

**EFFECTO INSECTICIDA DE UN RECUBRIMIENTO DE ACCIÓN DUAL SOBRE
CONTENEDORES DE AGUA PARA EL CONTROL DE *Aedes aegypti* EN
SEMICAMPO**

MAYRA ALEJANDRA PINEDA JURADO

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
PROGRAMA DE BIOLOGIA
PAMPLONA, COLOMBIA**

2021

**EFFECTO INSECTICIDA DE UN RECUBRIMIENTO DE ACCIÓN DUAL SOBRE
CONTENEDORES DE AGUA PARA EL CONTROL DE *Aedes Aegypti* EN
SEMICAMPO**

MAYRA ALEJANDRA PINEDA JURADO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE BIÓLOGA DE LA UNIVERSIDAD
DE PAMPLONA**

DIRECTORA:

MSc. ROCIO CARDENAS SANCHEZ

CODIRECTOR:

MSc. DIEGO JAIMES MENDEZ

GRUPO DE INVESTIGACIÓN:

**GRUPO DE INVESTIGACION DE ENFERMEDADES PARASITARIAS, TROPICALES E
INFECCIOSAS
(GIEPATI)**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS
PROGRAMA DE BIOLOGIA
PAMPLONA, COLOMBIA**

2021

RESUMEN

Este trabajo investigativo tiene como objetivo evaluar en condiciones de semicampo el efecto insecticida de un recubrimiento de acción dual (Alfacipermetrina y Piriproxifen) sobre *Aedes aegypti*, su sustento teórico se basa en la profundización de los diferentes virus que transmite el *Ae. aegypti*. La metodología utilizada se fundamentó en utilizar una cepa de *Ae. aegypti* de referencia Rockefeller, la cual es susceptible a insecticidas, el tamaño de la muestra por bioensayo fue de 100 hembras de *Aedes*, las cuales se dividieron en dos grupos iguales, siendo 50 para el área expuesta y 50 para el área de control, los bioensayos adicionales se realizaron con 400 larvas en III instar para observar el comportamiento de las larvas y con 400 pupas para observar si había emergencia; los bioensayos con los huevos sin contacto con el recubrimiento, se realizó con el fin de determinar el desarrollo de las larvas desde su eclosión, se utilizaron 500 huevos de *Ae. aegypti*; para el análisis se utilizó la herramienta Excel, la cual aportó probabilidad binomial como base matemática y las características de fábrica del recubrimiento para establecer el valor del éxito y del fracaso del experimento; dentro de los resultados obtenidos el principal efecto causado por el recubrimiento insecticida de acción dual fue la letalidad en la mayor parte de los individuos que estuvieron expuestos; este resultado también se presentó en larvas y pupas; se pudo concluir que el recubrimiento con insecticida en semicampo, se puede utilizar como herramienta de control químico en los diferentes estadios del *Ae. aegypti* afectando inclusive su ovipostura, haciendo posible controlar la población desde los estadios inmaduros.

Palabras claves: *Ae. aegypti*; Alfacipermetrina; Piriproxifen; Rockefeller.

ABSTRACT

The objective of this research work is to evaluate the insecticidal effect of a dual action coating (Alphacypermethrin and Pyriproxyfen) on *Aedes aegypti* under semi-field conditions, its

theoretical basis is based on the study of the different viruses transmitted by *Ae. aegypti*. The methodology used was based on the use of a reference strain of *Ae. aegypti* Rockefeller reference strain, which is susceptible to insecticides, the sample size per bioassay was 100 *Aedes* females, which were divided into two equal groups, 50 for the exposed area and 50 for the control area, the additional bioassays were conducted with 400 larvae in III instar to observe the behavior of the larvae and with 400 pupae to observe if there was emergence; Bioassays with eggs without contact with the coating were carried out to determine the development of the larvae from hatching; 500 *Ae. aegypti* eggs were used. *aegypti* eggs were used; the Excel tool was used for the analysis, which provided binomial probability as a mathematical basis and the factory characteristics of the coating to establish the value of success and failure of the experiment; among the results obtained, the main effect caused by the dual action insecticide coating was lethality in most of the individuals that were exposed; this result was also present in larvae and pupae; it was concluded that the insecticide coating in semi-field can be used as a chemical control tool in the different stages of the *Ae. aegypti*, even affecting its oviposition, making it possible to control the population from the immature stages.

Key words: *Ae. aegypti*; Alphacypermethrin; Pyriproxyfen; Rockefeller.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. MARCO TEORICO	11
1.1 GENERO <i>Aedes</i>	12
1.2 ESPECIE <i>Aedes Aegypti</i>	13
1.3 CICLO DE VIDA	14
1.3.1 HUEVOS	15
1.3.2 LARVAS	15
1.3.3 PUPA	15
1.3.4 ADULTO	16
1.4 TAXONOMÍA DEL <i>Aedes Aegypti</i>	16
1.5 DISTRIBUCIÓN Y VECTOR DE ENFERMEDADES	16
1.5.1 DENGUE	17
1.5.2 ZIKA	17
1.5.3 CHIKUNGUNYA	18
1.5.4 FIEBRE AMARILLA	18
1.5.5 MAYARO	19
1.6 CONTROL DE VECTORES	19
2 OBJETIVO GENERAL	21
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3 METODOLOGIA	22

3.1 CEPA DE REFERENCIA SUSCEPTIBLE Y CRÍA.....	22
3.2 CRÍA Y MANTENIMIENTO DE <i>Aedes Aegypti</i>	22
3.2.1 MANTENIMIENTO DE FORMAS INMADURAS (LARVAS Y PUPAS).....	23
3.2.2 MANTENIMIENTO DE LOS ADULTOS.....	24
3.3 DEFINICIONES DEL ESTUDIO.....	25
3.4 ESCENARIOS DE LOS BIOENSAYOS: ÁREA EXPOSICIÓN Y ÁREA CONTROL	25
3.5 BIOENSAYO DE ÁREA EXPUESTA VS ÁREA DE CONTROL.....	27
3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	28
3.7. INDICE GLOBAL DEL EFECTO LETAL INSECTICIDA:.....	29
4 RESULTADOS.....	29
4.1. MORTALIDAD EN HEMBRAS GRÁVIDAS EXPUESTAS AL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA.....	29
4.2. SEGUIMIENTO DE LA OVIPOSTURA POR 7 DÍAS.....	31
4.3. INHIBICIÓN DE LA OVIPOSTURA DE LAS HEMBRAS EXPUESTAS AL RECUBRIMIENTO EN SEMICAMPO.....	32
4.4. EFECTO INSECTICIDA SOBRE HUEVOS, LARVAS Y PUPAS.....	35
4.4.1. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA EN HUEVOS.....	35
4.4.2. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA EN LARVAS.....	37
4.4.3. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA EN PUPAS.....	38
4.5 INDICE GLOBAL DEL EFECTO LETAL INSECTICIDA.....	39
5. DISCUSIÓN.....	39

6. CONCLUSIONES	45
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del <i>Aedes aegypti</i> Fuente: (Biogents, 2020).....	14
Figura 2. (A) Jaula de cría BugDorm. (B) Taza con servilletas para la ovipostura de las hembras. (C) Bandeja metálica donde se realiza la incubación de los huevos. (D) Servilletas con las cepas de los huevos recolectados.	23
Figura 3. Bandejas de cría para larvas de la cepa Rockefeller de la Especie <i>Ae. aegypti</i>	24
Figura 4. Larvas de <i>Ae. aegypti</i> alimentadas con purina dogourmet.....	24
Figura 5. Escenario de la arena experimental, área control y área expuesta	26
Figura 6. Tanque de plástico pintado con el recubrimiento insecticida.....	27
Figura 7. Tanques o recipientes de plástico del área expuesta.....	28
Figura 8 Inhibición de la postura de huevos de hembras de <i>Ae. aegypti</i> expuestas al recubrimiento insecticida.....	32
<i>Figura 9. Hembra de Ae. aegypti con distensión de grado III, observada bajo microscopio confirmando la retención de huevos.....</i>	<i>32</i>
Figura 10. Larva de <i>Ae. aegypti</i> en primer estadio o instar.	36
Figura 11. Larva de <i>Ae. aegypti</i> en primer instar y desintegrada.....	36
Figura 12. Larvas de <i>Ae. aegypti</i> muertas en el recipiente con el recubrimiento insecticida.	38

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Mortalidad de las hembras expuestas al recubrimiento en 24 horas y 48 horas en condiciones de semicampo.....	30
Tabla 2 Mortalidad de las hembras grávidas en el bioensayo de semicampo	31
<i>Tabla 3. Hembras de Ae. aegypti expuestas al recubrimiento insecticida, examinadas y su grado de distensión en cada bioensayo en semicampo.....</i>	<i>33</i>
Tabla 4 Porcentaje total y grado de distensión de hembras de <i>Ae. aegypti</i> sobrevivientes en cada área	33
Tabla 5 Porcentaje total y grado de distensión de hembras de <i>Ae. aegypti</i> muertas en cada área	34
Tabla 6 Porcentaje total hembras de <i>Ae. aegypti</i> expuestas al recubrimiento insecticida en semicampo	34
Tabla 7 Exposición de huevos de hembras de <i>Ae. aegypti</i> sin previo contacto al recubrimiento insecticida.....	35
Tabla 8 Total huevos expuestos, eclosionados y no eclosionados.....	36
Tabla 9. Mortalidad de larvas de <i>Ae. aegypti</i> expuestas en los recipientes controles y recipiente con el recubrimiento insecticida.	37
Tabla 10 Mortalidad de pupas de <i>Ae. aegypti</i> expuestas en los recipientes controles y recipiente con el recubrimiento insecticida.	38
Tabla 11. Total individuos expuestos, individuos muertos e individuos sobrevivientes	39

INTRODUCCIÓN

En Colombia, los eventos por arbovirus con mayor incidencia están dados por Dengue, Chikungunya y Zika. Esta situación ha sido facilitada por la presencia del mosquito vector que transmite los virus mencionados con anterioridad, *Aedes* sp.; por las condiciones que favorecen la transmisión de estos arbovirus y por las características geográficas del país. A inicios de octubre del 2020, el Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública (SIVIGILA), reportó que a nivel nacional el dengue representó el 99.5% de las notificaciones de arbovirosis (INS, 2020).

