



***EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA, EN POBLACIONES
DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA
Aedes aegypti (L) EN CEPAS SUSCEPTIBLE (ROCKEFELLER) Y SILVESTRES DE
FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA***

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

TRABAJO DE GRADO

BOGOTÁ D.C. ABRIL, 2025



***EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA, EN POBLACIONES
DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA
Aedes aegypti (L) EN CEPAS SUSCEPTIBLE (ROCKEFELLER) Y SILVESTRES DE
FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA***

DIDIER JAVIER LUGO COHETATO

LUNA VALENTINA VILLARRAGA MONTAÑEZ

LAURA JULIETH DAZA MORENO

Asesor

MSc. CARLOS HUMBERTO MURCÍA RAMÍREZ

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

TRABAJO DE GRADO

BOGOTÁ D.C. ABRIL, 2025



***EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA, EN POBLACIONES
DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA
Aedes aegypti (L) EN CEPAS SUSCEPTIBLE (ROCKEFELLER) Y SILVESTRES DE
FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA***

APROBADA _____

JURADOS _____

ASESOR _____

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

TRABAJO DE GRADO

BOGOTÁ D.C. ABRIL, 2025

DEDICATORIA

A mis amados padres, Mireya Cohetato Ospitia y Javier Lugo Piernagorda, pilares inquebrantables de mi vida. Su amor, comprensión y dedicación han sido el faro que ha iluminado mi camino, proporcionándome los medios y recursos necesarios para alcanzar mis metas. Su constante aliento y apoyo incondicional me han impulsado a superar cada obstáculo.

A mi querida hermana, Leidy Carolina Lugo Cohetato por su paciencia, cariño y colaboración.

Tu presencia constante ha sido un regalo invaluable en los momentos más significativos de mi vida, brindándome fortaleza y compañía.

A todos aquellos que, con su apoyo incondicional, me sostuvieron en los momentos más difíciles y me motivaron a perseguir mis sueños y metas. Su aliento y fe en mí fueron el impulso necesario para llegar hasta aquí. Este logro es también suyo, y les estaré eternamente agradecido.

Didier Javier Lugo Cohetato

A mi abuelita, quien siempre soñó con ser bacterióloga y estuvo presente en gran parte de este proceso, aunque la vida no le permitió verme concluirlo. Le dedico este trabajo con todo mi amor; con la certeza de que estaría orgullosa de este logro y de la persona en la que me he convertido.

A mi mamá, mi papá y mi hermana, por ser mi apoyo incondicional en cada paso de este camino. por brindarme su amor, su paciencia y su ayuda para llevar a cabo tantas actividades de este proyecto. Su respaldo ha sido fundamental para alcanzar esta meta, y este logro es tanto mío como suyo.

Luna V. Villarraga Montañez

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. Por darme la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para superar los desafíos y alcanzar esta meta.

A mis padres, José Daza Moreno y Greisy Moreno Montenegro, por su amor incondicional, sacrificio y enseñanzas, que han sido el motor de mi crecimiento personal y profesional. A mi hermana, Lorent Sofía, cuya ternura y alegría han sido un refugio en los momentos difíciles.

A mi madrina, Leidy Gaviria y a mi tía, Luz Mery Daza por su apoyo incondicional y los consejos que han iluminado mi camino.

A mi pareja, cuyo amor, comprensión y compañía han sido un pilar fundamental en este proceso, brindándome fuerza y motivación en cada paso del camino.

Laura J. Daza Moreno

AGRADECIMIENTOS

Finalizar este trabajo representa el cierre de una etapa llena de aprendizajes, desafíos y momentos de crecimiento personal y profesional. No habría sido posible sin el apoyo invaluable de quienes, con su guía, paciencia y dedicación, contribuyeron de manera significativa en este proceso.

Principalmente queremos agradecer a nuestro docente asesor *Carlos Humberto Murcia Ramirez* por su paciencia, guía y dedicación en cada etapa de este proyecto. Sus enseñanzas han sido claves para nuestro crecimiento académico y profesional.

A las docentes *Ligia Consuelo Sánchez Leal* y *Martha Lucía Posada Buitrago*, líderes del semillero de investigación CEPARIUM, por su compromiso y valioso aporte en el desarrollo de esta investigación.

Al personal del laboratorio de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, en especial a los servicios generales y equipo de mantenimiento, por su colaboración y esfuerzo, permitiendo que cada actividad se llevará a cabo de la mejor manera.

A los docentes *Jonathan Andrés Mora Quimbayo*, por su generosidad al realizar donaciones de insumos esenciales para el laboratorio, contribuyendo al desarrollo de este trabajo y *Jesús David Rueda Villabona*, por sus asesorías y aportes en diferentes momentos del proyecto.

Al *Instituto Nacional de Salud (INS)*, por la donación de la cepa susceptible utilizada en esta investigación, en especial a la *Dra. Olga Cabrera Quintero*, por su apoyo en la gestión de este recurso.

