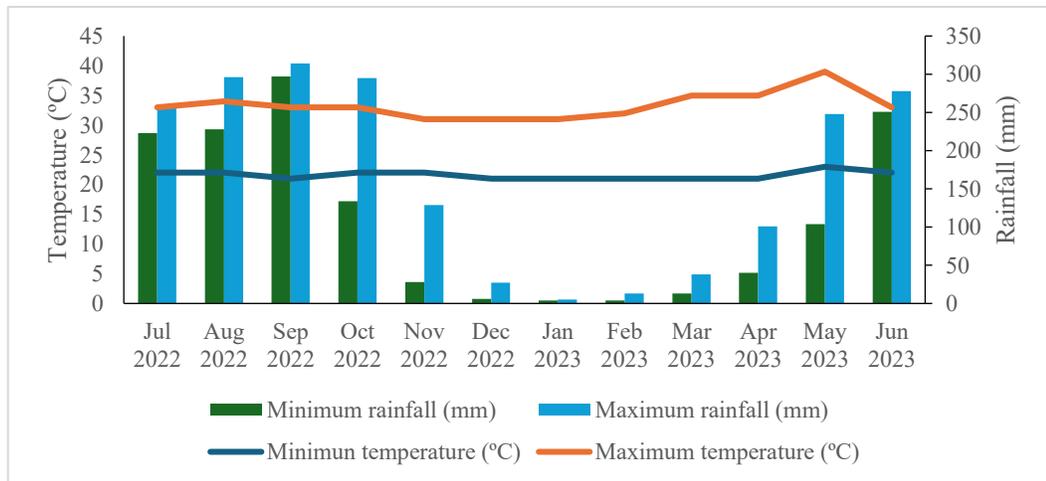


Figura 2. Distribución de la precipitación (mm) y temperaturas (°C) en Tapachula, Chiapas, México, de julio de 2022 a julio de 2023

6.2 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de *Aedes* por medio de ovitrampas

Este monitoreo se llevó a cabo de noviembre a diciembre 2022. De 309 casas que se encuentran en el área de estudio, aceptaron participar 125, esto corresponde al 40.45% del total de las viviendas (Figura 2). Una vez obtenida la autorización del jefe de la colonia nos presentamos, debidamente identificados, en cada uno de los domicilios y realizamos una pequeña charla informativa acerca del nuestro trabajo, objetivos y se resolvieron dudas de las personas que habitaban la vivienda. Iniciamos el trabajo de campo georreferenciando la vivienda; como segundo paso se realizó una inspección del intra y peri-domicilio con el objetivo de identificar recipientes o contenedores de agua y el manejo de residuos sólidos; como tercer paso se verifico si alguno de los tanques o recipientes de agua se encontraba tratado con algún método para el control larvario de *Ae. aegypti* autorizados por la Secretaria de Salud del Estado (temefos-abate o spinosad); por último, se entrevistó a los habitantes del hogar acerca de la última visita que hubiera realizado personal de la Secretaria de Salud a su hogar y si aplicaron algún método de control para *Ae. aegypti*.

Se colocaron 2 ovitrampas por casa (tira de papel filtro 8 x 15 cm y 300 mL de agua de la llave), 1 de ellas fue colocada en el dormitorio y la segunda cercana a las fuentes de almacenamiento de agua. Se dejaron durante 4 días (96 horas), al 5 día se realizó una nueva visita a los domicilios, las ovitrampas que resultaron positivas eran retiradas, etiquetadas y colocadas en bolsas de plástico para ser llevadas al insectario del Centro Regional de Salud Pública de México (CRISP-INSP) en Tapachula para retirar las papeletas de papel filtro e iniciar el proceso de eclosión del material biológico recolectado. Por otro lado, las ovitrampas que resultaban negativas eran lavadas con agua de llave, se colocaba nuevamente las papeletas y 300 mL de agua de la llave; estas se colocaban nuevamente en el sitio de monitoreo y se dejaban por 4 días más; y se realizaba el mismo proceso descrito con anterioridad.

6.3 Proceso del material biológico obtenido por ovitrampas

Las papeletas obtenidas de las ovitrampas colocadas en las 125 casas de la colonia Las Américas 2da sección fueron llevadas al insectario del CRISP-INSP se colocaron dentro de recipientes con agua para iniciar el proceso de eclosión. Una vez eclosionados, las larvas se colocaron en recipientes de 22 x 35 x 5 cm (un máximo de 500 larvas por

recipiente) que contenían 1.2 L de agua, equivalente a 1.5 cm de profundidad. Las larvas de primero y segundo estadio se alimentaron durante los primeros tres días con 0.4 gr de una dieta larvaria. Las larvas de tercer y cuarto estadio se alimentaron con 0.8 gr de esta misma dieta hasta el sexto día. La dieta larvaria fue elaborada con una mezcla de proteínas, grasas, fibra y minerales, previamente molida, tamizada y esterilizada (LabDiet 5001). Las pupas se pasaron a charolas de 20 cm de diámetro y se cubrieron con una malla tricot sostenida con ligas para confinar a los adultos después de su emergencia. Los mosquitos adultos se contaron, sexaron e identificaron taxonómicamente (Guadarrama-Peralta 2023); como último paso fueron transferidos a jaulas de cría (30 cm³), donde fueron alimentados con una solución de azúcar al 10%, se mantuvieron a $27^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $60\% \pm 5\%$ y 12:12 horas luz: oscuridad hasta su disposición (López-Solís et al., 2020).

6.4 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de *Aedes* mediante la identificación y recolección de criaderos temporales (residuos sólidos o recipientes para uso doméstico)

Este monitoreo se llevó a cabo de enero a febrero 2023. Las 125 casas que participaron en el monitoreo de casas positivas por medio de ovitrampas dieron su autorización para continuar con la segunda etapa del proyecto. Como primer paso se realizó una inspección del intra y peri-domicilio para identificar todo tipo de residuo sólido que pudiera servir de criadero temporal para mosquitos del género *Aedes*. Se tomaron en cuenta todos los recipientes húmedos que contuvieran agua; y se realizó la inspección para la presencia de huevos y larvas. Igualmente, se identificaron e inspeccionaron los recipientes secos (sin agua) pero que contaban con las condiciones necesarias para convertirse en un criadero de mosquitos; aquí se realizó únicamente la búsqueda de huevos (figura 3).

Todos los criaderos o posibles criaderos identificados fueron debidamente rotulados y georreferenciados. Se pidió la autorización de los jefes de familia para recolectar los criaderos y ser llevados al laboratorio del CRISP-INSP (Tabla 1). Para los criaderos que se obtuvo la autorización de retirarlos fueron debidamente embalados con plástico y transportados a las instalaciones del laboratorio, donde, dependiendo de su capacidad de agregar agua y alimento con el propósito de promover la eclosión de los huevos. Para los

criaderos que no se obtuvo el permiso de retirarlos del domicilio se realizaba la colecta de larvas, se agregaba agua de la llave de acuerdo con su capacidad y alimento. 48 horas después a este procedimiento se visitaba nuevamente el domicilio para una nueva colecta de larvas, las cuales fueron transportadas en bolsas entomológicas (4 1/2 x 9" Whirl-Pak®) al laboratorio del CRISP-INSP para su desarrollo (Figura 3).