El control vectorial continúa siendo una de las estrategias de primera mano para controlar las densidades poblaciones del *Aedes* y a su vez interrumpir la cadena de transmisión del Dengue y subsecuentemente las otras enfermedades transmitidas por el mismo vector. Las formas implementadas de aplicación de insecticidas (fumigación, rociado y uso de larvicidas granulados), dependen de distintos factores externos que a largo plazo hacen que pierdan su efecto protector en la comunidad, por lo que, investigadores y colaboradores internacionales continúan en la búsqueda de nuevas herramientas para el control de artrópodos de importancia médica (Penella, 2016)

En el mercado internacional las restricciones acerca del uso de los insecticidas se vuelve cada vez más riguroso al momento de escoger los productos, ya que se piensa en los efectos que se puedan tener en la salud humana, en los ecosistemas y el medio ambiente, además de buscar un producto que tenga buenas características y que sea de fácil aplicación; el uso de los insecticidas causa gran preocupación a nivel ecológico por sus consecuencias ambientales y su único objetivo es acabar con las plagas de insectos, sin tener en cuenta otros insectos que son benefactores como por ejemplo los polinizadores o depredadores de plagas (Devine et al., 2008).

Para los últimos 50 años la incidencia del *Ae. aegypti* aumento 30 veces con la creciente expansión biogeográfica, este aumento se ha visto en los últimos años debido a los cambios climáticos y demográficos que se han producido, de igual manera se necesita una herramienta para evitar la rápida proliferación del *Aedes* (Padilla et al., 2012; Zeng et al., 2019), convirtiéndose en una necesidad conseguir un producto para el control de *Aedes* que pueda garantizar el bienestar de la población.

En necesario evaluar nuevas estrategias, encaminadas a hacer más eficiente el uso de los insecticidas, con nuevas tecnologías y trabajos de campo que caractericen los sitios de control, para lograr la reducción de casos por arbovirosis que contribuyan a mitigar la resistencia y los efectos nocivos de los insecticidas en el medio ambiente.

La empresa Inesfly ha desarrollado una herramienta de control vectorial químico contra el mosquito *Aedes*, “recubrimiento insecticida”. Cuenta con una tecnología patentada de microencapsulación polimérica en donde sus ingredientes activos piriproxifen y alfacipermetrina son liberados al medio de forma gradual y controlada, asegurando una baja toxicidad y un efecto residual prolongado (INESFLY COLOMBIA, 2021). Además, de asegurar el control del vector tanto en su fase adulta como en su fase de desarrollo acuática (larvas y pupas).

Las Autoridades de Salud de Colombia y la empresa Inesfly han establecido un convenio para lograr la implementación del recubrimiento insecticida en los programas de control vectorial, siendo Cúcuta el municipio pionero. Sin embargo, es de vital importancia llevar a cabo bioensayos antes de aplicar un nuevo insecticida en la comunidad con el objetivo de evaluar si existe resistencia en la población de *Aedes aegypti* local, garantizar la calidad del recubrimiento y la seguridad al contacto.

Por lo anterior, en el presente proyecto se busca, mediante el establecimiento de un entorno de semicampo, evaluar el efecto del recubrimiento insecticida, el cual está compuesto por alfacipermetrina 0.7% y piriproxifen 0.063%, aplicado en las paredes de los tanques de los recipientes plásticos y determinar los efectos toxicológicos que tiene en los huevos, larvas, pupas y adultos de *Ae. aegypti* y poder implementar el producto sin el peligro de entrar en un uso indiscriminado como se realiza con otros insecticidas que aumentan la contaminación (Márquez Benítez et al., 2019).

1. MARCO TEORICO

La organización mundial de la salud en el año 1967 detallo que los arbovirus son un grupo de virus que existen en la naturaleza, por su principal acción de transmisión biológica entre artrópodo hematófago; de ahí su nombre del inglés "Arthropod-Borne Viruses" o "Virus llevados (transmitidos) por artrópodos" (CDC & DVBD, 2019). Las arbovirosis, taxonómicamente, son un grupo compuesto por más de 500 virus, de los cuales 150 virus aproximadamente son causantes de enfermedades en los seres humanos. (Dash et al., 2013)

La transmisión de los arbovirus se da por una gran variedad de vectores como mosquitos, garrapatas, pulgas, entre otros (Arredondo Garcia, 2016). Los diferentes arbovirus que se transmiten por mosquitos, que predominan en Latinoamérica, los cuales son los vectores del dengue, el chikungunya, y zika pertenecen al género *Aedes* como *Ae. aegypti* y *Aedes albopictus* (Normile, 2013).

Los plaguicidas tienen diferentes tipos de clasificaciones, según los organismos que controlan, se dividen en insecticidas, fungicidas, herbicidas o rodenticidas; por su mecanismo de acción pueden ser, de contacto, de ingestión, sistémicos, fumigantes, repelentes o defoliantes, por su composición química puede ser orgánicos, inorgánicos o biológicos; según su persistencia ligeramente persistentes, poco persistentes, medianamente persistentes,

altamente persistentes o permanentes y por su uso, agrícola, forestal, urbano, pecuario, doméstico o industrial (Castrejón Godínez et al., 2014).

El origen del *Ae. aegypti* se cree que fue en África y que su migración a América se dio con los primeros Europeos que llegaron, registrándose los primeros brotes de dengue en 1635 en América. El *Aedes albopictus*, es otro vector de arbovirosis muy eficiente, en especial en la zona suroriental del continente Asiático y su primer registro en las Américas fue en 1985 en Estados Unidos (Arredondo Garcia, 2016), también se han realizado registros en diferentes países de América Latina, incluyendo México y aunque su presencia no se ha relacionado con el incremento de arbovirosis, ya que puede actuar como vector tanto en zonas urbanas como rurales y a diferencia del *Ae. aegypti* no es antropofílico (Fajardo-Dolci et al., 2013).

Por sus marcados hábitos domésticos, las hembras de *Ae. aegypti* son consideradas las más eficientes de los vectores, ya que suplen todas sus necesidades vitales en las viviendas humanas (Cenaprece, 2014). La hembra requiere el consumo de sangre de mamíferos, en especial la humana para mantener su reproducción y realizar la oviposición (Fernández et al., 2017; Villegas et al., 2011).

1.1 GENERO AEADES

Cuando se habla del género *Aedes*, hay que tener en cuenta que este género es uno de los más grandes conocidos actualmente, pues comprende alrededor de 932 especies, donde se destacan los vectores de arbovirus. Se ha establecido que a partir de la década de 1950 comenzó a proliferarse el *Ae. aegypti* en diferentes lugares del mundo, dado que incrementó el comercio mundial, además de las grandes movilizaciones del ser humano (Unidad de Biosistemática Walter Reed (WRBU), 2021). El origen exacto de esta migración fuera de África sigue siendo incierta; ya que al realizarse estudios de la genética de estas dos especies, los resultados demuestran que las especies del género *Aedes* en África tienen una

mayor diversidad genética que en los demás continentes, ya que los árboles genealógicos realizados por secuencias de un pequeño número de genes, observan que la diversidad genética de estas especies “domesticas” es un subconjunto de las que se hallaron en la especie de África (Crawford et al., 2017).

Para inicios del año 2004 se realizaron procesos de clasificación morfológica y taxonómica, donde sobresale la investigación realizada por Reinert, Harbach y Kitching (Reinert et al., 2004), los cuales a través de sus resultados redujeron la cantidad de especies en el género *Aedes* a 12 especies, siendo respaldados en el año 2015 por Wilkerson et al. los cuales establecieron la sistemática del *Aedes*, comprendiendo las 12 especies originales y 74 subgéneros (Unidad de Biosistemática Walter Reed (WRBU), 2021).

1.2 ESPECIE *Aedes aegypti*

La especie *Ae. aegypti* al inicio fue descrita como *Culex aegypti* por Linnaeus y Hasselquist en 1762, ya luego paso a ser nombrada como *Culex calopus* Meigen para el año 1818, después Mattingly et al en 1962, hicieron la solicitud a la Comisión Internacional de Nomenclatura Zoológica una revisión del nombre por la denominación de *Ae. aegypti*, la cual fue propuesta en 1920 por Dyar (Fuller, 1961).

El origen del *Ae. aegypti* data que fue en África Subsahariana, donde la ovipostura y el desarrollo de los estados inmaduros se realizaba en los huecos de los árboles como su principal criadero, existe aún una subespecie conocida como *Ae. aegypti formosus* con forma ancestral que habita en África, su principal rasgo morfológico es la presencia de tergitos abdominales muy oscuros (Gómez García, 2018) y la forma domestica que es *Ae. aegypti aegypti*, la cual se encuentra fuera de África, genéticamente tiende a tener preferencia por alimentarse con sangre de la población humana, aparte tiene una adaptación que la hace más apta de sobrevivir y realizar su ovipostura en agua relativamente limpia y en recipientes

creados por los seres humanos, haciendo posible que su desarrollo se dé dentro de las casas y alrededor de ellas (Crawford et al., 2017) además esta subespecie se diferencia del *Aedes aegypti formosus* por su tergitos abdominales, ya que el *Aedes aegypti aegypti* posee escamas pálidas en el primer tergito abdominal (Gómez García, 2018).

1.3 CICLO DE VIDA

El *Ae. aegypti* son insectos holometábolos, desarrollando sus 3 primeras etapas en ambientes acuáticos y el adulto o Imago es de vida terrestre; los adultos machos y hembras del genero *Aedes* consumen de sustancias azucaradas y adicional las hembras realizan una ingesta de sangre para poder desarrollar huevos (Fortich, 1990; Rossi & Almirón, 2003).

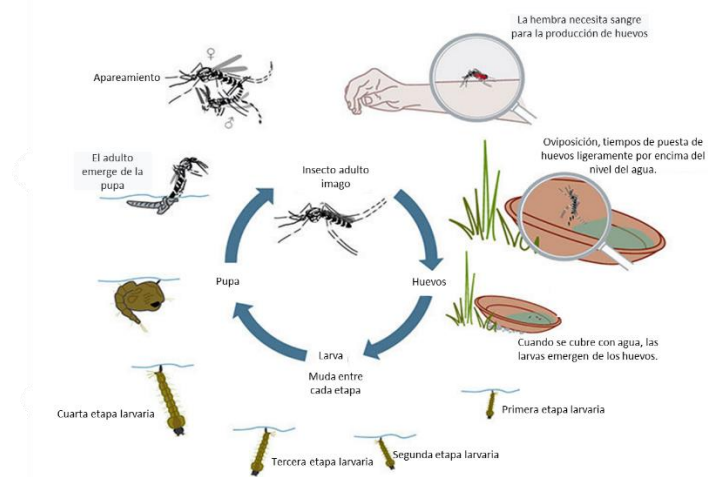


Figura 1. Ciclo de vida del *Aedes aegypti* Fuente: (Biogents, 2020)

La hembra del mosquito *Aedes* ovula a la temperatura óptima de 23 ° C, y al tercer día después de ingerir sangre los huevos ya maduros están listos para ser ovipositados (Fortich, 1990). Una hembra puede oviponer entre 100 y 300 huevos, aunque existen registros de hembras que han puesto hasta 750 huevos., La ovipostura ocurre en ambiente húmedo fuera del medio líquido, se realiza en horas con baja luminosidad o en la noche (Fortich, 1990; Rossi & Almirón, 2003).