A la *Secretaría de Salud de Fusagasugá*, por su disposición y apoyo técnico en la autorización y acompañamiento para aplicación de encuestas CAP y la recolección de cepas silvestres, en especial al secretario de Salud Municipal *Rodrigo Cubillos Apolinar* y a la directora de Salud Pública *Olga Lucía Vásquez* por su gestión y colaboración.

Finalmente agradecemos a la *Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca* nuestra Alma Mater por brindarnos las herramientas, el conocimiento y los espacios necesarios para nuestra formación académica y el desarrollo de esta investigación.

A todas las personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de este trabajo, nuestro más sincero agradecimiento. Cada palabra de aliento, cada gesto de apoyo y cada enseñanza fueron fundamentales en este camino.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	11
1. Introducción	14
2. Objetivos	16
3. Antecedentes	16
4. Marco Teórico	19
4.1 Taxonomía	19
4.2 Ciclo de Vida	20
4.3 Ciclo de Transmisión	22
4.4 Distribución geográfica y condiciones medioambientales	24
4.5 Arbovirosis	27
4.6 Epidemiología	29
4.6.1 Epidemiología en Colombia	29
4.7 Manejo integrado de vectores (MIV)	30
4.8 Control Biológico.....	31
4.9 Control Químico	34
4.10 Resistencia a Insecticidas	35
4.11 Análisis Estadístico	36
4.11.1 Ocurrencia de la Enfermedad	36
4.11.2 Porcentaje de Mortalidad	37
4.11.3 Dosis Letal	37
4.11.4 Modelo Estadístico de Regresión PROBIT	37
5. Diseño Metodológico	38
5.1 Fase 1	38
5.2 Fase 2	41
5.3 Fase 3	43
5.3.1 Universo, población, muestra	43
5.4 Análisis Estadístico	44
5.4.1 Hipótesis , Variables, Indicadores	44
6. Resultados	45
6.1 Establecimiento de las Cepas	45

6.2 Cálculo de las concentraciones (UFC/L), determinación de las DL, % de mortalidad..	47
6.2.1 Productos Agrícolas número 1 y número 2	47
6.2.2 Producto de Uso en Salud Pública - <i>Bacillus thuringiensis var. israelensis</i>	54
6.2.3 Producto de Uso Doméstico - Hipoclorito de Sodio	55
6.3 Consideraciones Éticas	56
7. Discusiones	58
8. Conclusiones	65
9. Aportes	67
10. Referencias Bibliográficas	68
Anexos	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	21
Figura 2	24
Figura 3	29
Figura 4	35
Figura 5	39
Figura 6	46
Figura 7	47
Figura 8	48
Figura 9	49
Figura 10	50
Figura 11	52
Figura 12	53
Figura 13	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	20
Tabla 2	28
Tabla 3	33
Tabla 4	51
Tabla 5	51
Tabla 6	52
Tabla 7	53
Tabla 8	54
Tabla 9	55
Tabla 10	56



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO

***EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS
AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA, EN POBLACIONES
DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA
Aedes aegypti (L) EN CEPAS SUSCEPTIBLE (ROCKEFELLER) Y SILVESTRES DE
FUSAGASUGÁ CUNDINAMARCA***

RESUMEN

El mosquito *Aedes aegypti* (L), perteneciente a la familia Culicidae, es el vector de arbovirosis como dengue, zika, chikungunya y fiebre amarilla urbana en las Américas. Su adaptación a entornos urbanos y reproducción en recipientes con agua estancada han facilitado su expansión en zonas tropicales y subtropicales. Ante la creciente resistencia a insecticidas químicos, el control biológico surge como una alternativa efectiva y sostenible frente a esta problemática de salud pública.

Este proyecto evaluó la susceptibilidad larvaria de los estadios LIII y LIV de cepas susceptibles

y silvestres de *Aedes aegypti* (L), frente a productos de uso agroindustrial, doméstico y en salud pública. Los resultados evidenciaron porcentajes de mortalidad del 92%, 100% y 100%, respectivamente, en la cepa silvestre. Además, se determinaron las DL₅₀, DL₉₀ y DL₉₉ de los productos agrícolas mediante el modelo estadístico PROBIT, aportando información novedosa. Uno de estos productos mostró un efecto larvicida prospectivo de 2.19×10^{10} UFC/L para el control focal del vector. Su eficacia, junto con la de otros productos evaluados, los perfila como alternativas prospectivas para ser incorporadas como estrategias del Manejo Integrado de Vectores, especialmente en el contexto actual de aumento de casos de arbovirosis en el país.

Este estudio permitió consolidar alianzas con el municipio de Fusagasugá, implementar estrategias IEC en la comunidad como parte de la proyección social y establecer el nuevo Laboratorio de Entomología Médica de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, sentando bases para futuras investigaciones en enfermedades transmitidas por vectores.

Palabras clave: *Aedes aegypti* (L), entomopatógeno, manejo integrado de vectores (MIV), arbovirosis, biocontroladores.