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de recipientes encontrados en la comunidad

recipiente	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Llanta	24	28.9 %	28.9 %
Bote 1 L	2	2.4 %	31.3 %
Veladora	2	2.4 %	33.7 %
Tanque de baño	2	2.4 %	36.1 %
Bote 5 L	3	3.6 %	39.8 %
Lata 1 L pintura	1	1.2 %	41.0 %
Recipiente 1 L	3	3.6 %	44.6 %
Recogedor	1	1.2 %	45.8 %
Botella vidrio 5 L	1	1.2 %	47.0 %
Cubeta 10 L	1	1.2 %	48.2 %
Coca 2.5	1	1.2 %	49.4 %
Balde 10 L	2	2.4 %	51.8 %
Vaso plástico	1	1.2 %	53.0 %
Botella 2.5 L	1	1.2 %	54.2 %
Recipiente 10 L	1	1.2 %	55.4 %
Recipiente 2.5 L	1	1.2 %	56.6 %
Tanque baño	2	2.4 %	59.0 %
Botella 3 L	2	2.4 %	61.4 %
Maseta	2	2.4 %	63.9 %
Bebedero 500 ml	1	1.2 %	65.1 %
Jarra 2 L	2	2.4 %	67.5 %
Florero	1	1.2 %	68.7 %
Tina 10 L	1	1.2 %	69.9 %
Bote cortado 5 L	1	1.2 %	71.1 %
contenedor pastel	1	1.2 %	72.3 %
Traste 5 L	1	1.2 %	73.5 %
Olla peltre 8 L	1	1.2 %	74.7 %
Bebedero 1 L	1	1.2 %	75.9 %
Botella coca 2.5	1	1.2 %	77.1 %
Botella vidrio 500 ml	1	1.2 %	78.3 %
Plásticos	1	1.2 %	79.5 %
Bote cloro	1	1.2 %	80.7 %
Botella vidrio 334 ml	1	1.2 %	81.9 %

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje de recipientes encontrados en la comunidad

recipiente	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Vaso de plástico 500 ml	1	1.2 %	83.1 %
Florero 3 L	1	1.2 %	84.3 %
Sartén 2 L	1	1.2 %	85.5 %
Bote 50 L	1	1.2 %	86.7 %
Cubeta 20 L	2	2.4 %	89.2 %
Recipiente 50 L	2	2.4 %	91.6 %
Bote 20 L	1	1.2 %	92.8 %
Contenedor 50 L	1	1.2 %	94.0 %
Balde 20 L	2	2.4 %	96.4 %
Garrafón 20 L	2	2.4 %	98.8 %
Maseta 20 L	1	1.2 %	100.0 %



Figura 3. Ejemplos de criaderos en temporada seca (húmedos y secos) identificados y monitoreados para el desarrollo de mosquitos *Aedes* en la sección Las Américas II en Tapachula, Chiapas, México. A) Contenedor de plástico de 5 L con agua, B) llanta con agua, C) Botella de plástico de 5 L con agua, D) Florero de plástico con plantas, E) Contenedor de plástico de 20 L con agua, F) Contenedor de plástico con agua.

6.5 Proceso del material biológico obtenido por criaderos temporales (residuos sólidos o recipientes para uso doméstico)

Los criaderos obtenidos de las 125 casas de la colonia Las Américas 2da sección fueron llevadas al insectario del CRISP-INSP se les agrego (de acuerdo a su capacidad) agua de la llave y alimento para iniciar el proceso de eclosión. Las larvas obtenidas de los criaderos y las larvas transportadas desde los domicilios se colocaron en recipientes de 22 x 35 x 5 cm (un máximo de 500 larvas por recipiente) que contenían 1.2 L de agua, equivalente a 1.5 cm de profundidad. Las larvas de primero y segundo estadio se alimentaron durante los primeros tres días con 0.4 gr de una dieta larvaria. Las larvas de tercer y cuarto estadio se alimentaron con 0.8 gr de esta misma dieta hasta el sexto día. La dieta larvaria fue elaborada con una mezcla de proteínas, grasas, fibra y minerales, previamente molida, tamizada y esterilizada (LabDiet 5001). Las pupas se pasaron a charolas de 20 cm de diámetro y se cubrieron con una malla tricot sostenida con ligas para confinar a los adultos después de su emergencia. Los mosquitos adultos se contaron, sexaron e identificaron taxonómicamente; como último paso fueron transferidos a jaulas de cría (30 cm³), donde fueron alimentados con una solución de azúcar al 10%, se mantuvieron a $27^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa de $60\% \pm 5\%$ y 12:12 horas luz: oscuridad hasta su disposición (López-Solís et al., 2020).

6.6 Bioensayo con temefos al 5 % disuelto en aceite mineral inodoro como posible control operativo para poblaciones de huevos quiescentes

Se seleccionó temefos al 5% para realizar bioensayos considerando el siguiente razonamiento: (a) Los gránulos de arena de temefos al 1% son una formulación de organofosforado cercana y un larvicida bien conocido por los operadores de campo en otros lugares; (b) las condiciones extremas de temperaturas elevadas y poca humedad relativa durante la estación seca exigen un producto más desafiante como el aceite mineral con un punto de ebullición de 360°C junto con una mayor concentración de 5% de temefos. Aunque hay informes frecuentes de resistencia a los insecticidas, los expertos de la Organización Mundial de la Salud mantienen su recomendación de uso (WHO 2008). En este experimento, mosquitos hembra grávidas criadas a partir de los huevos recolectados en el área de estudio fueron liberados en jaulas de metal de 30 cm de largo \times 30 cm de ancho. Dentro de cada jaula, se proporcionó un recipiente de plástico con un papel de filtro Whatman #2 húmedo para que las hembras pusieran sus huevos. Los huevos

en el papel de filtro se dejaron embrionar durante 72 h. Posteriormente, los huevos embrionados fueron contados y distribuidos aleatoriamente en 24 recipientes plásticos de 500 mL cada uno, cada recipiente contenía entre 12 y 65 huevos. Como siguiente paso, los recipientes fueron seleccionados de manera aleatoria y se aplicaron tres tratamientos diferentes: (a) 3 mL de una solución de temefos al 5% (Alabaster 500 EC ®+ aceite mineral), (b) 3 mL de aceite mineral y (c) tratamiento control donde no se aplicó nada a los huevos. Los tratamientos se aplicaron utilizando un rociador plástico portátil de 300 mL de capacidad. Dos días después de la aplicación los tratamientos, se añadieron 400 mL de agua limpia y alimento para peces para estimular la eclosión. El monitoreo continuó durante 72 h y el porcentaje de huevos eclosionados en cada recipiente se registró utilizando la siguiente fórmula: (número de larvas eclosionadas/número total de huevos) \times 100. Se realizaron ocho observaciones por tratamiento y el bioensayo se repitió tres veces.

7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron análisis estadísticos descriptivos y de distribución de parcelas sobre la eclosión, los porcentajes de emergencia y las proporciones de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* obtenidos de las ovitrampas. Así mismo, se evaluó la distribución de frecuencias de los huevos desecados o inactivos obtenidos de los contenedores encontrados en la localidad. Se calculó la prueba de independencia de la prueba U de Mann-Whitney para datos no paramétricos para comparar las tasas de eclosión de las especies (Zar 2008).

La efectividad de temefos, al 5% como compuesto letal sobre los huevos desecados, se midió comparando el porcentaje de eclosión de cada tratamiento utilizando la prueba de Kruskal-Wallis y la comparación por pares de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner.