1.3.1 HUEVOS

El periodo del desarrollo embrionario depende de la temperatura y la humedad, en una época cálida y con las condiciones óptimas, el huevo del *Ae. aegypti* puede durar entre 2 y 3 días para realizar la eclosión, llegan a tener un diámetro entre 0,6mm y 0,8 mm. La temperatura del agua puede mantenerse entre 27° y 28°C para darse la eclosión (Vargas, 1998). Los huevos se pegan a las paredes internas de los recipientes con agua, fuera del medio líquido, aparte los huevos pueden llegar a sobrevivir a una desecación por un periodo de 8 meses y solo necesitan un poco de humedad para eclosionar, por eso los recipientes que pueden albergar mayor cantidad de agua, se convierten en grandes criaderos de *Ae. aegypti* (CDC, 2021).

1.3.2 LARVAS

La etapa larval dura entre 5 y 7 días aproximadamente y está conformada por 4 estadios larvarios, donde llega a tener una longitud en su primer estadio de 1 mm y en su cuarto estadio de 7 mm, en ese crecimiento genera el cambio de su exoesqueleto en cada etapa larval, en este estadio se diferencian 3 regiones: cabeza, tórax y abdomen; su alimentación se basa en los microorganismos que se hayan en el agua, por ende tienen la eliminación de desechos metabólicos (Fortich, 1990; Montero & Fca, 2009).

1.3.3 PUPA

En este estadio no presentan alimentación y se encuentran en un estado de reposo donde se va a dar una modificación anatómica y fisiológica del paso de larva a adulto, este estadio dura entre 1 y 2 días, tienen una gran reacción a estímulos externos y pueden desplazarse por el recipiente o criadero donde se encuentren por medio de aletas natatorias (Vargas, 1998).

1.3.4 ADULTO

Cuando el adulto emerge de la pupa, reposa sobre la exuvia mientras endurece su exoesqueleto y realiza el desplegamiento de alas, después de la emergencia, a las 24 horas ya puede iniciar su etapa reproductiva, la manera que las hembras atraen al macho es con el movimiento de las alas, pero una vez la hembra ingiera sangre, su movimiento de alas va a ser más rápido para compensar el aumento de peso y ese sonido es poco atrayente para los machos, los cuales van a tener pocos apareamientos, este se realiza durante el vuelo y en algunas ocasiones en superficies; esa inseminación será suficiente para que los huevos que la hembra va a producir sean fecundados. La ingesta sanguínea que es de aproximadamente 2 a 3 mg de sangre, es necesaria para el desarrollo de los huevos como fuente de proteína (Montero & Fca, 2009; Vargas, 1998).

1.4 TAXONOMÍA DEL *Aedes aegypti*

Reino	Animalia
Phylum	Arthropoda
Clase	Insecta
Orden	Diptera
Familia	Culicidae
Subfamilia	Culicinae
Género	Aedes
Subgénero	Stegomyia
Especie	aegypti (Linnaeus 1762)

1.5 DISTRIBUCIÓN Y VECTOR DE ENFERMEDADES

El *Ae. aegypti* es vector de enfermedades como el dengue, zika, chikungunya, fiebre amarilla y mayaro; estos virus los adquieren cuando realizan la ingesta de sangre de un

humano portador; son propias de la zona tropical y subtropical del planeta, estas zonas son altamente viables para los zancudos o mosquitos por las condiciones ambientales de temperatura y humedad; ya que la especie se encuentra entre la latitud Norte 40° y la latitud sur 40° y a alturas de 1700 msnm hasta los 2200 msnm. En Colombia se ha reportado su presencia hasta los 2302 msnm, por esto se puede decir que ha aumentado su nivel de distribución, ya sea por adaptación al clima, nuevos asentamientos de los seres humanos en las montañas o al efecto del cambio climático (World Mosquito Program, 2019)

1.5.1 DENGUE

El virus del dengue pertenece a la familia Flaviviridae y el género de los Flavivirus, presenta 4 serotipos diferentes, DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4, lo cual hace posible que se presente infección 4 veces; al presentar nuevas infecciones, aumenta la probabilidad de tener dengue grave; en países de Asia y América Latina, el dengue grave es una de las causas de muertes registradas, pero también el virus se encuentra en el mediterráneo oriental, África, el Pacífico occidental y Europa, aunque no existe un tratamiento específico para tratar el dengue y el dengue grave, la detección temprana de la infección y la asistencia médica, reduce la tasa de letalidad. Se considera que cada año hay entre 100 y 400 millones de infecciones por el virus del dengue y un 80% de los casos son leves y asintomáticos.

Algunos de los síntomas del dengue y el dengue grave son: fiebre, vómito, cefaleas, dolor muscular y articular, hemorragia en la encía y presencia de sangre en el vómito (Penella, 2016).

1.5.2 ZIKA

El virus del Zika pertenece a la familia Flaviviridae y el género de los Flavivirus, identificado por primera vez en 1947 y en 1952 en el ser humano, el virus tiene registro en

África, las Américas, Asia y el Pacífico, el periodo de incubación y de posible sintomatología es entre 3 y 14 días, aunque la mayoría de personas infectadas no presentan síntomas; en los casos de Zika donde se presentan síntomas, se pueden presentar erupciones en la piel, fiebre, dolor muscular y articular, cefaleas y conjuntivitis. La infección durante el embarazo tiene grandes complicaciones afectando al feto, produciendo microcefalias, malformaciones o provocando aborto o muerte intrauterina, el virus también es un determinante para el desarrollo del síndrome de Guillan-Barre y problemas neuronales (Alonso, 2016).

1.5.3 CHIKUNGUNYA

El virus del chikungunya pertenece a la familia Togaviridae, se descubrió en Tanzania en 1952 y tuvo registros en 2004, 2007, 2010 y 2013. Se presentaron infecciones en Asia, África, Europa y América. La sintomatología es similar a la producida por el dengue, hasta el momento no se ha registrado una reinfección de Chikungunya, ya que el organismo crea anticuerpos para este virus. Fue descrito por primera vez en Tanzania del sur durante un brote y ahora se ha identificado en Asia, África, Europa y América desde finales de 2013 (Organización Mundial de la Salud, 2021; PAHO/WHO, 2021).

1.5.4 FIEBRE AMARILLA

El virus de la fiebre amarilla pertenece a la familia Flaviviridae, tiene un periodo de incubación de 3 a 6 días, provocando síntomas como cefaleas, dolores musculares, fiebre, vómitos, sin embargo hay un pequeño porcentaje de los infectados que entra en una fase crítica más tóxica, donde tienen una fiebre más elevada y se afectan órganos como el hígado y riñones. Aparecen tonos amarillos en la piel y los ojos, sangrado en la boca, nariz y/o estómago, la mitad de los pacientes en esta fase tóxica morirán en poco tiempo; para la fiebre amarilla existe una vacuna de una única dosis, la cual es suficiente para crear inmunidad de

por vida, no hay un tratamiento antivírico para la fiebre amarilla específico (Organización Mundial de la Salud, 1952).

1.5.5 MAYARO

El virus de Mayaro pertenece a la familia Togavirus del género Alphavirus, el virus se aisló por primera vez en 1954 en Trinidad y Tobago, sin embargo hay datos de suero extraído en Panamá y Colombia durante la construcción del canal entre 1904 y 1914, también hay registros en el Sur y Centro de América. La sintomatología es similar a la del Dengue, Chikungunya y Zika con un periodo de incubación de 1 a 12 días, pero puede prolongarse por meses, puede llegar a tener complicaciones como fiebre intermitente, complicaciones neurológicas, miocarditis e incluso la muerte (PAHO/WHO, 2019).

1.6 CONTROL DE VECTORES

El principal objetivo del control de vectores es reducir la morbilidad y la mortalidad por reducción de la transmisión que se obtiene al reducir la población de los mosquitos, que determina la gravedad de las ETV, las intervenciones de transmisión y control de vectores proporcionan uno de los mejores rendimientos de la inversión en salud pública de los programas eficaces de control de vectores para reducir los brotes de enfermedades pueden promover el desarrollo humano y económico (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2017).

La mayoría del uso de pesticidas en salud pública corresponde a las moléculas de segunda generación y cambia la señal de las células nerviosas que interfieren con la unión nerviosa de la unión de la enzima acetilcolinesterasa (organofosforados y carbamatos) o interfiriendo con canales de sodio (DDT y piretroides) (Giannuzzi et al., 2016). Estos dos sistemas bioquímicos son populares para todos los animales. Sin embargo, algunos

miembros individuales de diferentes familias de pesticidas pueden mostrar algunas selecciones filtradas entre insectos y mamíferos. Hay otros factores que funcionan como reguladores de crecimiento por ejemplo el piriproxifen y diflubenzuro (Marcombe et al., 2018).

Insecticidas en salud pública, además de su actividad letal también deben cumplir con los requisitos de seguridad. Esto se debe principalmente a la cantidad de veces que se rocía el insecticida sobre superficies o materiales y pueden entrar en contacto con personas o contaminar alimentos y el agua se puede consumir antes de que se inactive el insecticida. Los requisitos de seguridad para plaguicidas de salud pública son estrictos y regulados por la Organización Mundial de la Salud, en cooperación con la industria y una red de laboratorios analíticos, institutos de investigación y programas de control de vectores en todo el continente (Organización Mundial de la Salud, 2017). Los plaguicidas se clasifican según el nivel de peligro de la siguiente manera: a) muy peligrosos (clase I); b) muy peligroso (clase B); c) riesgo moderado (clase II); d) no muy peligroso (tercer grado); e) no peligroso (Organización Mundial de la Salud, 2019). El Control vectorial del dengue ha incluido estrategias como el tratamiento focal, que representa sin duda la principal medida de ataque en la lucha antivectorial contra el *Ae. aegypti* que consiste en la detección y destrucción de criaderos con ayuda de larvicidas, como el temefós (Perez, 2017), formulación que con mayor frecuencia se emplea en salud pública como larvicida granulado al 1% y formulado especialmente para el control del mosquito *Ae. aegypti* aplicado inclusive en el agua para consumo humano. También en estos depósitos de agua se aplica piriproxifen y diflubenzuro, para evitar la emergencia de adultos en los criaderos. Se utilizan además los tratamientos espaciales y perifocales, que consisten en tratamientos con aerosoles de insecticida a volumen ultrabajo (ULV), aplicando insecticidas organofosforados en soluciones concentradas o piretroides en soluciones diluidas. Además, se encuentran las actividades con participación comunitaria, que requieren de mayor inversión y continuidad en barrios con problemas de saneamiento

ambiental, urbanización no planificada y deficiente servicio de agua (Perez, 2017; Secretaria de salud gobierno de Mexico, 2020). Debido a que el control de vectores depende principalmente de la sensibilidad del portador a los plaguicidas en el área de aplicación y la biología y el comportamiento de los vectores, cuyas propiedades permiten exposición a plaguicidas, debe tenerse en cuenta que estos pueden cambiar con el tiempo, ya que los vectores pueden desarrollar resistencia o aislar el comportamiento como resultado de la exposición química constante (Kilpatrick & Randolph, 2012). En este sentido, los insectos se adaptan con éxito a la mayoría de ellos. Los insecticidas desarrollan la resistencia fisiológica o de comportamiento mencionada anteriormente, que es un fenómeno, este es un problema práctico importante para el control de la malaria y dengue (Villegas et al., 2011).