Estudiantes: Didier Javier Lugo Cohetato, Luna Valentina Villarraga Montañez, Laura Julieth Daza Moreno

Docentes: Carlos Humberto Murcia Ramírez

Institución: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

ABSTRACT

The *Aedes aegypti* (L) mosquito, a member of the Culicidae family, is the vector of arboviruses such as dengue, zika, chikungunya and urban yellow fever in the Americas. Its adaptation to urban environments and reproduction in containers with stagnant water have facilitated its expansion in tropical and subtropical areas. Given the growing resistance to chemical insecticides, biological control has emerged as an effective and sustainable alternative to this public health problem.

This project evaluated the larval susceptibility of LIII and LIV stages of susceptible and wild strains of *Aedes aegypti* (L) to agroindustrial, domestic and public health products. The results showed mortality percentages of 92%, 100% and 100%, respectively, in the wild strain. In addition, the DL_{50} , DL_{90} and DL_{99} of agricultural products were determined using the PROBIT statistical model, providing novel information. One of these products showed a prospective larvicidal effect of 2.19×10^{10} CFU/L for focal vector control. Its efficacy, together with that of other products evaluated, outlines them as prospective alternatives to be incorporated as Integrated Vector Management strategies, especially in the current context of increasing cases of arbovirosis in the country.

This study allowed consolidating alliances with the municipality of Fusagasugá, implementing IEC strategies in the community as part of the social projection and establishing the new Medical Entomology Laboratory of the Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, laying the foundations for future research on vector-borne diseases.

Key words: *Aedes aegypti* (L), entomopathogen, integrated vector management (IVM), arbovirosis, biocontrollers.

1. INTRODUCCIÓN

Aedes aegypti (L) perteneciente a la familia *Culicidae* es un mosquito hematófago, ampliamente distribuido en regiones tropicales y subtropicales alrededor del mundo, con una presencia especialmente marcada en áreas altamente pobladas, que cuentan con altitudes inferiores a 1.800 msnm (1) una temperatura media entre 20 y 25 °C y una humedad relativa en un rango de 60±10%. Esta preferencia por zonas urbanas y domésticas se debe en gran medida a la disponibilidad de hábitats propicios para su reproducción, como recipientes de agua estancada y contenedores. Su ciclo de vida abarca cuatro etapas distintivas: huevo, larva (LI, LII, LIII y LIV), pupa y adulto, y en condiciones óptimas dura aproximadamente entre 7 a 10 días (2).

Este mosquito actúa como vector de diferentes y numerosas arbovirosis que tienen importancia en la salud pública de Colombia y el mundo. Dentro de este grupo se encuentra el dengue, que actualmente es considerada la enfermedad viral transmitida por mosquitos más importante a nivel mundial, y otras enfermedades emergentes y reemergentes como: zika, chikungunya, fiebre amarilla, virus del nilo occidental y virus de mayaro (3).

Colombia y las Américas enfrentan un desafío creciente en salud pública debido al aumento de los casos de dengue, zika y chikungunya. Según datos del Centro Colaborativo de Arbovirosis, entre 2015 y 2025 se confirmaron 3.001 casos de Zika, con un saldo de dos defunciones. En cuanto al virus del Chikungunya, desde 2015 hasta 2025 se registraron 57.904 casos y 69 fallecimientos. No obstante, el dengue representó la mayor preocupación, ya que, entre 2015 y 2025 se reportaron 692.772 casos confirmados, con un total de 1.095 muertes asociadas en el mismo período, finalmente uno de los datos más preocupantes los presenta la fiebre amarilla el cual en el mismo periodo de tiempo reportó 93 casos confirmados con 51 muertes (4,5,6). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el impacto de estas enfermedades es especialmente crítico en la población infantil, siendo los niños de 0 a 4 años los más vulnerables

debido a la inmadurez de su sistema inmunológico y al mayor riesgo de desarrollar formas graves, como el síndrome de choque (7).

Para controlar la proliferación del vector, se ha promovido en Colombia la implementación del Manejo Integrado de Vectores (MIV), una estrategia que combina diversas herramientas para reducir las poblaciones de *Aedes aegypti* (L) (8). Dentro de este enfoque, el control químico es una de las principales medidas. En este se usan insecticidas larvicidas y adulticidas, como los organofosforados (temefos y malatión) y los piretroides (deltametrina). Sin embargo, el uso indiscriminado de estos pesticidas ha generado efectos negativos en el medio ambiente y en la salud humana. Además, la falta de control biológico sobre especies invasoras, la disminución en la efectividad de los programas de control químico y la ausencia de criterios unificados entre sectores como el agroindustrial, el doméstico y la salud pública han incrementado las presiones de selección, favoreciendo la aparición y propagación de resistencia a los insecticidas en las poblaciones de mosquitos vectores. Según reportes del Instituto Nacional de Salud (INS) en 2023, *Aedes aegypti* (L) presentó un 70% de resistencia a temefos y un 36% a la deltametrina, lo que evidencia una reducción en la efectividad de estos productos.