8. RESULTADOS

8.1 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de *Aedes* por medio de ovitrampas

De las 250 ovitrampas, distribuidas en las 125 casas participantes, 39 (15.6%) resultaron negativas y 211 (84.4%) positivas (Figura 1D). A partir de las trampas positivas se registró un total de 7290 huevos y se contabilizó un porcentaje de eclosión de $78.47 \pm 15.64\%$ (5667 de los huevos contabilizados llegaron a adultos). Del total de adultos contabilizados e identificados se obtuvo 4031 individuos (71.13%) *Ae. aegypti* y 1636 (28.86%) *Ae. albopictus* (Figura 4).

El recuento total de mosquitos por especie y sexo fue de *Ae. aegypti* 1.861 (32,8%) hembras y 2.170 (38,3%) machos, y *Ae. albopictus* 767 (13,5%) hembras y 869 (15,3%) machos, respectivamente. Es interesante notar que las tasas de eclosión por especie de mosquito fueron 55,5% para *Ae. aegypti* y 22,4% para *Ae. albopictus*. La especie *Ae. aegypti* fue encontrada en 209 (83,6%) ovitrampas, mientras que *Ae. albopictus* en 114 (45,4%). Ambos mosquitos culícidos se encontraron en 108 ovitrampas (43,2%), lo que indica competencia de nicho de especies. Por otra parte, el 14% de las ovitrampas resultaron negativas, lo que indica que no atrajeron hembras de ambas especies. La mayoría de ovitrampas tuvieron un promedio de ≤ 20 huevos y mantuvieron un patrón de distribución similar en ambas especies. Sin embargo, algunas ovitrampas registraron ≥ 100 huevos (Figuras 5 y 6) (Tabla 2 y 3).

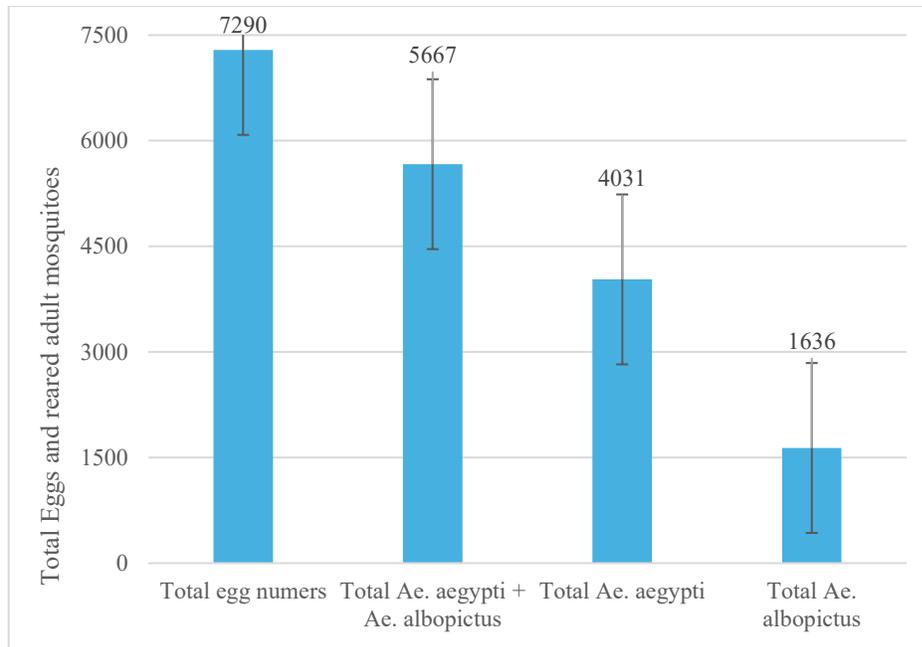


Figura 4. Número total de huevos de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* puestos en 250 ovitrampas y los adultos obtenidos a partir de estas. El muestreo se realizó en 125 hogares durante la temporada seca en la localidad de Las Américas, sección II en Tapachula, sur de México.

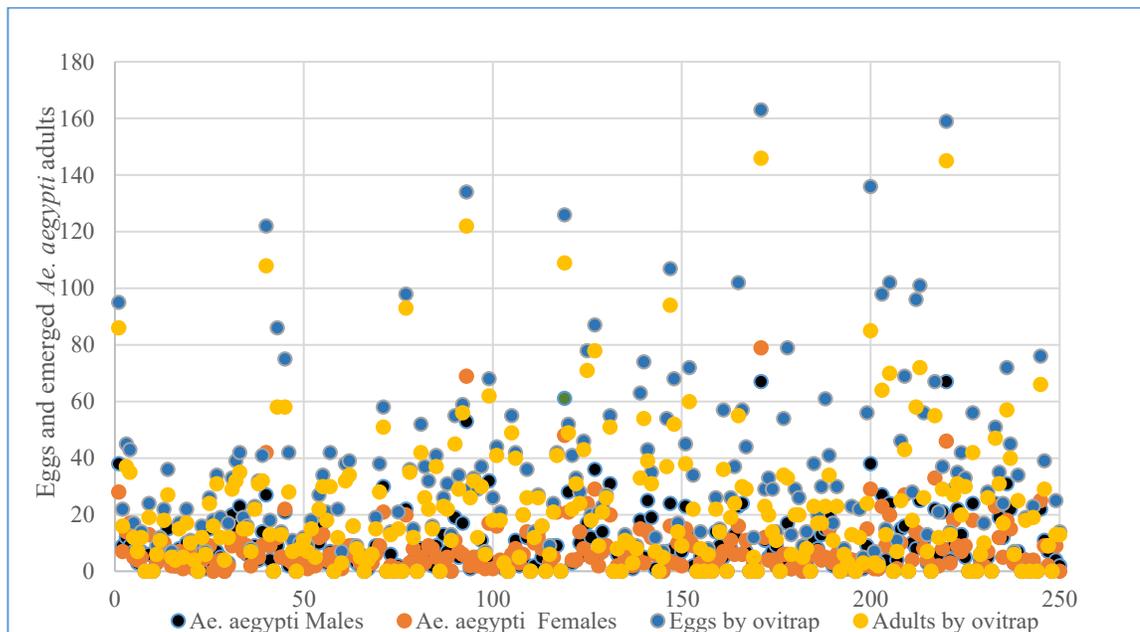


Figura 5. Dispersión de los 7.290 huevos colectados de ovitrampas colocadas en 125 casas. Aquí podemos observar la distribución de los 5.667 huevos de los cuales se obtuvieron adultos de *Aedes aegypti* (4.031) hembras y machos.