La resistencia, conocida como una característica genética heredable en una población de insectos que se produce por el fracaso repetido de la aplicación de un insecticida en las dosis recomendadas para ejercer un control adecuado (WHO, 2018), tiene como principales factores de su evolución, elementos genéticos, biológicos y operacionales, donde los únicos factibles de manipulación humana son los operacionales (McGuire et al., 2020). Por lo tanto la evaluación de la susceptibilidad a los insecticidas en los mosquitos, es un paso esencial en la planificación y evaluación epidemiológica de los programas de control vectorial (WHO, 2018).

2 OBJETIVO GENERAL

Evaluar en condiciones de semicampo el efecto insecticida de un recubrimiento de acción dual (Alfacipermetrina y Piriproxifen) sobre *Ae. aegypti*.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el efecto del recubrimiento insecticida sobre los *Ae. aegypti* adultos en los contenedores de agua en semicampo.
2. Determinar el efecto insecticida de recubrimiento, sobre el desarrollo de larvas y pupas de *Ae. aegypti* en condiciones de semicampo.
3. Determinar la eficacia global del recubrimiento insecticida sobre *Ae. aegypti* en condiciones de semicampo.

3 METODOLOGIA

3.1 CEPA DE REFERENCIA SUSCEPTIBLE Y CRÍA.

En este estudio se utilizó una cepa de *Ae. aegypti* de referencia Rockefeller, la cual es susceptible a insecticidas y fue suministrada por el Instituto Departamental de Salud (IDS) de Norte de Santander

3.2 CRÍA Y MANTENIMIENTO DE *Aedes aegypti*

El insectario se encuentra a una temperatura de 25°C a 28°C y la humedad relativa del 32%

Las hembras grávidas (48 horas post-ingesta sanguínea), realizaron la oviposición en tazas plásticas de 1 litro, llenando el 70% de la capacidad del recipiente con agua en reposo de 24 horas antes y oxigenando al momento de verterla en el recipiente, se colocó una servilleta húmeda en el 30% restante alrededor de la taza (Figura 2.B). Una vez obtenida la ovipostura, se retiraron las servilletas y se colocaron en cámara de incubación entre 48 a 72

horas, (Figura 2.C), (tiempo para completar el desarrollo embrionario), después se dejaron secar las servilletas y se guardaron en bolsas resellables.

Para propiciar la eclosión de los huevos, se sumergen las servilletas con las oviposturas en bandejas con tapa y agua reposada a una temperatura entre 25° y 28° C.

(Figura 3)

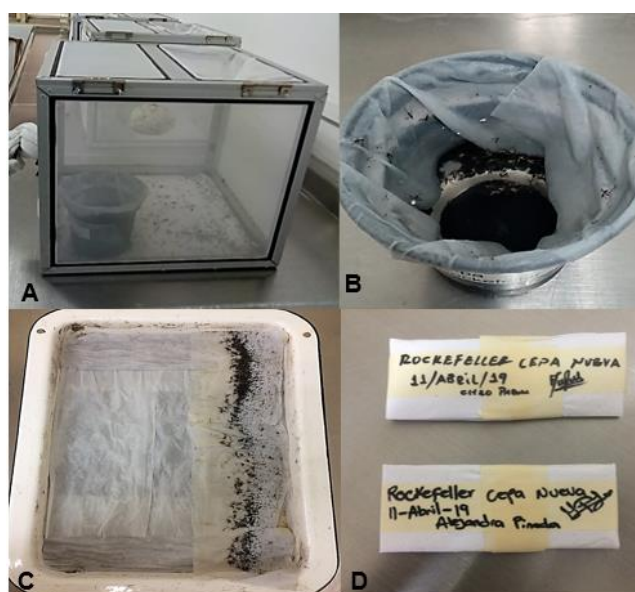


Figura 2. (A) Jaula de cría BugDorm. (B) Taza con servilletas para la ovipostura de las hembras. (C) Bandeja metálica donde se realiza la incubación de los huevos. (D) Servilletas con las cepas de los huevos recolectados.

3.2.1 MANTENIMIENTO DE FORMAS INMADURAS (LARVAS Y PUPAS)

Los estados inmaduros (larvas de I a IV instar), se les realizó cambio de agua tres veces por semana, las larvas se alimentaron con 1 gramo de croquetas de purina para perro (marca Dogourmet) (0.468 gr.) cada 24 horas, (Figura 3) las bandejas se revisaron diariamente para poder extraer las pupas con una pipeta plástica Pasteur y se procedía a pasarlas a un recipiente plástico con tapa y agua reposada, manteniendo el agua limpia con la extracción de exuvias.



Figura 3. Bandejas de cría para larvas de la cepa Rockefeller de la Especie *Ae. aegypti*.



Figura 4. Larvas de *Ae. aegypti* alimentadas con purina dogourmet

3.2.2 MANTENIMIENTO DE LOS ADULTOS

Los adultos se depositaron en 2 jaulas de cría BugDorm (30x30x30_cm) para establecer dos colonias (Figura 1), manteniendo una temperatura entre 25° y 28° C; se procedió a alimentar a los adultos con una solución azucarada al 10%, la cual era dispensada en motas de algodón humedecidas con la solución, cambiando el algodón semanalmente y la solución cada 3 días, además, con sangre de *Mus musculus* por periodos de 15 a 20 minutos en un lapso de dos horas por dos días, los ratones eran anestesiados con Ketamina

50 ® con una jeringa de insulina en el peritoneo (inyección intraperitoneal); terminada la alimentación de las hembras, los ratones se colocaban dentro de sus jaulas de transporte para su recuperación y ser devueltos al bioterio del IDS (Conde, Andrea 2017; Serrato, 2017).

3.3 DEFINICIONES DEL ESTUDIO

Tamaño de muestra por bioensayo: se tomaron 100 hembras de *Aedes*, las cuales se dividieron en dos grupos iguales, siendo para el área expuesta 50 y 50 para el área de control. Los bioensayos adicionales se realizaron con 400 larvas en III instar, 100 larvas para cada recipiente, también con 400 pupas, 100 para cada recipiente; para los bioensayos con los huevos sin contacto con el recubrimiento, 500 huevos de *Ae. aegypti*, 250 para el recipiente con el recubrimiento y 250 para el recipiente control.

Unidad experimental: una hembra *Ae. aegypti*

Cada área para el bioensayo incluye una condición de exposición, ésta contiene un recipiente impregnado con el recubrimiento insecticida y otro recipiente libre del recubrimiento; mientras que el área de control, cuenta con dos recipientes sin el recubrimiento insecticida.

3.4 ESCENARIOS DE LOS BIOENSAYOS: ÁREA EXPOSICIÓN Y ÁREA CONTROL

Los escenarios para la arena experimental, se realizaron con dos toldillos, estos se colgaron con una cuerda a una altura de 1,70 cm, En la base dentro de los toldillos se colocó cartulina de color blanco para cada área y se pegó con cinta doble faz (Figura 5).

Se utilizaron 4 recipientes plásticos de 65 litros, 2 para el área control y 2 para el área expuesta; para la zona control se colocaron 2 tanques sin el recubrimiento insecticida, se

llenaron con agua en reposo un 70% y para el área expuesta se aplicó a un tanque el recubrimiento insecticida (Figura 6), se dejó secar y se colocó el taque en el área expuesta junto con el tanque control que no fue pintado, se llenan con agua en reposo un 70% del tanque.

El agua se oxigenaba diariamente, sin recambios durante el bioensayo; después de cada bioensayo el agua era renovada en los 4 tanques

Acabado el bioensayo se recolectaban las hembras, se hacía un seguimiento de los huevos por 7 días y se desechaba el agua.



Figura 5. Escenario de la arena experimental, área control y área expuesta



Figura 6. Tanque de plástico pintado con el recubrimiento insecticida.

3.5 BIOENSAYO DE ÁREA EXPUESTA VS ÁREA DE CONTROL

Para cada bioensayo se liberaron 50 hembras de *Ae. aegypti* grávidas en el área de exposición y 50 en el área de control por 24 y 48 horas, pasado el tiempo se recolectaron las hembras y se definió la mortalidad en adultos, la ovipostura y la distensión de abdomen de las hembra (Figura 8). Este bioensayo se repitió un total de 5 veces en diferentes momentos.

Los ejemplares vivos y muertos se observaron en un estereoscopio después del desmontaje de cada bioensayo para revisar su distensión abdominal.

El agua se seguía oxigenando para realizar un seguimiento de las larvas eclosionadas a partir de los huevos de la ovipostura en el bioensayo, se monitoreaban por 7 días hasta que en el área control llegaban al estadio de pupa.