Ante este panorama, esta investigación busca evaluar la efectividad de los productos utilizados en distintos sectores (doméstico, salud pública y agroindustrial) para el control de *Aedes aegypti* (L), considerando tanto los métodos convencionales como estrategias innovadoras del sector agroindustrial, cuya eficacia en el manejo del vector aún no ha sido plenamente estudiada. Para ello, se comparará su impacto en una cepa silvestre, proveniente del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca región endemo epidémica para arbovirosis, y en la cepa susceptible *Rockefeller* que fue donada por el INS. Además se llevó a cabo una encuesta de Conocimientos, Actitudes y Prácticas (CAP) con el propósito de conocer las conductas de riesgo y protectoras de una región

con transmisión de arbovirosis en Fusagasugá frente a sus estrategias de control y prevención de las arbovirosis.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial larvicida de productos de uso agroindustrial, doméstico y de salud pública frente a poblaciones del vector *Aedes aegypti* (L), en condiciones de laboratorio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Establecer la cría de colonias filiales de *Aedes aegypti* (L) de cepas susceptibles (*Rockefeller*) y silvestres de Fusagasugá Cundinamarca para ensayos de biocontrol, en condiciones de laboratorio.
2. Determinar las concentraciones de uso de los productos agroindustriales, domésticos y de salud pública a partir de la información técnica disponible, para su aplicación en los bioensayos
3. Realizar bioensayos de susceptibilidad en las cepas susceptibles (*Rockefeller*) y silvestre de Fusagasugá Cundinamarca de *Aedes aegypti* (L), con productos agroindustriales, de uso doméstico y en salud pública.
4. Estimar las dosis letales para *Aedes aegypti* (L) en estadios larvarios frente a los productos larvicidas utilizados de los cuales no hay información disponible (productos agroindustriales).

3. ANTECEDENTES

Aedes aegypti (L) es el mosquito responsable de transmitir arbovirosis como el dengue, zika, chikungunya y fiebre amarilla. Fue descrito por primera vez en 1762 por Carl Linnaeus y Fredrik Hasselquist como *Culex aegypti*. Posteriormente, en la década de 1920, Dyar propuso el nombre *Aedes aegypti* (L), y tras una evaluación de la Comisión Internacional de Nomenclatura

Zoológica, se adoptó oficialmente esta denominación (9). Este mosquito vector fue introducido en el continente americano a través de embarcaciones europeas durante los siglos XVII al XIX, estableciéndose en puertos comerciales y diseminándose a lo largo del continente, especialmente en zonas tropicales y subtropicales (9).

La amplia distribución de este mosquito conlleva importantes implicaciones para la salud pública, debido a la severidad de las enfermedades que transmite. Estas enfermedades representan una carga considerable para los sistemas de salud en las regiones afectadas, con impactos en la calidad de vida de las personas y en la economía de los países (10). Por esto, se han implementado diversas estrategias de control con el objetivo de reducir la población de este vector.

Hacia el año 1949, la UNICEF y la OPS implementaron un programa en el Caribe para erradicar los vectores de fiebre amarilla urbana y paludismo empleando el uso de diclorodifeniltricloroetano (DDT) y medicamentos sintéticos. En Colombia, la campaña “anti-aegypti” comenzó en 1950 con la aplicación de temefos y fentanilo para eliminar el *Aedes aegypti* (L) (11). Para 1960, se informó la erradicación de *Aedes aegypti* (L) en Colombia, excepto en Cúcuta, donde presentó resistencia al DDT (12), lo que llevó a reforzar la vigilancia epidemiológica en la frontera con Venezuela. Aunque el país permaneció libre del vector y sin epidemias de dengue y fiebre amarilla entre 1961 y 1968, a finales de los sesenta se registró una reemergencia del dengue. La reinfestación, iniciada en Cúcuta y zonas fronterizas, fue impulsada por la migración venezolana, la resistencia del vector y la presencia de DENV-2 residual en Venezuela y el Caribe, propagándose a otras regiones del país (12).

Para 1990 se implementó la estrategia denominada Manejo Integrado y Selectivo de Vectores, este se fundamentó “en la combinación de las medidas de control dirigidas a combatir los vectores específicos de enfermedades” (13), pero su efectividad fue limitada debido a problemas

estructurales y operativos del programa. En el nuevo milenio, se propuso el Manejo Integrado de Vectores (MIV), en el que se tenía en cuenta el “control simultáneo de los insectos transmisores de las principales Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETVs) de los lugares endémicos, la integración de diferentes metodologías y estrategias de control y la acción intersectorial” (13). Las metodologías consisten en el control ambiental y físico, implementando estrategias como la remoción y reducción de áreas donde los vectores fácilmente se pueden reproducir, control social y conductas protectoras incluyendo campañas educativas para informar a la comunidad sobre la importancia del control de vectores y las medidas que pueden tomar para reducir los criaderos de mosquitos, el control químico, utilizando diferentes insecticidas larvicidas y/o adulticidas y finalmente el control biológico en el cual se emplean depredadores naturales de los vectores, así como derivados metabólicos o metabolitos secundarios como lo son toxinas microbiana o compuestos fitoquímicos (13, 14). En este contexto el control biológico se ha empleado a nivel nacional e internacional, realizándose diferentes estudios sobre la efectividad del uso de diversos microorganismos entomopatógenos como alternativas a los métodos convencionales y la adquisición de la resistencia por parte de los vectores. La caracterización e identificación de estos microorganismos entomopatógenos comenzó en el siglo XIX con Agostino Bassi, quien identificó a *Beauveria bassiana* como un hongo patógeno en *Bombyx mori* (15). En el siglo XX, se descubrieron otros microorganismos como *Bacillus thuringiensis*, documentado por Ernst Berliner en 1911 (16) . En Colombia, el primer uso exitoso de estos organismos fue en 1930 con *Coccobacillus acridiorum* para controlar langostas (17).