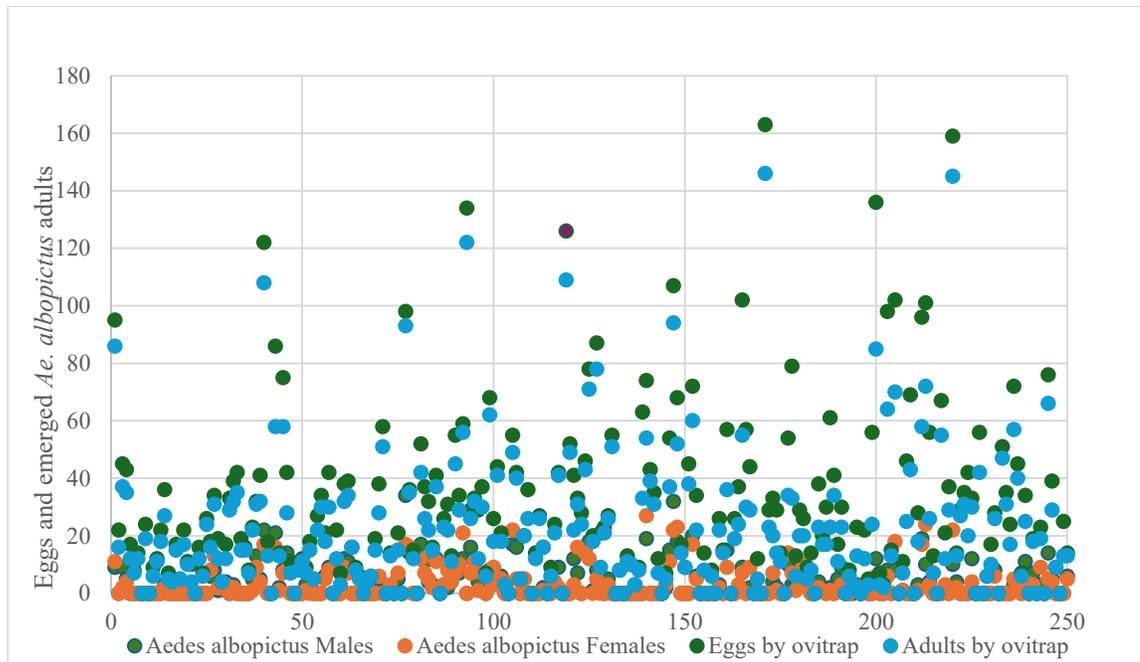


Figura 6. Dispersión de los 7.290 huevos colectados de ovitrampas colocadas en 125 casas. Aquí podemos observar la distribución de los 5.667 huevos de los cuales se obtuvieron adultos de *Aedes albopictus* (1636 hembras y machos).

Tabla 2. Proporciones de especies de mosquitos emergidos de los huevos colectados mediante ovitrampas

Especie	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
<i>Ae. aegypti</i>	4031	71.1 %	71.1 %
<i>Ae. albopictus</i>	1636	28.9 %	100.0 %

Tabla 3. Proporciones de hembras y machos de las especies de mosquitos emergidos de los huevos colectados mediante ovitrampa.

sexo	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
<i>Ae. aegypti</i> macho	2170	38.3 %	38.3 %
<i>Ae. aegypti</i> hembra	1861	32.8 %	71.1 %
<i>Ae. albopictus</i> macho	869	15.3 %	86.5 %
<i>Ae. albopictus</i> hembra	767	13.5 %	100.0 %

8.2 Determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de *Aedes* mediante la identificación y recolección de criaderos temporales (residuos sólidos o recipientes para uso doméstico)

Se realizó la identificación de 500 criaderos potenciales para el desarrollo de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. De estos quinientos criaderos se seleccionaron únicamente los que podían ser manipulados, transportados con autorización de los jefes de familia y clasificados de acuerdo con su capacidad de almacenamiento de agua (llantas, menor a 10 litros y mayor a 10 litros). En nuestro monitoreo no se tomó en cuenta los tanques para almacenamiento de agua mayores a 500 L ya que habían sido tratados con anterioridad con Spinosad como parte de los métodos de control de la secretaria de salud. Se recolectaron criaderos temporales como llantas, cubetas 20 L, floreros 3 L, botellas 3 L, tazas de baño, recipientes de plástico de 1 L, bebederos 2 L, macetas, ollas 5 L, etc. En total fueron transportados 83 criaderos potenciales, los cuales fueron monitoreados para el desarrollo de larvas y adultos. De estos 83 recipientes (28,9%) fueron llantas, el 71.1% restante fueron diversos recipientes distribuidos entre el 1,2 % y el 3.6%, respectivamente. En este contexto, los recipientes se clasificaron en llantas, recipientes menores a 10 L y recipientes mayores a 10 L, por lo que el porcentaje de llantas encontradas en la vivienda fue 28.9%, mientras que para recipientes menores y mayores de 10 L el porcentaje fue de 56.6% y 14.5%, respectivamente (Figura 7 y Figura 8).

Los huevos dentro de los recipientes colectados en las viviendas de la comunidad fueron llevados a laboratorio y se les dio seguimiento hasta su emergencia. De estos huevos, se encontraron un total de 3,063 (100%) mosquitos, de los cuales se identificó que el 65.4% (2,003) fueron *Ae. aegypti* y el 34.6% (1,060) *Ae. albopictus*. Observamos que del total de mosquitos el 59.4% (1,818) se encontraron en llantas, 30% (919) en recipientes con capacidad menor a 10 L y 10.6% (326) en recipientes con capacidad mayor a 10 L.

En las tablas 4 y 5 se desagregó la variable mosquitos por especie y sexo, y observamos que del total de mosquitos la proporción de machos de ambas especies fue un poco mayor que de las hembras (34.9 % y 19.9% vs 30.5% y 14.7%, respectivamente). También observamos que la proporción de hembras fue de 30.5 % para *Ae. aegypti* mientras que en *Ae. albopictus* fue de 14.7%. Además, según el tipo de recipiente observamos que la

mayor diferencia de proporción de hembras entre ambas se observó en recipientes con capacidad mayor a 10 L. Se realizaron análisis estadísticos para evaluar la relación entre los tipos de recipientes y la presencia del mosquito *Ae. aegypti*. En primer lugar, el análisis de Diferencia de Proporciones indicó que la proporción de presencia de *Ae. aegypti* fue del 81% en recipientes con capacidad mayor de 10 L y del 66.1% en recipientes con capacidad menor de 10 L. La diferencia absoluta de proporciones fue de 0.149, y el intervalo de confianza al 95% sugiere que esta diferencia es significativa, lo que respalda la asociación entre el volumen de agua y la presencia del mosquito. En segundo lugar, el análisis de Odds Ratio mostró que las probabilidades de encontrar mosquitos eran aproximadamente 2.19 veces mayores en recipientes con capacidad mayor a 10 L en comparación con los recipientes menores de 10 L. Este resultado sugiere una asociación significativa entre los recipientes con capacidad de mayor volumen 10 L y la presencia del mosquito. Por último, el análisis de Razón de Proporciones mostró que la proporción de presencia de *Ae. aegypti* era aproximadamente 1.226 veces mayor en condiciones de recipientes con capacidad de más de 10 L en comparación con recipientes con capacidad menor a 10 L. El intervalo de confianza al 95% para la razón de proporciones (1.14, 1.32) excluye el valor 1, lo que respalda la conclusión de una asociación significativa. En resumen, los tres análisis estadísticos convergen en la idea de que hay una asociación estadísticamente significativa entre el volumen de agua y la presencia del mosquito *Ae. aegypti*, indicando que la probabilidad o proporción de encontrar estos mosquitos es más alta en recipientes con capacidad de almacenar un volumen superior a 10 L, además cuando comparamos los recipientes con capacidad mayor a 10 L contra las llantas los resultados fueron similares a los descritos anteriormente pero cuando comparamos recipientes con capacidad menor a 10 L respecto a llantas no hubo diferencias estadísticamente significativas. Por otro lado, los análisis estadísticos revelan que la presencia del mosquito *Ae. albopictus* consistente y significativamente estuvieron asociados con recipientes con capacidad menor a 10 L y con llantas.