Se expusieron larvas (III y IV instar), pupas y huevos procedentes de la colonia sin contacto previo con el área del bioensayo. Se disponían 100 ejemplares por cada recipiente, se siguió la observación por 5 días; se realizaron 4 repeticiones de este ensayo, para los huevos se disponían de 250 huevos para el recipiente con el recubrimiento insecticida y 250

para el recipiente control, siendo observados por 4 días, pasados los 4 días se observaban en el microscopio con un aumento de 10X los huevos expuestos para determinar la condición del huevo si había realizado eclosión o se encontraba completo, para confirmar el resultado se hacía recolección de las larvas encontradas en los recipientes; se realizaron 5 repeticiones de este ensayo

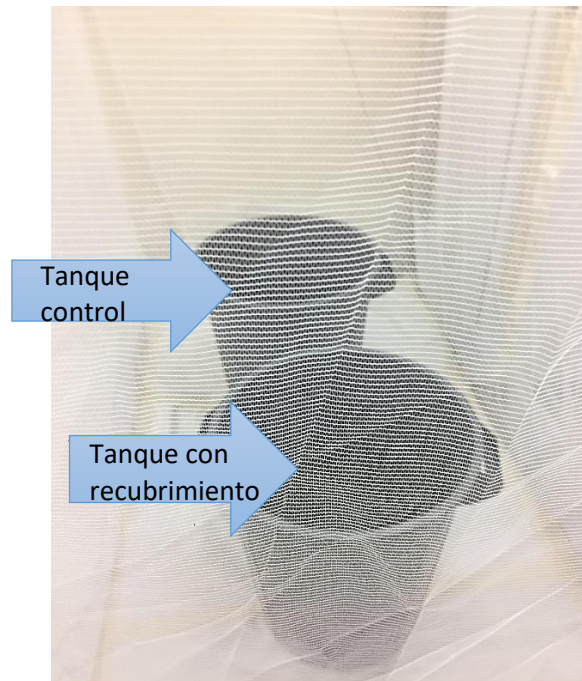


Figura 7. Tanques o recipientes de plástico del área expuesta

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para realizar este análisis se utilizó como herramienta de cálculo Excel, para calcular la probabilidad binomial como base matemática y las características de fábrica del recubrimiento para establecer el valor del éxito y del fracaso del experimento.

Se determinaron los siguientes indicadores de mortalidad adultos (n muertos/ n expuestos), mortalidad de larvas e inhibición de la emergencia pupal (pupas muertas/pupas expuestas) y la inhibición de la ovipostura en hembras grávidas (hembras con ovipostura

completa/hembras expuestas). Se definieron los grados de distensión abdominal con relación al éxito de la ovipostura

3.7. INDICE GLOBAL DEL EFECTO LETAL INSECTICIDA:

Con el fin de estimar que tan efectivo es el producto en el control de *Aedes* basados en los 3 principales efectos: mortalidad en la hembra que hace ovipostura (MH) + mortalidad de larvas (ML) + mortalidad de pupas (MP). La eficacia global se estima en la arena experimental, como el número de hembras muertas (MH) + número de larvas muertas (ML) + pupas muertas (MP) / número de hembras expuestas + número de larvas expuestas + pupas expuestas en la jaula control.

Hembras muertas + larvas muertas + pupas muertas / hembras expuestas + larvas expuestas + pupas expuestas.

4 RESULTADOS

4.1. MORTALIDAD EN HEMBRAS GRÁVIDAS EXPUESTAS AL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA

El total de hembras expuestas fue de 500 individuos, de las cuales 250 hembras estuvieron en el área expuesta y 250 hembras en el área control (tabla 1), así como está establecido en la metodología para observar la mortalidad, por otra parte se observó el efecto que causa el recubrimiento en larvas, pupas y huevos.

Tabla 1 Mortalidad de las hembras expuestas al recubrimiento en 24 horas y 48 horas en condiciones de semicampo

ENSAYO	EXPOSICIÓN			MORTALIDAD 24HRS			MORATALIDAD 48 HRS			HEMBRAS VIVAS FINAL	N° HEMBRAS MUERTAS FINAL	% FINAL MORTALIDAD			
	AREA	SUBAREA	HEMBRAS GRAVIDAS EXPUESTAS	N° MUERTAS 24 HRAS	N° TOTAL MUERTAS 24HRS	% TOTAL MUERTAS 24HRS	N° MUERTAS 48HRS	N° TOTAL MUERTAS 48HRS	% TOTAL MUERTAS 48HRS						
#1	EXPUESTO	TANQUE CON RECUBRIMIENTO	50	19	33	66	14	15	30	2	48	96%			
		TANQUE CONTROL		13			1								
		BASE		1			0								
	CONTROL	TANQUE #1	50	0	1	2	2	5	10				44	6	12%
		TANQUE #2		0			3								
		BASE		1			0								
#2	EXPUESTO	TANQUE CON RECUBRIMIENTO	50	15	34	68	6	13	26	3	47	94%			
		TANQUE CONTROL		14			5								
		BASE		5			2								
	CONTROL	TANQUE #1	50	2	3	6	2	6	12				41	9	18%
		TANQUE #2		1			2								
		BASE		0			2								
#3	EXPUESTO	TANQUE CON RECUBRIMIENTO	50	13	25	50	10	21	42	4	46	92%			
		TANQUE CONTROL		9			7								
		BASE		3			4								
	CONTROL	TANQUE #1	50	2	3	6	3	5	10				42	8	16%
		TANQUE #2		0			0								
		BASE		1			2								
#4	EXPUESTO	TANQUE CON RECUBRIMIENTO	50	17	28	56	8	15	30	7	43	86%			
		TANQUE CONTROL		7			3								
		BASE		4			4								
	CONTROL	TANQUE #1	50	3	3	6	2	5	10				42	8	16%
		TANQUE #2		0			1								
		BASE		0			2								
#5	EXPUESTO	TANQUE CON RECUBRIMIENTO	50	5	31	62	12	18	36	1	49	98%			
		TANQUE CONTROL		24			6								
		BASE		2			0								
	CONTROL	TANQUE #1	50	5	14	28	3	7	14				29	21	42%
		TANQUE #2		9			1								
		BASE		0			3								

Se realizaron 5 ensayos para determinar la mortalidad, con un total de 500 hembras expuestas, a las 24 horas de liberadas, se realizó la recolección de los individuos que presentaban mortalidad, determinando que a las 24 horas se producía una mortalidad de más del 50%, o sea para un total de 250 hembras liberadas, 151 hembras presentaron mortalidad en 24 horas, cumplidas las 48 se hizo la recolección de todos los individuos clasificando los que sobrevivieron a la exposición de los que presentaban letalidad.

Se observó un comportamiento normal de las hembras dentro de las áreas, las cuales eran vigiladas las primeras 6 horas después de su liberación, realizaban vuelos constantes y una movilidad un poco más lenta con el transcurso de las horas en comparación con el área control

Tabla 2 Mortalidad de las hembras grávidas en el bioensayo de semicampo

MORTALIDAD FINAL					
AREA	HEMBRAS EXPUESTAS	HEMBRAS VIVAS	HEMBRAS MUERTAS	% HEMBRAS VIVAS	%HEMBRAS MUERTAS
EXPUESTA	250	17	233	6,8	93,20%
CONTROL	250	198	52	79,2	20,80%

Al realizar los bioensayos se pudo observar un efecto de letalidad en 233 hembras de las 250 que fueron expuestas al recubrimiento insecticida, con un total del 93.2% de mortalidad y 6.8% de hembras sobrevivientes a la exposición, mientras que para el área control, el efecto letal se produjo en 52 hembras de 250 liberadas, dando así un total de 20,8% de letalidad en el área control y 79.2% de hembras vivas.

4.2. SEGUIMIENTO DE LA OVIPOSTURA POR 7 DÍAS

La ovipostura realizada por las hembras expuestas en el área control fue de manera normal, encontrando de 1000 a 2000 huevos por recipiente; mientras que en el área expuesta la ovipostura se vio reducida a una media de 20 huevos, demostrando de esta manera la efectividad de la inhibición en la ovipostura de las hembras expuestas al recubrimiento insecticida, los huevos se monitorearon por 7 días hasta llegar al estado de pupa en el área control, en la expuesta se observó en el fondo de los recipientes larvas en primer estadio que presentaban un efecto de desintegración (figura 11)

4.3. INHIBICIÓN DE LA OVIPOSTURA DE LAS HEMBRAS EXPUESTAS AL RECUBRIMIENTO EN SEMICAMPO



Figura 8 Inhibición de la postura de huevos de hembras de *Ae. aegypti* expuestas al recubrimiento insecticida.

Inhibición de la postura de huevos de hembras de *Ae. aegypti* expuestas al recubrimiento insecticida. (A) Grado de distensión abdominal de grado I en hembras de *Ae. aegypti* que realizaron una ovipostura normal. (B) Grado II de distensión abdominal de hembras de *Ae. aegypti* con una ovipostura anormal, se presentó retención de huevos y (C) Grado III, hembras de *Ae. aegypti* sin realizar ovipostura.



Figura 9. Hembra de *Ae. aegypti* con distensión de grado III, observada bajo microscopio confirmando la retención de huevos.

Tabla 3. Hembras de *Ae. aegypti* expuestas al recubrimiento insecticida, examinadas y su grado de distensión en cada bioensayo en semicampo

N° DE ENSAYO	DATOS BIOENSAYO		DISTENSION MUERTAS			N° TOTAL MUERTAS	DISTENSION VIVAS			TOTAL VIVAS
			I	II	III		I	II	III	
1	EXPUESTO	Tanque con recubrimiento	0	8	25	48 (96%)	0	2	0	2 (4%)
		Tanque control	0	5	9					
		Base	0	0	1					
	TOTAL MUERTAS		0	13	35					
	CONTROL	Tanques	4	1	0	6 (12%)	39	2	3	
		Base	1	0	0					
TOTAL MUERTAS		5	1	0						
2	EXPUESTO	Tanque con recubrimiento	1	7	22	47 (94%)	0	1	2	3 (6%)
		Tanque control	0	9	4					
		Base	0	2	2					
	TOTAL MUERTAS		1	18	28					
	CONTROL	Tanques	7	0	0	9 (18%)	26	10	5	
		Base	2	0	0					
TOTAL MUERTAS		9	0	0						
3	EXPUESTO	Tanque con recubrimiento	0	12	11	46 (92%)	1	2	1	4 (8%)
		Tanque control	0	8	8					
		Base	0	5	2					
	TOTAL MUERTAS		0	25	21					
	CONTROL	Tanques	3	2	0	8 (16%)	22	7	13	
		Base	3	0	0					
TOTAL MUERTAS		6	2	0						
4	EXPUESTO	Tanque con recubrimiento	0	8	17	43 (86)	0	2	5	7 (14%)
		Tanque control	0	7	3					
		Base	5	2	1					
	TOTAL MUERTAS		5	17	21					
	CONTROL	Tanques	6	0	0	8 (16%)	37	4	1	
		Base	2	0	0					
TOTAL MUERTAS		8	0	0						
5	EXPUESTO	Tanque con recubrimiento	1	4	12	49 (98%)	0	0	1	1 (2%)
		Tanque control	1	13	16					
		Base	1	1	0					
	TOTAL MUERTAS		3	18	28					
	CONTROL	Tanques	13	5	0	21 (42%)	21	4	4	
		Base	3	0	0					
TOTAL MUERTAS		16	5	0						

Análisis individual por bioensayo de las hembras de *Ae. aegypti* midiendo el grado de distensión abdominal o retención de huevo, evidenciando un mayor grado de distensión en el área expuesta que en el área control.