Desde 1984, investigaciones en Colombia han identificado hongos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* e *Isaria spp.* con potencial para el control de vectores (18) . En 2011, el *World Mosquito Program* implementó en Australia el uso de *Wolbachia sp.* para reducir poblaciones de *Aedes aegypti* (L), estrategia que se probó en Colombia pero no se ha integrado oficialmente al MIV.

Estudios recientes en Indonesia (19) y Colombia (20) han demostrado la efectividad de hongos entomopatógenos en el control de *Aedes aegypti* (L) y *Aedes albopictus* (S), resaltando su potencial como bioinsecticidas en la lucha contra enfermedades transmitidas por vectores.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 TAXONOMÍA

Según datos recolectados por el Integrated Taxonomic Information System (ITIS) la clasificación taxonómica de *Aedes aegypti* (L) y *Aedes albopictus* (S) comienza en el reino *Animalia*. Pertenece al filo *Arthropoda*, ya que, como todos los artrópodos, posee un exoesqueleto, cuerpo segmentado y apéndices articulados. En la clase Insecta, se le identifica como un insecto que tiene tres pares de patas, un par de antenas y un cuerpo dividido en cabeza, tórax y abdomen. Forma parte del orden Díptera que se caracteriza por tener un solo par de alas funcionales, mientras que las alas posteriores las utilizan para el equilibrio durante el vuelo. Hace parte de la familia *Culicidae*, y dentro de esta familia, está clasificado en el género *Aedes*, compuesto por mosquitos que suelen tener hábitos diurnos y son vectores de importantes enfermedades virales. La **tabla 1** muestra la clasificación taxonómica detallada de *Aedes aegypti* (L) y *Aedes albopictus* (S), evidenciando su posición dentro del sistema de clasificación biológica.

TAXONOMÍA DE <i>Aedes</i>			
<i>Aedes aegypti</i> (L)		<i>Aedes albopictus</i> (S)	
REINO	<i>Animalia</i>	REINO	<i>Animalia</i>
SUBREINO	<i>Bilateria</i>	SUBREINO	<i>Bilateria</i>
INFRAREINO	<i>Protostomia</i>	INFRAREINO	<i>Protostomia</i>
SUPERFILO	<i>Ecdysozoa</i>	SUPERFILO	<i>Ecdysozoa</i>
FILO	<i>Arthropoda</i>	FILO	<i>Arthropoda</i>
SUBFILO	<i>Hexapoda</i>	SUBFILO	<i>Hexapoda</i>
CLASE	<i>Insecta</i>	CLASE	<i>Insecta</i>
SUBCLASE	<i>Pterygota</i>	SUBCLASE	<i>Pterygota</i>

INFRACLASE	<i>Neoptera</i>	INFRACLASE	<i>Neoptera</i>
SUPERORDEN	<i>Holometabola</i>	SUPERORDEN	<i>Holometabola</i>
ORDEN	<i>Diptera</i>	ORDEN	<i>Diptera</i>
SUBORDEN	<i>Nematocera</i>	SUBORDEN	<i>Nematocera</i>
INFRAORDEN	<i>Culicomorpha</i>	INFRAORDEN	<i>Culicomorpha</i>
FAMILIA	<i>Culicidae</i>	FAMILIA	<i>Culicidae</i>
SUBFAMILIA	<i>Culicinae</i>	SUBFAMILIA	<i>Culicinae</i>
TRIBU	<i>Aedini</i>	TRIBU	<i>Aedini</i>
GÉNERO	<i>Aedes</i>	GÉNERO	<i>Aedes</i>
SUBGÉNERO	<i>Aedes (Stegomyia)</i>	SUBGÉNERO	<i>Aedes (Stegomyia)</i>
ESPECIE	<i>Aedes aegypti</i> (L)	ESPECIE	<i>Aedes albopictus</i> (S)

Tabla 1. Clasificación taxonómica de las especies *Aedes aegypti* (L) y *Aedes albopictus* (S). **Adaptado de:** Integrated Taxonomic Information System (ITIS).

4.2 CICLO DE VIDA

El ciclo de vida de las especies de *Aedes spp.* es holometábolo (2), es decir, es completo y abarca cuatro estadios: huevo (H), larva (L), que se divide en 4 subestadios pasando por larva 1, larva 2, larva 3 y larva 4 (L I, L II, L III, L IV); pupa o crisálida (P) y el adulto o también conocido como imago (A). Estas fases de crecimiento son mediadas por los procesos fisiológicos de metamorfosis y ecdisis. La **figura 1** muestra de manera esquemática el ciclo de vida de *Aedes spp.*, resaltando cada una de sus fases y los tiempos aproximados que toma la transformación de huevo a adulto.