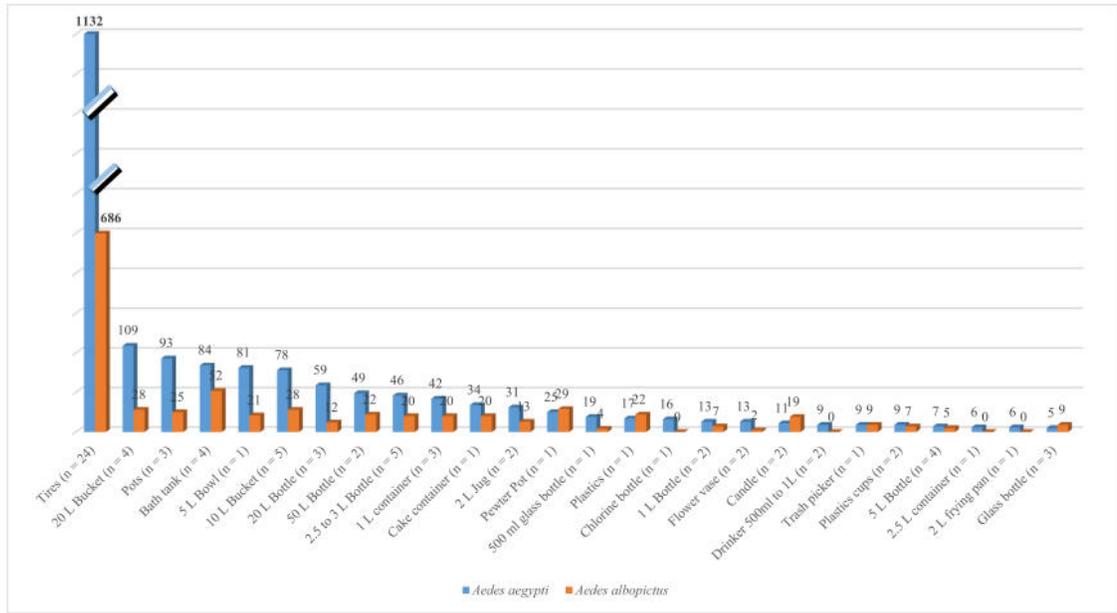


Figura 7. Adultos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* emergiendo de huevos secos y pegados recolectados por encima de la línea de agua en diversos contenedores de patio en Tapachula, Chiapas, sur de México.

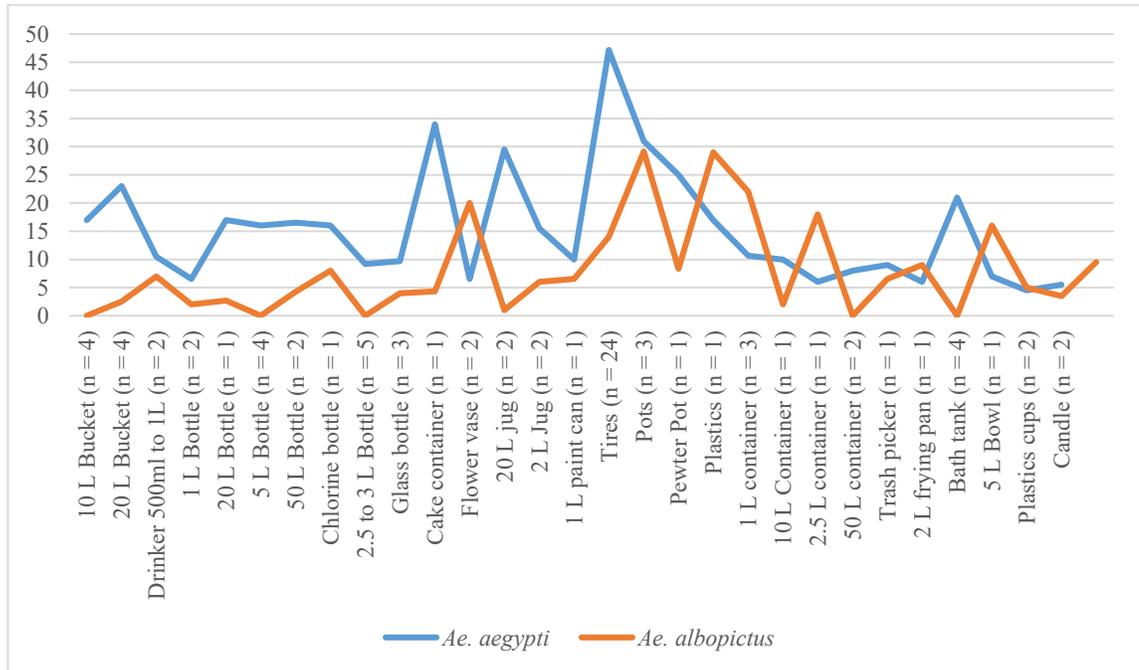


Figura 8. Número promedio de mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* emergentes de los contenedores colectados en 83 lugares de Tapachula, Chiapas, sur de México.

Tabla 4. Frecuencia y porcentaje de recipientes encontrados en la comunidad

Recipientes	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Llanta	24	28.9 %	28.9 %
Recipiente menor a 10 Lt	47	56.6 %	85.5 %
Recipiente mayor a 10 Lt	12	14.5 %	100.0 %

Tabla 5: Mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* adultos criados a partir de huevos quiescentes recolectados durante la temporada seca del interior de contenedores domésticos vacíos más comunes en Tapachula, Chiapas, México, 2023.

Casa #	Contenedores positivos a huevos	Tamaño de muestra	<i>Ae. Aegypti</i>		<i>Ae. Albopictus</i>		Adultos totales
			Machos	Hembras	Machos	Hembras	
7	Tanque de baño	1	4	2	13	9	28
15	Botella 1 L	1	2	4	4	3	13
43	Llanta	1	34	39	24	10	107
64	Llanta	1	4	7	7	2	20
100	Llanta	1	3	8	3	0	14
122	Recipiente 2 L	1	3	3	0	0	6
	TOTAL	6	50	63	51	24	188

8.3 Eficacia de bioensayos de temefos al 5% en huevos secos de *Ae. aegypti*

La eclosión de huevos secos se inhibió completamente mediante la formulación al 5% de temefos disuelto en aceite de alcohol mineral. Esta consistencia de actividad ovicida del 100% se repitió durante los tres ensayos, cada uno con ocho repeticiones (prueba de Kruskal–Wallis $X^2 = 60,4$; $fd = 2$; $p < 0,001$, y diferencias en todas las comparaciones por pares de Dwass–Steel–Critchlow–Fligner ($p < 0,001$). El tratamiento que utilizó solo aceite mineral resultó en un promedio de 18% de bloqueo de la eclosión de huevos en múltiples bioensayos y repeticiones. El grupo de control no tratado tuvo una tasa de eclosión promedio de 60,8% (Figura 9). Nuestros resultados preliminares son evidencia de la actividad ovicida poco documentada de temefos para los vectores del dengue en otros lugares. Los resultados también muestran una estrategia potencial para aplicar medidas de control durante la temporada seca interepidémica en sitios de reproducción de tamaño pequeño que tienen huevos inactivos en los patios traseros de las casas y la mayoría de los sitios relacionados.