Tabla 4 Porcentaje total y grado de distensión de hembras de *Ae. aegypti* sobrevivientes en cada área

PORCENTAJE TOTAL DISTENSION DE HEMBRAS VIVAS				
AREA	TOTAL DE HEMBRAS VIVAS	I	II	III
EXPUESTA	17	1 (6%)	7 (41%)	9 (53%)
CONTROL	198	145 (73%)	27 (14%)	26 (13%)

Se observó que en el área control de 198 hembras vivas, 145 hembras realizaron una ovipostura correcta, 27 hembras una ovipostura anormal y 26 hembras presentaron retención de huevos, mientras que en el área control se tuvo un total de 17 hembras vivas, las cuales 1 realizó una ovipostura normal, 7 tuvieron una ovipostura anormal y 9 no realizaron ovipostura.

Tabla 5 Porcentaje total y grado de distensión de hembras de *Ae. aegypti* muertas en cada área

PORCENTAJE DE DISTENSION MUERTAS				
AREA	TOTAL HEMBRAS MUERTAS	I	II	III
EXPUESTA	233	9 (4%)	91 (39%)	133 (57%)
CONTROL	52	44 (85%)	8 (15%)	0 (0%)

Para el caso de distensión en hembras muertas, en el área control se registraron 233 hembras muertas, donde 9 hembras realizaron una ovipostura adecuada, 91 hembras una ovipostura anormal y 133 hembras tuvieron una retención de huevos; en el área control se obtuvieron 52 hembras muertas, las cuales 44 hembras realizaron una ovipostura adecuada, 8 hembras tuvieron una ovipostura anormal y para el grado III de distensión no hubo registros.

Tabla 6 Porcentaje total hembras de *Ae. aegypti* expuestas al recubrimiento insecticida en *semicampo*

PORCENTAJE TOTAL DISTENSION DE HEMBRAS				
AREA	TOTAL DE HEMBRAS	I	II	III
EXPUESTA	250	10 (4%)	98 (39%)	142 (57%)
CONTROL	250	189 (76%)	35 (14%)	26 (10%)

El porcentaje final de la exposición de las 250 hembras expuestas al recubrimiento insecticida en grado III fue de 56.8% con un total de 142 hembras, lo cual significa que más de la mitad de las hembras expuestas al recubrimiento no tuvieron una ovipostura óptima, para el grado II fueron 98 hembras afectadas con un 39.2%, siendo su ovipostura anormal y en grado I con una ovipostura normal un total de 10 hembras para el 4% del 100%, en el caso

del área control se evidenció para el grado III 26 hembras con una ovipostura nula que representa el 10.4%, para el grado II se registraron 35 hembras, con un 14% de ovipostura anormal y para el grado I que significa una ovipostura normal fueron 189 hembras con un 75.6%.

4.4. EFECTO INSECTICIDA SOBRE HUEVOS, LARVAS Y PUPAS

4.4.1. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA EN HUEVOS

Tabla 7 Exposición de huevos de hembras de Ae. aegypti sin previo contacto al recubrimiento insecticida.

ENSAYO	AREA	SUBAREA	HUEVOS EXPUESTOS	LARVAS VIVAS	LARVAS MUERTAS	HUEVOS NO ECLOSIONADOS
#1	EXPUESTA	Tanque con recubrimiento	250	0	190	60
	CONTROL	Tanque control	250	213	3	34
#2	EXPUESTA	Tanque con recubrimiento	250	0	210	40
	CONTROL	Tanque control	250	230	5	15
#3	EXPUESTA	Tanque con recubrimiento	250	0	186	64
	CONTROL	Tanque control	250	242	5	3
#4	EXPUESTA	Tanque con recubrimiento	250	0	188	62
	CONTROL	Tanque control	250	240	1	9
#5	EXPUESTA	Tanque con recubrimiento	250	0	215	35
	CONTROL	Tanque control	250	233	2	15

Se realizaron 5 repeticiones con huevos que no habían sido expuestos al recubrimiento insecticida, colocando una cantidad de 250 huevos en el tanque con el recubrimiento y 250 huevos en el tanque control del área control, se pudo observar que las larvas tenían un efecto de letalidad en el primer instar, lo cual no ocurría en el tanque control, donde los huevos realizaban una eclosión y se podía realizar el seguimiento de las larvas por 5 días,

Tabla 8 Total huevos expuestos, eclosionados y no eclosionados

AREA	SUBAREA	HUEVOS EXPUESTOS	LARVAS VIVAS	LARVAS MUERTAS	HUEVOS NO ECLOSIONADOS
EXPUESTA	Tanque con recubrimiento	1250	0 (0%)	989 (79%)	261 (21%)
CONTROL	Tanque control	1250	1158 (93%)	16 (1%)	76 (6%)

En total se expusieron 1250 huevos en el tanque con el recubrimiento y 1250 en el tanque control. Para el tanque con el recubrimiento no se observaron larvas vivas, pero se observaron bajo microscopio 989 larvas en un estado de desintegración (figura 11 y 12) y 261 huevos no eclosionados; para el tanque control se observaron 1158 larvas vivas, las cuales se les hizo seguimiento por 4 días donde tuvieron un desarrollo normal, se hallaron 16 larvas muertas y 76 huevos no eclosionados.



Figura 10. Larva de *Ae. aegypti* en primer estadio o instar.

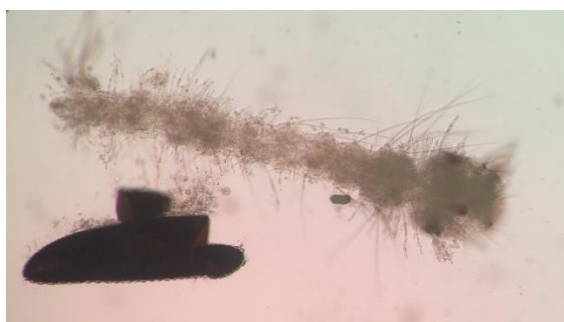


Figura 11. Larva de *Ae. aegypti* en primer instar y desintegrada

4.4.2. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA EN LARVAS

Tabla 9. Mortalidad de larvas de Ae. aegypti expuestas en los recipientes controles y recipiente con el recubrimiento insecticida.

ENSAYO	AREA	LARVAS EXPUESTAS	MORTALIDAD LARVAS 24 HORAS	MORTALIDAD LARVAS 48 HORAS	PUPAS VIVAS	PUPAS MUERTAS
1	EXPUESTA	100	100	0	0	0
	CONTROL	100	1	3	96	0
2	EXPUESTA	100	100	0	0	0
	CONTROL	100	3	8	83	6
3	EXPUESTA	100	100	0	0	0
	CONTROL	100	2	3	93	2
4	EXPUESTA	100	100	0	0	0
	CONTROL	100	3	7	85	5

Se realizaron 4 bioensayos con larvas, donde en menos de 24 horas se presentaba el 100% de mortalidad de larvas (Tabla 9) (Figura 10), mientras que en el tanque control del área expuesta se presentó poca mortalidad y con poco desarrollo de pupas, en el área control la mortalidad de larvas presentada fue muy baja considerada normal, llegando al estadio de pupas.



Figura 12. Larvas de *Ae. aegypti* muertas en el recipiente con el recubrimiento insecticida.

4.4.3. EFECTO DEL RECUBRIMIENTO INSECTICIDA EN PUPAS

Tabla 10 Mortalidad de pupas de *Ae. aegypti* expuestas en los recipientes controles y recipiente con el recubrimiento insecticida.

ENSAYO	AREA	PUPAS EXPUESTAS	MORTALIDAD DE PUPAS	ADULTOS EMERGIDOS
1	EXPUESTA	100	100	0
	CONTROL	100	3	90
2	EXPUESTA	100	100	0
	CONTROL	100	2	98
3	EXPUESTA	100	100	0
	CONTROL	100	7	93
4	EXPUESTA	100	100	0
	CONTROL	100	3	97

Se liberaron 100 pupas de *Ae. aegypti* en el recipiente con el recubrimiento insecticida y en recipiente de control. Se registró una mortalidad de 100% de las larvas liberadas en el recipiente con el recubrimiento, mientras que el recipiente control del área expuesta presento un comportamiento igual a los recipientes del área control, con una mortalidad baja, considerada normal.

4.5 INDICE GLOBAL DEL EFECTO LETAL INSECTICIDA

Hembras muertas + larvas muertas + pupas muertas / hembras expuestas + larvas expuestas + pupas expuestas

Tabla 11. Total individuos expuestos, individuos muertos e individuos sobrevivientes.

Area	Estadio	# Expuestas	# Muertas	# Vivas
Expuesta	Hembras gravidas	250	233	17
	Larvas	400	400	0
	Pupas	400	400	0

$$IGL \frac{233 + 400 + 400}{250 + 400 + 400} = \frac{1.033}{1.050} = 0.98 * 100 = 98\%$$

El índice global de letalidad en los bioensayos realizados en semicampo fue de 98% mostrando que el recubrimiento insecticida evaluado tiene un gran efecto de letalidad sobre los individuos expuestos.

5. DISCUSIÓN

La evaluación del efecto insecticida del recubrimiento de acción dual que contiene (Alfacipermetrina y Piriproxifen) sobre *Ae. aegypti*, en condiciones de semicampo se pudieron desarrollar en una arena experimental con la cepa Rockefeller. Se evidenció el efecto adulticida causado por la alfacipermetrina logrando los efectos de mortalidad en las hembras grávidas del bioensayo de semicampo con 93.20%, mientras que en el grupo control hubo un 20.80% de mortalidad en las hembras expuestas.

También se evidenció el porcentaje total y grado de distensión del abdomen en hembras de *Ae. aegypti* sobrevivientes en cada área, obteniendo que en el área control de 198 hembras vivas (100%), 145 hembras realizaron una ovipostura correcta (73% en grado I), 27 hembras una ovipostura anormal (14% en grado II) y 26 hembras presentaron retención

de huevos (13% en grado III), mientras que en el área expuesta de 250 hembras, se tuvo un total de 17 hembras vivas (100%), las cuales 1 hembra realizó una ovipostura normal (6% en grado I), 7 hembras tuvieron una ovipostura anormal (41% en grado II) y 9 hembras no realizaron ovipostura (53% en grado III). Según (Berti et al., 2013) Se comprobó una prolongada actividad residual de piriproxifen contra *Ae. aegypti* en una concentración de 0,05 ppm. La eficacia durante las 6 primeras semanas fue muy alta, ya que sus valores fluctuaron entre 88% IE (semana 4) y 98,9 % IE (semana 2).