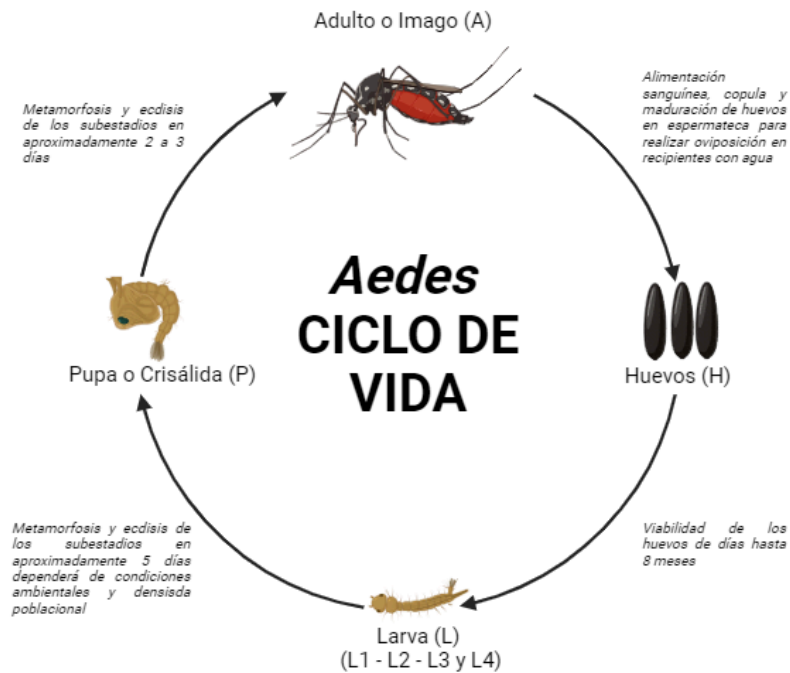


Figura 1. Ciclo de vida de los vectores del género *Aedes*, el cual comprende 4 estadios: Huevo (H), Larvas (L), Pupa y Adulto o Imago (A). **Adaptado de:** CDC español. Ciclo de vida de los mosquitos *Aedes*.

Las hembras de *Aedes aegypti* (L) y *Aedes albopictus* (S) depositan sus huevos uno a uno en las paredes internas de recipientes donde encuentran agua estancada, este proceso lo hace mediado por receptores ubicados en las antenas, que actúan como quimiorreceptores (5). Los sitios de cría preferidos por *Aedes aegypti* (L) incluyen recipientes de agua artificiales que contengan agua limpia y estancada como: vasos, latas, neumáticos, baldes, tanques altos y bajos, albercas o floreros, que se encuentren dentro o alrededor de las viviendas urbanas. Por otro lado, *Aedes albopictus* (S) prefiere otros sitios de cría naturales como pequeños charcos, hojas de bromelia, huecos en árboles, entre otros (2). Sin embargo, también pueden realizar la oviposición en recipientes artificiales.

Una vez depositados los huevos, se tiene registro que presentan una gran capacidad a la desecación y pueden tener una viabilidad que oscila de pocos días hasta los 8 meses (2); cuando se ven expuestos a agua, estos se hidratan y eclosionan en larvas.

La duración del desarrollo larvario depende de diferentes factores, como la humedad, la temperatura y la disponibilidad del alimento (materia orgánica). Después de la eclosión del huevo, sale la larva del primer estadio y, aproximadamente dos días después, ocurre la muda y surge el segundo. Posteriormente, pasa a larva LIII y luego a LIV; estos dos últimos estadios se caracterizan por presentar un sifón corto y un único penacho piloso, que les permite estar suspendidas bajo la interfase aire-agua y realizar sus procesos respiratorios (21). El subestadio L4 es el que más dura y es donde la larva aumenta de tamaño y peso. Su duración también puede depender de las condiciones medioambientales; si no son óptimas, este estadio puede prolongarse por varias semanas antes de convertirse en pupa.

El estadio de pupa o crisálida dura aproximadamente tres días y presenta una apariencia similar a un coma. Durante esta fase, no hay alimentación, y es el último ciclo antes de convertirse en adulto. A pesar de no alimentarse, las pupas pueden moverse y reaccionar a estímulos como vibraciones y luz. Además, pasan la mayor parte del tiempo en la superficie, lo que facilita la ecdisis del adulto.

Una vez emerge el adulto, este se posa sobre las paredes del recipiente con el fin de permitir el endurecimiento de su exoesqueleto y las alas. La maduración y desarrollo del vector está dada en gran medida por las condiciones medioambientales (**Anexo N°1 - Fotografía de los diferentes estadios de *Aedes aegypti* (L) obtenidos en la cría y establecimiento de cepas susceptibles y silvestre**). Según el CDC; toma aproximadamente 7 a 10 días (22) para que un huevo se convierta en mosquito adulto, teniendo una vida media de una semana para los machos y aproximadamente de un mes para las hembras (22).