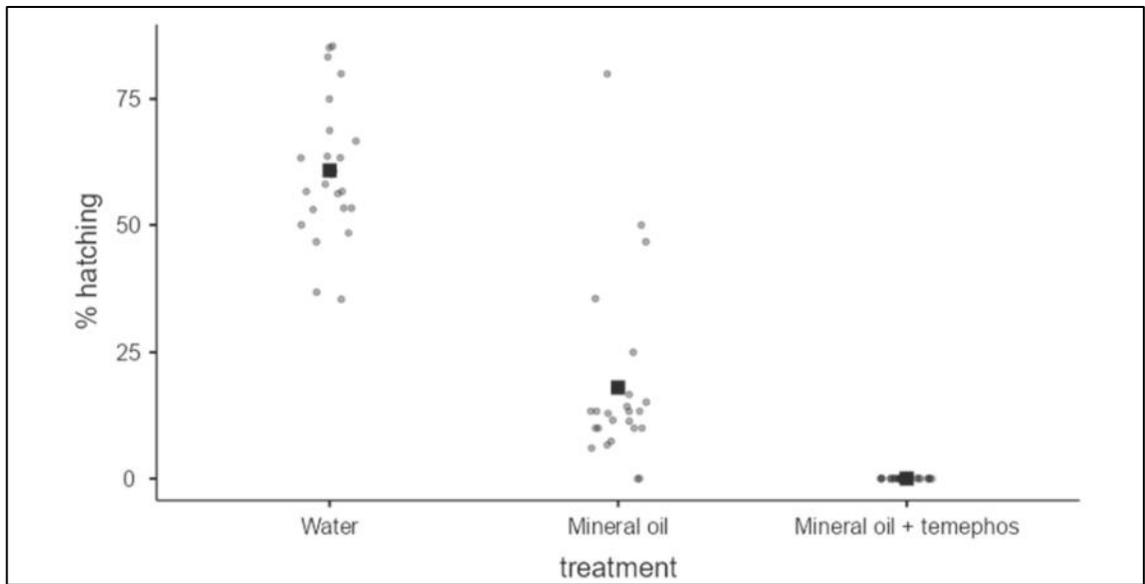


Figura 9. Porcentaje promedio (punto más oscuro) de eclosión de huevos de *Ae. aegypti* expuestos a los diferentes tratamientos. Prueba de Kruskal-Wallis $X^2= 60,4$; $fd = 2$; $p < 0,001$. Diferencias en todas las comparaciones por pares de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner ($p < 0,001$).

9. DISCUSIONES

La detección constante de nuevos casos de dengue está directamente relacionada con la presencia del vector. Los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* representan el factor de riesgo principal en la transmisión del virus; aunado a esto, temperatura óptima, precipitaciones pluviales adecuadas, cambios en los patrones de distribución, plasticidad ecológica de los mosquitos, urbanización continua no planificada, migración, servicios de sanidad deficientes, el uso inadecuado de recipientes no biodegradables y el mal manejo de recipientes naturales o artificiales que puedan convertirse en criaderos potenciales resulta en una problemática multifactorial difícil de manejar (Vargas y Suarez 2020).

Este trabajo es una aproximación a la realidad que se vive en la mayoría de los países latinoamericanos; a pesar de que los gobiernos municipales, estatales y federales de nuestro país cumplen con la implementación de campañas y métodos de control para la lucha contra el dengue estas no son efectivas debido a la falta de participación ciudadana o fallos en la aplicación de las estrategias y métodos de control.

De acuerdo con nuestros resultados podemos observar que en una pequeña área de trabajo con 309 casas solo 125 de ellas aceptaron participar en esta investigación, lo que nos refleja que menos del 50% de participación por parte de la comunidad. Esto puede estar directamente relacionado con la falta de interés por parte de las familias, pero también la falta de información y la problemática de seguridad que representa autorizar el ingreso de personas ajenas al domicilio. Sin embargo, a pesar de haber trabajado únicamente con el 40.45% del total de las viviendas pudimos demostrar fallos en el método de control integral de vectores que aplica la secretaria de salud mexicana visto desde una perspectiva socio-ecológica.

En los resultados obtenidos en la determinación del porcentaje de mosquitos adultos por medio de ovitrampas podemos confirmar la presencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en la zona de monitoreo; *Ae. aegypti* es la especie más abundante tanto para machos y hembras (71.13%). Sin embargo, el porcentaje de adultos de *Ae. albopictus* encontrados (28.86%) nos indica que la plasticidad ecológica de este vector le ha permitido desarrollarse en los mismos nichos ecológicos que *Ae. aegypti*. Algunas predicciones indican que *Ae. albopictus* será capaz de saturar nichos ecológicos y desplazar de algunas

zonas a *Ae. aegypti* para los años 2030 – 2050, lo que aumenta en un 49% el riesgo de transmisión de los arbovirus transmitidos por estos mosquitos (Mordecai *et al.*, 2022).

En nuestros resultados para la determinación del porcentaje de casas positivas a huevos de *Aedes* mediante la identificación y recolección de criaderos temporales podemos observar que a pesar de la implementación de estrategias de control por parte del gobierno municipal (descacharrización y tanques de agua tratados con spinosad) el número total de adultos obtenidos es significativo (3063 adultos). Al igual que en el monitoreo con ovitrampas *Ae. aegypti* fue la especie dominante (65.39%) tanto en machos y hembras; sin embargo, el porcentaje de *Ae. albopictus* se incrementa en comparación al obtenido con ovitrampas (34.60%). De acuerdo con la clasificación y análisis del tipo de criadero temporales (húmedos o secos) podemos observar que se recolectó un número considerable de llantas que se encontraban ubicadas en el peridomicilio (24 unidades) y que fueron estas las que presentaron las mejores condiciones como criadero temporal. Del porcentaje total de adultos contabilizados el 59.35% se obtuvo de las llantas, el 30.00% de los criaderos con capacidad menos a 10 litros y el 10.64% para los criaderos con capacidad mayor a 10 litros.

Los resultados antes mencionados nos indican que las cepas locales de *Aedes* tienen la capacidad de reproducirse, eclosionar, sobrevivir y cohabitar bajo diversas condiciones ambientales. Igualmente, el escenario actual nos indica que la zona en la que realizamos el trabajo de campo está favoreciendo la reinfestación de los hogares debido a la acumulación de residuos sólidos que cumplen con las condiciones para convertirse en criaderos o reservorios de los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*. Es aquí donde recae la importancia de la necesidad de un control de vectores adaptado localmente donde se integren enfoques existentes y novedosos (Respuesta Mundial al Control de Vectores 2017-2030 de la OMS). En las estrategias de control actualmente utilizadas en nuestro país no se toman en cuenta aquellos huevos que, como parte de su proceso de adaptación y supervivencia, entran en un proceso de diapausa como resultado a un estímulo externo (fotoperiodo y temperatura). Se sabe que son las hembras las encargadas de inducir una señal de diapausa en sus oocitos que perdura a lo largo de todo su desarrollo embrionario; por lo anterior, la larva de primer estadio se queda quiescente en el interior del corion del

huevo (Denlinger y Armbruster 2016). Hasta que los factores ambientales dentro y fuera del criadero sean óptimos la población de huevos quiescentes o en diapausa pueden sincronizarse e iniciar su emergencia de forma simultánea.

En nuestra zona, todos aquellos criaderos naturales o artificiales que no son tratados o parcialmente tratados, pueden albergar huevos de *Aedes* que pueden entrar en un proceso donde su desarrollo embrionario se vea ralentizado; por lo tanto, estos embriones serán mucho más tolerantes al estrés desecación y cambios de temperatura para que al encontrar las condiciones óptimas en el ambiente o microambiente (dentro del criadero) estos inician la emergencia; y con ello la reinfestación de los domicilios tratados (Lucientes y Collantes 2020) . Por lo que se necesitan de soluciones concretas para disminuir las poblaciones fluctuantes de los vectores; además de reforzar y continuar con los programas activos de tratado de reservorios de agua domésticos, eliminación de residuos sólidos, larvicidas, controladores biológicos y adulticidas (Mordecai *et al.*, 2022). Igualmente se necesitan reforzar las estrategias de eliminación de residuos sólidos, ya que, aunque los residuos (criaderos artificiales) sean retirados de los domicilios deben llevar un tratamiento para eliminar todo el material biológico que podría encontrarse en su interior; y que de no ser dispuestos de manera adecuada podrían ser una pieza importante en el aumento de las poblaciones de *Aedes* en zonas diferentes a las que fueron recolectados.