A su vez, porcentaje total y grado de distensión de hembras de *Ae. aegypti* muertas en cada área, en el área expuesta de un total de 250 hembras (100%), se registraron 233 hembras muertas (93.20%), donde 9 hembras realizaron una ovipostura adecuada (3.86% en grado I), 91 hembras una ovipostura anormal (39.06% en grado II) y 133 hembras tuvieron una retención de huevos (57.08% en grado III); en el área control de un total de 250 hembras (100%), se obtuvieron 52 hembras muertas (20.80%) las cuales, 44 hembras realizaron una ovipostura adecuada (84.62% en grado I), 8 hembras tuvieron una ovipostura anormal (15.38% en grado II) y para el grado III de distensión no hubo registros.

Finalmente, se evidenció porcentaje total hembras de *Ae. aegypti* expuestas al recubrimiento insecticida en semicampo, obteniendo que en el área expuesta de 250 hembras vivas (100%), 10 hembras con una ovipostura normal (4% en grado I), 98 hembras una ovipostura anormal (39.20% en grado II) y 142 hembras no tuvieron una ovipostura óptima (13% en grado III), mientras que en el área control de un total de 250 hembras vivas (100%), 189 hembras realizaron una ovipostura normal (75.6% en grado I), 35 hembras tuvieron una ovipostura anormal (14% en grado II) y 26 hembras no realizaron ovipostura (10.4% en grado III).

El efecto del recubrimiento insecticida sobre 250 huevos expuestos ha sido en promedio de 52 huevos no eclosionados que corresponde a un 20.80%. Para las larvas

muertas ha sido en promedio de 198, siendo un 79.20% de huevos expuestos, mientras que en el tanque control por 250 huevos hubo un promedio de 15 huevos no eclosionados, siendo un 6% de huevos control y para larvas muertas hubo un promedio de 3, siendo un 1.20% de huevos control.

Se apreció el efecto insecticida del recubrimiento sobre hembras post ingesta sanguínea y grávidas de *Ae. aegypti* a una exposición de alfacipermetrina 0.7%, se observa en las hembras mortalidades de 57.20% a las 24 horas y 32.80% a las 48 horas. Los resultados obtenidos difieren con los reportados por (Maestre-Serrano et al., 2017) donde realizo ensayos para resistencia y demostró que en Colombia hay puntos de resistencia focal, pero no generalizada. En otro estudio que evaluaron la alfacipermetrina en neumáticos en desuso, midieron el efecto letal y la colonización de *Aedes*, en el recipiente control a la semana 2 presentó colonización, mientras que en los neumáticos tratados con alfacipermetrina fueron positivos para la colonización hasta la semana 22; en estos neumáticos se presentó un efecto letal del 73%. (Pettit et al., 2011)

La alfacipermetrina no se libera al agua, ya que se encuentra cubierta por microcapsulas polimericas (Inesfly Corporation, 2017), por lo tanto, su acción se limita a los adultos que entran en contacto con la superficie tratada, sin embargo, potencia el efecto del recubrimiento por la inhibición de la postura de las hembras.

En el estudio realizado, se comprobó una prolongada actividad residual de piriproxifen contra *Ae. aegypti* a la concentración de 0,05 ppm. La eficacia durante las 6 primeras semanas fue muy alta, sus valores fluctuaron entre 88% IE (semana 4) y 98,9 % IE (semana 2). Estos resultados confirman una residualidad prolongada del producto durante las 6 primeras semanas, pero destacando que solo es a la concentración de 0,05 ppm, productos como SUMILARV contienen piriproxifen al 0.5% (Berti et al., 2013). Al comparar los efectos insecticidas publicados para SUMILARV con los del recubrimiento insecticida de INESFLY

se puede evidenciar que son resultados muy similares, de acuerdo con la función esperada, por lo cual, la eficacia es comparable.

Desde condiciones de laboratorio, se encuentran los resultados de los bioensayos realizados de acuerdo a los protocolos de la (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2018), donde se hace una comparación entre temefos y piriproxifen, allí se muestra el promedio de mortalidad de larvas expuestas a temefos en un 68.4%, sin embargo, el promedio de mortalidad de larvas expuestas al Piriproxifen fue de 0.8%. El porcentaje de mortalidad en los bioensayos realizados con Cepa Rockefeller vs temefos mostraron una mortalidad de 100%, en relación al ensayo con Cepa Rockefeller vs Piriproxifen fue de 4.2%. Se analizaron varias dosis de temefos vs Piriproxifen, determinándose la dosis de 0.04ppm una mortalidad de 92%, lo que demuestra que esta dosis debería ser utilizada para el control de larvas del *Ae. aegypti*. (Perez, 2017). En el presente estudio, el producto evaluado contiene dos insecticidas, pero solo un componente actúa sobre las larvas. La concentración del piriproxifen es de 0.063%, causa afectación en 989 larvas (79.12%) de 1250 huevos expuestos (100%).

De forma global se pudo sustentar que el recubrimiento de la empresa INESFLY para paredes de tanques de lavaderos, presenta una acción dual sustentada principalmente por los efectos de alta mortalidad en hembras y larvas. Otros insecticidas de acción dual son por ejemplo West Chester de los cuales se han demostrado efectos como mortalidad en larvas y hembras (Maestre-Serrano et al., 2017).

Por lo tanto, en el estudio, los efectos en la mortalidad de hembras (en 93.20%), en huevos y larvas (20.80% y 79.20% respectivamente) cepa de Rockefeller, ocurrieron con el recubrimiento que se evaluó. Es entonces, que futuros estudios que incluyan aspectos de la hembra como longevidad, estado de las ovarias, comportamiento durante la postura, son necesarios para continuar explorando los efectos insecticidas de productos

microencapsulados contra el *Aedes*, y logrando el control vectorial, para una disminución de los casos de enfermedades y complicaciones derivadas a la picadura del zancudo (Navarrete-espinoza & Gómez-dantés, 2006). Esto representa una mejora para la calidad de vida de la población en diferentes zonas que se ven seriamente afectadas por la problemática de dichos insectos y un progreso para métodos de control de zancudos a nivel general.

También se evidenció, en nuestro estudio, el efecto larvicida del piriproxifen, causando mortalidad en las larvas de I-IV instar en porcentajes de 100% e inhibición de la emergencia con 100%. Así como, en la investigación de (Martiradonna Ochipinti et al., 2014) se describen bioensayos realizados en condiciones de laboratorio con una formulación granulada del producto Sumilarv G-0,5 %, utilizando larvas del IV instar temprano de *Ae. aegypti*. De manera que, se realizaron estos bioensayos con el fin de determinar su eficacia y actividad residual a las dosis de 0,01; 0,02; 0,03; 0,04 y 0,05 ppm sobre larvas *Ae. aegypti* de las cepas La Pedrera y Rockefeller. Resultando en la media aritmética para el porcentaje de mortalidad (% M) en la cepa Rockefeller fue de 76,83 % y para la cepa La Pedrera de 65,37 %. Así mismo, para el porcentaje de inhibición de la emergencia, la cepa Rockefeller presentó media aritmética de 91,80 %; la cual fue significativamente mayor que la de la cepa La Pedrera, que fue igual a 78,08 %. Estos resultados demuestran la mayor eficacia del piriproxifen en la inhibición de la emergencia de adultos y actividad residual con dosis desde los 0.04 ppm en adelante, al igual que se observó en la presente evaluación donde el producto de INESFLY contiene este regulador de crecimiento en condiciones validas de concentración.

Desde el punto de vista de la salud pública, (UNICEF, 2016) manifiesta la necesidad por el control de zancudos debido que son una amenaza para la salud pública, promoviendo el uso responsable de insecticidas probados científicamente, en ese mismo orden de ideas, la Organización Mundial de la Salud (OMS) 2018, también respalda la necesidad en el control de *Ae. aegypti* mediante una serie de sugerencias que incluye el uso de insecticidas por

medio de programas y educación a la población. De manera, que los estudios realizados permiten, comprobar en forma metódica la efectividad de ciertos productos para el control de plagas, ofrecer alternativas de productos de acuerdo con las condiciones del entorno y finalmente hacer un buen uso de los recursos al contar con alternativas verificadas.

6. CONCLUSIONES

El principal efecto causado por el recubrimiento insecticida de acción dual que contiene alfacipermetrina y piriproxifen fue la letalidad en la mayor parte de los individuos que estuvieron expuestos; este mismo resultado también se presentó en larvas y pupas, en las primeras no hubo un desarrollo total de los estadios, donde solo se observó el primer instar y en las segundas no se completaba el desarrollo para la posterior emergencia a adulto; se pudo demostrar el alto índice global de letalidad en semicampo del recubrimiento insecticida creado por la empresa Inesfly.

La evaluación del recubrimiento insecticida en semicampo, demuestra que se puede implementar esta herramienta como control químico, ya que su efecto letal es alto en diferentes estadios del *Ae. aegypti* e inclusive afectando su ovipostura, haciendo posible controlar su población desde los estadios inmaduros.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. P. (2016). Enfermedad por el virus de Zika ¿debe preocuparnos? In *Actas Dermo-Sifiliograficas* (Vol. 107, Issue 8, pp. 625–626).
<https://doi.org/10.1016/j.ad.2016.08.001>
- Arredondo Garcia, et. al. (2016). Arbovirus en Latinoamerica\copyrightrica. *Acta Pediátrica de México*, 37(2), 111–131.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-23912016000200111&nrm=iso
- Berti, J., Manzo, D., Ramos, M., & Guerra, L. A. (2013). Efficacy and residual activity of insect growth regulator pyriproxyfen on larvae of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) under laboratory conditions. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 53(1), 56–64.
- Castrejón Godínez, M. L., Sánchez Salinas, E., & Ortiz Hernández, M. L. (2014). Plaguicidas: generalidades, usos e impactos sobre el ambiente y la salud. *Universidad Autónoma Del Estado de Morelos, September 2016*, 11–35.
- CDC. (2021). Centro Nacional de Enfermedades Infecciosas Emergentes y Zoonóticas. *Journal of Infectious Diseases*, 41(2), 1. <https://www.cdc.gov/mosquitoes/about/life-cycles/aedes.html>
- CDC, & DVBD. (2019, January). *About the Division of Vector-Borne Diseases | Division of Vector-Borne Diseases | NCEZID | CDC*.
- Cenaprece. (2014, December). *Clasificación taxonómica de los vectores del dengue en México*. *Journal of Infectious Diseases*.
<http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/dengue/vector.html#:~:text=El Dengue es una enfermedad,Aedes aegypti y Aedes albopictus.>

- Conde, Andrea 2017; Serrato, M. (2017). Procedimiento Operativo Estandar para el Establecimiento y Mantenimiento de colonias de *Aedes aegypti*. *INS*, 9.
- Crawford, J. E., Alves, J. M., Palmer, W. J., Day, J. P., Sylla, M., Ramasamy, R., Surendran, S. N., Black, W. C., Pain, A., & Jiggins, F. M. (2017). Population genomics reveals that an anthropophilic population of *Aedes aegypti* mosquitoes in West Africa recently gave rise to American and Asian populations of this major disease vector. *BMC Biology*, 15(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s12915-017-0351-0>
- Dash, A. P., Bhatia, R., Sunyoto, T., & Mourya, D. T. (2013). Emerging and re-emerging arboviral diseases in Southeast Asia. *Journal of Vector Borne Diseases*, 50(2), 77–84.
- Devine, G., Eza, D., Ogusuku, E., & Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(1), 74–100. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2008.251.1241>
- Fajardo-Dolci, G., Meljem, Moctezuma, J., Vicente-González, E., Vanegas-Páez, F. V., Mazón-González, B., & Aguirre-Gas, H. G. (2013). Dengue en México, Conocer para mejorar la calidad de la atención. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 18(4), 285–286.
- Fernández, R. Humberto, Franco López, J. M., & García Martínez, C. B. (2017). Efecto del clima en el ciclo biológico del zancudo (*Aedes aegypti*) en cuatro zonas geográficas del Salvador. *E-Conversion - Proposal for a Cluster of Excellence*.
- Fortich, O. H. (1990). uniatlantico.pdf. *Universidad Del Atlantico*, 2, 32. https://www.uniatlantico.edu.co/uatlantico/pdf/arc_672.pdf
- Fuller, H. S. (1961). *Aedes Aegypti*: The Yellow Fever Mosquito. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 10(1), 112–113.