4.3 CICLO DE TRANSMISIÓN

El ciclo inicia cuando la hembra mediante la hematofagia consume sangre infectada con un arbovirus, la sangre viaja por el sistema digestivo del insecto y llega al mesenterón o intestino

medio del insecto; empleando las células epiteliales digestivas para poder realizar su proceso de replicación, las partículas virales nuevas ocasionan una viremia, éstas se diseminan en el hemocele y la hemolinfa y circula por todo el sistema circulatorio llegando a diferentes órganos diana, entre ellos las glándulas salivales. Una vez ahí penetra en la lámina basal de las glándulas salivales que rodean las células acinares; se replica en el interior de estas células; y se deposita en las cavidades apicales que es el sitio de predilección donde se aloja la saliva con todos sus componentes para realizar la hematofagia y donde yacen partículas virales que se liberan en el nuevo huésped susceptible de desarrollar las diferentes arbovirosis. Esta dinámica conduce a distintos patrones de transmisión que varían según el entorno geográfico y las especies involucradas (23).

El ciclo de transmisión epidemiológico comprende tres momentos claves: urbano – antropogénico, selvático - enzoótico y rural – epizoótico, como se muestra en la **figura 2**. La transmisión de cualquier arbovirosis comienza con la hematofagia realizada por el vector (hembra) en un individuo infectado con alguna de las arbovirosis implicadas; “El arbovirus ingresa al mosquito y el primer tejido en infectarse es el intestino medio; posteriormente el virus sale a la hemolinfa y se propaga hacia otros tejidos del mosquito, hasta llegar a las glándulas salivales, donde también se replica para luego ser secretado en la saliva durante la siguiente alimentación sanguínea” (24).

A nivel urbano el principal medio de transmisión es mediante la interacción entre el vector *Aedes* y los seres humanos, los vectores adquieren los patógenos al picar a una persona infectada por el virus, para posteriormente propagar el virus a otras personas al realizar nuevamente la hematofagia.

En los ciclos selváticos o enzoóticos, donde las diferentes arbovirosis persisten en la naturaleza con una circulación constante, los vectores presentan una alimentación zoofílica, lo que permite la transmisión entre animales, principalmente entre primates no humanos.

El ciclo rural o epizoótico se presenta debido a las preferencias antropozoofílicas de algunas especies del género *Aedes*. Estos vectores actúan como un puente entre la transmisión urbana y selvática, ya que no muestran una preferencia alimenticia específica. Se alimentan de distintos tipos de animales susceptibles, incluidos algunos domésticos, así como de seres humanos, lo que provoca la amplificación y diseminación de las arbovirosis en diversas zonas geográficas.

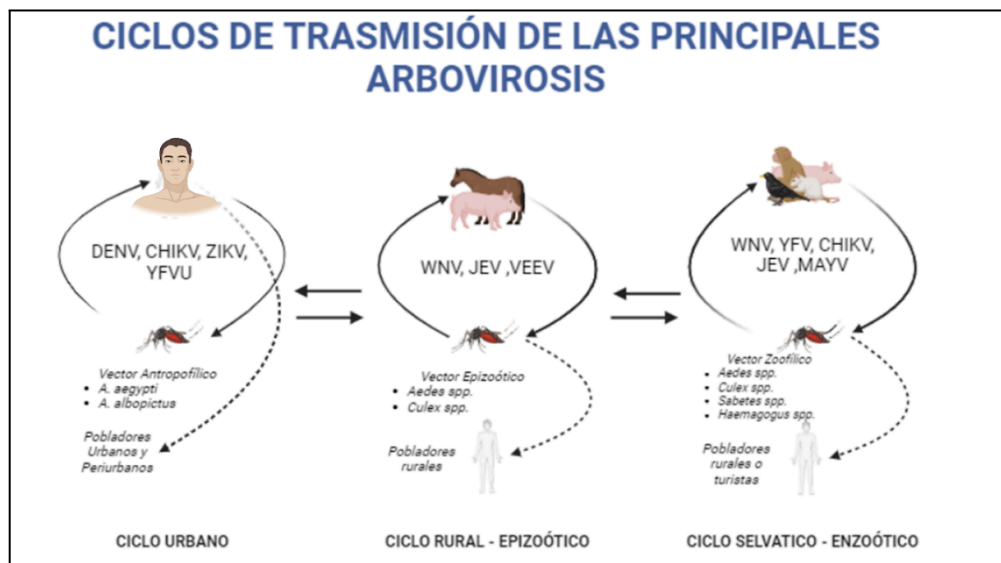


Figura 2. Ciclo de transmisión epidemiológica de las principales arbovirosis, las cuales comprenden: Urbano, Rural o Epizoótico y Selvático o Enzoótico. **Adaptado de:** Pando-Robles, Victoria & Ortega, Aldo & Huerta, Heron. (2020). Virus transmitidos por mosquitos. Editora invitada. Revista de divulgación Ciencia. ene-mar 2020.