Por otro lado, es importante que mencionemos que el tratado de criaderos naturales y artificiales (residuos sólidos) no solo está enfocado en evitar una reinfestación de estos vectores en la zona tratada. El aumento de las poblaciones de mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* aumenta el riesgo de aparición de casos de dengue debido a la transmisión vertical del virus (responsable de la infección de la progenie de hembras infectadas). La transmisión vertical podría explicar la persistencia en la naturaleza del DENV en ausencia de humanos infectados o en condiciones ambientales desfavorables para la supervivencia del mosquito adulto (Adams y Boots 2010). Los huevos de mosquitos secos infectados pueden permanecer latentes hasta que el agua (principalmente agua de lluvia) los activa, dando lugar a nuevos mosquitos infectados (Lequime y Lambrechts 2014). En 2019 Danís-Lozano *et al.*; monitorearon la transmisión vertical del virus dengue en 9 ciudades de la república mexicana; colectaron huevos de *Aedes* por medio de ovitrampas, criaron a

los adultos en condiciones de laboratorio y detectaron la presencia de flavivirus mediante ensayos de inmunofluorescencia (IFA) y la infección por DENV se confirmó mediante RT-PCR. Dentro de sus resultados más importantes encontraron que el 96% de los adultos criados fueron *Ae. aegypti* y el 4,0% fueron *Ae. albopictus*. No se detectó infección vertical en *Ae. albopictus*, mientras que 54 de 713 (7,8%) de *Ae. aegypti* dieron positivo. Se estimó una tasa mínima de infección (TMI) de 2,52 por 1000 mosquitos para *Ae. aegypti*. Los serotipos DENV-1, DENV-2 y DENV-3 se detectaron incluso durante períodos interepidémicos (Danís-Lozano et al 2019).

En nuestro trabajo la presencia de criaderos temporales fue positiva en las 125 casas que participaron en el estudio, de acuerdo con nuestras observaciones se detectaron 500 criaderos potenciales, de los cuales solo 83 pudimos transportar y evaluar para el desarrollo de adultos de *Aedes*. Esto indica que solo el 8.30% de los criaderos potenciales fueron evaluados, de los cuales se obtuvieron 3063 adultos de *Aedes*, con la capacidad alimentarse, reproducirse, reinfestar y una probabilidad de transmitir el virus dengue no solo las casas monitoreadas, también las 309 casas que conforman la colonia. Pereira, en 2022, propuso una estrategia ciudadana de gestión de residuos sólidos para disminuir los criaderos de *Aedes aegypti* en Asunción, Paraguay. De acuerdo con su experiencia para la implementación de la estrategia desde el nivel municipal tuvo que enfrentarse a la confrontación de poderes técnico-políticos al interior de la estructura organizativa, que son comunes en la gestión de la administración municipal con una dinámica de sistemas complejos. La implementación implicó lidiar con múltiples actores. Solo en la estructura municipal se trabajó con en coordinación con nueve direcciones: Dirección General del Área Social, Dirección de Servicios Urbanos, Dirección General de Gestión de Riesgos y Desastres, Dirección General de Comunicación, Dirección General de Gestión Ambiental, Dirección de Vigilancia, Dirección de Recursos Humanos, y Dirección de Gabinete. También trabajo en conjunto con el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, el Ministerio de Educación y Ciencias, las Fuerzas Armadas, la Secretaría de Emergencia Nacional, entre otros (Pereira 2022).

Y es precisamente esto, la participación y coordinación de diferentes instituciones, lo deseable en el momento de implementar acciones de gestión transectoriales. Ya que condiciona el modelo de implementación de las acciones; debido a que en ocasiones la

selección de las áreas de trabajo o la sostenibilidad del servicio responde a criterios distintos a la justificación técnico-epidemiológica. También, es necesario incluir las bases de datos municipales o estatales ya que ofrecen información sobre características poblacionales, arquitectónicas y de provisión de servicios básicos en una escala de intervención por zonas, para que esto nos permita predecir zonas geográficas con mayor concentración de criaderos.

Es por ello que a falta de una vacuna o tratamiento específico para las infecciones por dengue, en México y en la mayoría de países latinoamericanos, el control de vectores a través de intervenciones ambientales sigue siendo el método principal para prevenir las infecciones por dengue, porque al reducir la población vectorial y los criaderos representan métodos sostenibles y seguros (Buhler et al., 2019); pero es un desafío contar con herramientas para orientar y priorizar estas intervenciones.

En cuanto al control del vector *Aedes* mediante programas gubernamentales, las medidas se reducen drásticamente durante la temporada seca. Sin embargo, muchos huevos quiescentes, desecados y sin tratar permanecen ocultos y pegados a miles de pequeños contenedores similares a basura en hábitats larvarios residenciales y no residenciales (Morrison *et al.*, 2006). Nuestros resultados utilizando temefos al 5% disuelto en aceite mineral dieron como resultado un bloqueo del 100% de la eclosión de huevos de *Ae. aegypti*. No podemos definir temefos como ovicida; tal vez algunos huevos eclosionaron y el ingrediente activo de temefos intoxicó la primera etapa, actuando como un larvicida. Sin embargo, para fines prácticos, puede ser una herramienta potencial para eliminar la población de embriones latentes que viven en las poblaciones de huevos de la temporada seca.

Por otro lado, el aceite mineral, al ser un solvente de alta temperatura de vapor, mantendrá el ingrediente activo durante 4 a 6 meses de la temporada seca después de ser rociado en muchos contenedores pequeños de patio trasero. Los programas de control integrado de vectores pueden considerar la inclusión de un componente de estación seca contra las poblaciones de huevos inactivos (WHO 2017).

10. CONCLUSIÓN

La evidencia presentada en este trabajo de investigación nos permite indicar fallas en la implementación de las estrategias de control de vectores a nivel municipal, pero que pueden extrapolarse a nivel estatal, nacional e internacional. Se necesitan establecer vínculos de trabajo con diferentes organizaciones gubernamentales para impactar de manera efectiva a las poblaciones de las diferentes fases de vida de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* para con ello lograr áreas libres de vectores por mayor tiempo. Igualmente, el incluir, informar y empoderar a la comunidad en la gestión de residuos sólidos que se encuentran dentro de los domicilios facilitaría la recolección y una correcta disposición de estos por parte de las autoridades sanitarias.