<https://doi.org/10.4269/ajtmh.1961.10.112>

Giannuzzi, L., Ortega, F., & Ventosi, E. (2016). *Efectos toxicos de los plaguicidas*. 286–315.

Gómez García, G. F. (2018). *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Diptera: Culicidae) y su importancia en salud humana. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 70(1), 0–0.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602018000100007

INESFLY COLOMBIA. (2021). *Tecnología Inesfly*. Inesfly Corporation.

https://inesflycolombia.co/?page_id=950

Inesfly Corporation. (2017). *Control de los Mosquitos del Genero Aedes*.

<https://inesfly.com/wp-content/uploads/2020/12/SOLUCIONES-INESFLY-PARA-MOSQUITOS-GENERO-AEDES.pdf>

INS. (2020). Comportamiento de los Arbovirus. Semana 40. *Boletín Epidemiológico Semanal*, 1–27.

Kilpatrick, M. A., & Randolph, S. E. (2012). Drivers,1. Marm Kilpatrick A, Randolph SE, Kilpatrick M, Randolph SE. Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases. *Lancet*, 380(9857), 1946–1955. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(12\)61151-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61151-9).Drivers

Maestre-Serrano, R., Ponce-García, G., & Flores-Suárez, A. (2017). Susceptibility of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from the municipality of Soledad (Atlántico, Colombia) to etofenprox and alphacypermethrin. *Revista Colombiana de Entomología*, 43(1), 41–44.
<https://doi.org/10.25100/socolen.v43i1.6646>

Marcombe, S., Chonephetsarath, S., Thammavong, P., & Brey, P. T. (2018). Alternative insecticides for larval control of the dengue vector *Aedes aegypti* in Lao PDR:

Insecticide resistance and semi-field trial study. *Parasites and Vectors*, 11(1), 1–8.

<https://doi.org/10.1186/s13071-018-3187-8>

Márquez Benítez, Y., Monroy Cortés, K., Martínez Montenegro, E. G., Peña García, V. H., &

Monroy Díaz, Á. L. (2019). Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito

Aedes spp y la transmisión del virus del dengue Influence of environmental

temperature in the mosquito *Aedes* spp and the transmission of the dengue virus. *Ces*

Medicina, 33(1), 42–50.

Martiradonna Ochipinti, G., Berti, J., Antonio Guerra, L., Salazar, M., Zuleima Escobar, C., &

Ángel Gómez, J. (2014). Effect of the growth regulator pyriproxyfen on *Aedes aegypti*

(Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) from La Pedrera, Maracay, Aragua, Venezuela.

Boletín de Malariología y Salud Ambiental, 54(2), 208–219.

McGuire, A. L., Gabriel, S., Tishkoff, S. A., Wonkam, A., Chakravarti, A., Furlong, E. E. M.,

Treutlein, B., Meissner, A., Chang, H. Y., López-Bigas, N., Segal, E., & Kim, J. S.

(2020). The road ahead in genetics and genomics. In *Nature Reviews Genetics* (Vol.

21, Issue 10, pp. 581–596). Nature Publishing Group. [https://doi.org/10.1038/s41576-](https://doi.org/10.1038/s41576-020-0272-6)

[020-0272-6](https://doi.org/10.1038/s41576-020-0272-6)

Montero, G., & Fca, B. (2009). Biología de *Aedes aegypti*. *Www.Produccion-Animal.Com.Ar*,

1–4. http://www.produccion-animal.com.ar/fauna/79-Aedes_aegypti.pdf

Navarrete-espínosa, J., & Gómez-dantés, H. (2006). Arbovirus causales de fiebre

hemorrágica en pacientes del Instituto Mexicano del Seguro Social. *Revista Médica*

Del Instituto Mexicano Del Seguro Social, 44(4), 347–353.

Normile, D. (2013). Surprising New Dengue Virus Throws a Spanner in Disease Control

Efforts. *Science*, 342(6157), 415. <https://doi.org/10.1126/science.342.6157.415>

Organización Mundial de la Salud. (1952). FIEBRE amarilla. *Revista Médica de Costa Rica*, 11(216), 45. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever>

Organización Mundial de la Salud. (2017). *Rociado residual intradomiciliario: Manual de operaciones de rociado residual intradomiciliario (RRI) para controlar y eliminar la transmisión del paludismo*.

[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259838/9789243508948-](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259838/9789243508948-spa.pdf;jsessionid=7AC1D3CAB7C53BF8CE2851DD471FF640?sequence=1)

[spa.pdf;jsessionid=7AC1D3CAB7C53BF8CE2851DD471FF640?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/259838/9789243508948-spa.pdf;jsessionid=7AC1D3CAB7C53BF8CE2851DD471FF640?sequence=1)

Organización Mundial de la Salud. (2019). *Clasificación recomendada por la OMS de los plaguicidas por el peligro que presentan y directrices para la clasificación 2019* (Vol. 1).

<http://apps.who.int/bookorders>.

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Chikungunya*. Oms. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2018). *Procedimientos de las pruebas para la vigilancia de la resistencia a los insecticidas en los mosquitos vectores del paludismo*.

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/258960/9789243511573-spa.pdf>

Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2017). *Respuesta mundial para el control de vectores – enfoque integrado para el control de las enfermedades de transmisión vectorial*. 2030, 4. http://www.who.int/malaria/areas/vector_control/Draft-WHO-GVCR-2017-2030-esp.pdf

Padilla, J. C., Rojas, D. P., & Sáenz-Gómez, R. (2012). *Dengue en Colombia Epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia*.

PAHO/WHO. (2019). Alerta Epidemiológica: Fiebre de Mayaro. *Ops*, 13, 1–5.

PAHO/WHO. (2021). *Chikungunya - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*.

<https://www.paho.org/es/temas/chikungunya>

Penella, J. (2016). Dengue y dengue grave. *Oms*, 1–7. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>

Perez, M. (2017). Evaluación del temefos y pyriproxifeno para el control de larvas de *Aedes aegypti*. *Horiz Med*, 17(4), 24–29.

<http://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/1756-3305-5-69>

Pettit, W. J., Whelan, P. I., McDonnell, J., & Susan, P. (2011). *Efficacy of Alpha-Cypermethrin and Lambda-Cyhalothrin Applications to Prevent Aedes Breeding in Tires*. 26(4), 387–397.

Reinert, J. F., Harbach, R. E., & Kitching, I. J. (2004). Phylogeny and classification of Aedini (Diptera: Culicidae), based on morphological characters of all life stages. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 142(3), 289–368. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2004.00144.x>

Rossi, G., & Almirón, W. (2003). Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina. *Journal of Pharmacy Practice*, 16(5), 349–360.

[https://www.mundosano.org/download/bibliografia/Monografia 5.pdf](https://www.mundosano.org/download/bibliografia/Monografia%205.pdf)

Secretaria de salud gobierno de Mexico. (2020). *El control del dengue depende de la eliminación del mosquito transmisor de la enfermedad*. Prensa Secretaria de Salud Gobierno de Mexico. <https://www.gob.mx/salud/prensa/191-el-control-del-dengue-depende-de-la-eliminacion-del-mosquito-transmisor-de-la-enfermedad?idiom=es>

UNICEF. (2016). *Control del vector Aedes aegypti y medidas preventivas en el contexto del zika*. 20. <https://www.unicef.org/lac/sites/unicef.org.lac/files/2018->

04/20161220_UNICEF_Control_Vector_Prevenccion_Zika_Esp_UNICEF.pdf

Unidad de Biosistemática Walter Reed (WRBU). (2021). *Aedes Meigen, 1818*.

<https://www.wrbu.si.edu/vectorspecies/genera/aedes>

Vargas, M. (1998). *El mosquito: un enemigo peligroso : biología, control e importancia en la ...* - Mario Vargas Vargas - Google Libros (Vol. 2).

https://books.google.com.co/books?id=rAssNdJ1zWwC&pg=PA49&hl=es&source=gbs_toc_r&cad=4#v=onepage&q=huevecillos&f=false

Villegas, A., Che, A., González, M., Guillermo, G., González, H., Dzul, F., Ulloa, A., Danis, R., & Manrique, P. (2011). Control enfocado de *Aedes aegypti* en localidades de alto riesgo de transmisión de dengue en Morelos, México. *Salud Pública de México*, 53(2), 141–151. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342011000200007

WHO. (2018). Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes (Second edition) (Updated June 2018). *Who*, 48.

<http://www.who.int/malaria/publications/atoz/9789241511575/en/>

World Mosquito Program. (2019). *¿Qué enfermedades transmite el mosquito Aedes aegypti?* | *World Mosquito Program*. *Journal of Infectious Diseases*.

<http://www.eliminatedengue.com/colombia/enfermedades-mosquito>

Zeng, X., Gao, X., Peng, Y., Wu, Q., Zhu, J., Tan, C., Xia, G., You, C., Xu, R., Pan, S., Zhou, H., He, Y., & Yin, J. (2019). Higher Risk of Stroke Is Correlated With Increased Opportunistic Pathogen Load and Reduced Levels of Butyrate-Producing Bacteria in the Gut. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 9, 4.

<https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00004>