Otro lado se deben aplicar tratamientos específicos en el campo para controlar las poblaciones de huevos en la temporada seca. En este estudio hemos demostrado que rociar los huevos secos con temefos al 5% disuelto en aceite mineral puede ser una medida interesante para aplicar durante los meses de la temporada seca para prevenir futuros brotes en la temporada de lluvias. Se necesitan urgentemente estudios adicionales sobre el papel de las poblaciones de huevos de los vectores *Aedes*, considerando que se siguen reportando grandes brotes de dengue, chikungunya y Zika en México y América Latina, y que el desarrollo de vacunas y medicamentos antivirales llevará tiempo.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, B., & Boots, M. (2010). How important is vertical transmission in mosquitoes for the persistence of dengue? Insights from a mathematical model. *Epidemics*, 2(1), 1-10.
2. Alvarado-Moreno, M.S.; Laguna-Aguilar, M.; Rodríguez, O.S.S.; Sánchez-Casas, R.M.; Ramírez-Jiménez, R.; Zarate-Nahón, E.A.; Achee, N.; Grieco, J.P.; Fernández-Salas, I. (2013). Potential community-based control by use of plastic film to block *Aedes aegypti* (L.) egg adhesion. *Southwest. Entomol.* 38, 605–614.
3. Boletín de Epidemiología. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. Secretaría de Salud, México. 2023. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/879365/sem52.pdf>
4. Buhler, C.; Winkler, V.; Runge-Ranzinger, S.; Boyce, R.; Horstick, O. Environmental methods for dengue vector control—A systematic review and meta-analysis. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 2019. 13(7), e0007420.
5. Clements, A.N. (2011) *The Biology of Mosquitoes: Viral, Arboviral and Bacterial Pathogens*; Cabi: Wallingford, UK, Volume 3.
6. Danis-Lozano, R., Díaz-González, E. E., Malo-García, I. R., Rodríguez, M. H., Ramos-Castañeda, J., Juárez-Palma, L., ... & Fernández-Salas, I. (2019). Vertical transmission of dengue virus in *Aedes aegypti* and its role in the epidemiological persistence of dengue in Central and Southern Mexico. *Tropical Medicine & International Health*, 24(11), 1311-1319.
7. Denlinger, D. L., & Armbruster, P. A. (2016). Molecular physiology of mosquito diapause. In *Advances in insect physiology* (Vol. 51, pp. 329-361). Academic Press.
8. Fernández-Salas, I.; Díaz-González, E.E.; López-Gatell, H.; Alpuche-Aranda, C. (2016). Chikungunya and Zika virus dissemination in the Americas: Different arboviruses reflecting the same spreading routes and poor vector-control policies. *Curr. Opin. Infect. Dis.* 29, 467–475.
9. Galavíz-Parada, J.; Vega-Villasante, F.; Marquetti, M.D.C.; Guerrero-Galván, S.; Chong-Carrillo, O.; Navarrete Heredia, J.L.; Cupul-Magaña, F. G. (2019). Efecto de la temperatura y salinidad en la eclosión y supervivencia de *Aedes aegypti* (L) (Diptera: Culicidae) procedentes del occidente de México. *Rev. Cubana Med. Trop.* 2019. 71(2).
10. Guadarrama Peralta, V. Competencia larval interespecífica entre *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* bajo condiciones de laboratorio.2023. http://www.riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/3730/GUPVRC_05.pdf?sequence=1&isAllowed=y
11. Ibañez-Bernal, S.; Briseño, B.; Mutebi, J.P.; Argot, E.; Rodríguez, G.; Martínez-Campos, C.; Paz, R.; La Fuente-San Roman, P.D.; Tapia-Conyer, R.; Flisser, A. (1997). The first record in America was of *Aedes albopictus* naturally infected

- with dengue virus during the 1995 outbreak in Reynosa, Mexico. *Med. Vet. Entomol.* 11, 305–309.
12. INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Información por Entidad. Chiapas. Territorio. Clima. (2024). <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/territorio/clima.aspx?tema=me&e=07#:~:text=M%C3%A1s%20de%20la%20mitad%20de,C%20en%20la%20Llanura%20Coste%C3%B1a>
 13. Lequime, S., & Lambrechts, L. (2014). Vertical transmission of arboviruses in mosquitoes: a historical perspective. *Infection, Genetics and Evolution*, 28, 681-690.
 14. López-Solís, A.D.; Castillo-Vera, A.; Cisneros, J.; Solís-Santoyo, F.; Penilla-Navarro, R.P.; Black-IV W.C.; Torres-Estrada, J.L.; Rodríguez, A.D. Resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) de Tapachula, Chiapas, México. *Salud Publ. Méx.* 2020. 62(4), 439-446.
 15. Lucientes Curdi, J., & Collantes Alcaraz, F. Estudio poblacional de *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Skuse, 1894) en España: distribución, genética y alternativas de control biológico de la especie. 2020.
 16. MarketDataMexico.2023. <https://www.marketdatamexico.com/es/article/Colonia-Las-Américas-Secc-I-Tapachula-Chiapas>
 17. Mordecai, E.A.; Cohen, J.M.; Evans, M.V.; Gudapati, P., Johnson, L.R.; Lippi, C.A.; Weikel, D.P. Correction: detecting the impact of temperature on transmission of zika, dengue, and chikungunya using mechanistic models. *PLOS Negl. Trop. Dis.* 2022.. 16(6), e0010514.
 18. Morrison, A.C.; Sihuíncha, M.; Stancil, J.D.; Zamora, E.; Astete, H.; Olson, J.G.; Vidal-Ore, C.; Scott, T.W. (2006). Producción de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en sitios no residenciales de la ciudad amazónica de Iquitos, Perú. *Ann. Trop. Med. Parasitol.* 100, 73–86.
 19. Pan American Health Organization (PAHO). (2019). Handbook for Integrated Vector Management in the Americas. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51759>
 20. Pan American Health Organization (PAHO). (2024). Informe de la situación epidemiológica del dengue en las Américas. <https://paho.org/sites/default/files/2024-11/2024-cde-dengue-sitrep-americas-epi-week-45-21-nov-es.pdf>
 21. Pereira, P. L. Estrategia ciudadana de gestión de residuos sólidos para disminuir los criaderos de *Aedes aegypti* en Asunción, Paraguay. 2022Sánchez Tinjacá, Y.V. Distribución histórica, actual y potencial bajo escenarios de Cambio Climático de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en Colombia. 2022.
 22. UNICEF. Control del vector *Aedes aegypti* y medidas preventivas en el contexto del Zika. Nota técnica para UNICEF. Versión Mayo-2016. 2016. <https://www.unicef.org/lac/media/1381/file/PD%20Publicaci%C3%B3n%20Control%20del%20vector%20Aedes%20aegypti%20y%20medidas%20preventivas.pdf>

23. Vargas Pineda, M.N.; Suárez Mantilla, J.N. Análisis de las variaciones en aspectos reproductivos en dos poblaciones de *Aedes aegypti* Linneaus, 1762, sometidas a condiciones climáticas no controladas de Bogotá. 2020. Ciencia Unisalle. Universidad de La Salle. Colombia.
24. Vazquez-Prokopec, G. M.; Che-Mendoza, A.; Kirstein, O. D.; Bibiano-Marin, W.; González-Olvera, G.; Medina-Barreiro, A.; Manrique-Saide, P. Preventive residual insecticide applications successfully controlled *Aedes aegypti* in Yucatan, Mexico. *Scientific Reports*. 2022. 12(1), 21998.
25. Zar, J. (2008). *Statistical Analysis*; Prentice Hall: Hoboken, NJ, USA. Available online: <https://bayesmath.com/wp-content/uploads/2021/05/Jerrold-H.-Zar-Biostatistical-Analysis-5th-Edition-Prentice-Hall-2009.pdf>
26. World Health Organization (WHO). WHO Specifications and Evaluations for Public Health Pesticides. (2008). Available online: https://extranet.who.int/prequal/sites/default/files/vcp-documents/WHOVC-SP_Temephos_2010.pdf
27. World Health Organization. (2017). Global Vector Control Response 2017-20130. CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://apps.who.int/iris>