4.4 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES

Tanto *Aedes aegypti* (L) como el *Aedes albopictus* (S) han demostrado una notable capacidad de adaptación y dispersión, extendiendo significativamente su presencia más allá de sus regiones de origen gracias a la intervención humana. *Aedes aegypti* (L), nativo del África subsahariana, llegó a América entre los siglos XV y XVII a bordo de barcos de esclavos (25). Por su parte, *Aedes albopictus* (S), originario de Asia, se expandió hacia el oeste antes de invadir el Nuevo Mundo, transportado principalmente en neumáticos (26). Ambas especies han logrado colonizar con éxito diversos ambientes, incluyendo áreas urbanas y periurbanas.

La capacidad de estas especies para colonizar nuevos territorios se refleja claramente en Colombia. Según estudios de Sánchez Tinjaca (27), *Aedes aegypti* (L), se ha establecido en 30 de los 32 departamentos del país. Esto evidencia una amplia distribución geográfica, con una mayor concentración de reportes en departamentos clave como Atlántico, Boyacá, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Tolima y Valle del Cauca. En contraste, *Aedes albopictus* (S), aunque con una distribución más limitada en Colombia, está presente en 14 departamentos. Su presencia es particularmente notoria en el Cauca, Santander y Valle del Cauca. Si bien *Aedes albopictus* (S) es conocido por su adaptabilidad a climas más templados y su capacidad para transmitir diversas enfermedades arbovirales, su expansión en el país representa una preocupación creciente. La coexistencia de ambas especies en varios departamentos podría complicar aún más el panorama epidemiológico, aumentando el riesgo de brotes y la dispersión de ETVs.

Estos mosquitos se desarrollan óptimamente a altas temperaturas; en Colombia recientes estudios han determinado la variación de temperatura máxima y mínima para *Aedes aegypti* (L). *Las temperaturas máximas se encuentran en un rango entre 20°C a 35°C, la mayoría de los reportes se encuentran entre los 25°C y 35°C. Por otro lado, la temperatura mínima reportada se encuentra entre los 10°C y los 33°C aproximadamente (27).* Para el vector *Aedes albopictus* (S) se tiene que la temperatura máxima está reportada entre los 20°C y 35°C, mientras que la temperatura mínima varía entre los 10°C y 30°C (27).

Otros factores importantes que favorecen su crecimiento, desarrollo y distribución son la humedad relativa de $60\pm 10\%$, y fotoperiodo de 12:12 (L:O) (28). Sin embargo, hasta la fecha no hay estudios en Colombia que demuestren cambios abruptos en estos factores que indiquen una plasticidad ecológica de estas características.

Estas condiciones permiten un adecuado desarrollo de su ciclo de vida, desde la eclosión de los huevos, hasta alcanzar el estadio adulto, favoreciendo su capacidad de reproducción y

aumentando su población. Además, la disponibilidad de agua estancada tanto en ambientes naturales como en recipientes artificiales (neumáticos, albercas, depósitos de agua, entre otros), les favorece para realizar la postura de los huevos y el posterior desarrollo larvario, siguiendo el ciclo de vida (2).

Tradicionalmente, la altitud ha sido un factor limitante para la distribución de estas especies, ya que generalmente no superan los 1.500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Sin embargo, se ha registrado la presencia de estos vectores a 2.121 msnm en la India y a 2.200 msnm en Colombia (2). Sin embargo, estas condiciones están siendo actualmente motivo de controversia, ya que, la plasticidad ecológica de estos insectos les ha permitido establecerse en alturas aún mayores, como es el caso en Colombia del departamento de Antioquia, donde se ha reportado la presencia de *Aedes aegypti* (L) a unos 2.659 msnm en el municipio de San Pedro de los Milagros, específicamente en la localidad de Cerezales (29).

Estudios recientes en genómica de estas especies han revelado que las poblaciones muestran señales de adaptación local en respuesta a variables climáticas específicas como la temperatura, la humedad y el fotoperiodo. Estas adaptaciones ocurren en genes relacionados con la respuesta al estrés térmico, la fisiología de desarrollo y la reproducción, permitiendo a los vectores sobrevivir, expandirse altitudinalmente y adaptarse a nuevas condiciones ambientales (30). Por ejemplo, un estudio realizado en Nepal identificó que la expansión altitudinal de *Aedes aegypti* (L) está asociada con cambios genéticos que afectan la función de ciertas proteínas clave. Estas mutaciones no sinónimas, es decir, que alteran la estructura de las proteínas, se relacionan con la adaptación del mosquito a condiciones climáticas adversas como temperaturas frías y niveles variables de precipitación. Los hallazgos sugieren que estas variantes genéticas mejoran la tolerancia al frío y aumentan la probabilidad de supervivencia en zonas de mayor altitud, lo que

indica un proceso de adaptación impulsado por la selección natural que facilita la colonización de nuevas áreas con climas menos favorables (30).

4.5 ARBOVIROSIS

El término arbovirus se utiliza para describir un amplio conjunto de virus que, aunque pertenecen a diferentes familias y géneros, tienen en común su modo de transmisión a través de artrópodos, como mosquitos, garrapatas y otros insectos hematófagos. Entre los arbovirus más conocidos se encuentran los alfavirus, como el virus del chikungunya (CHIKV), y los flavivirus, que incluyen el virus del dengue (DENV), el virus del zika (ZKV) y el virus de la fiebre amarilla (YFV) (31, 32). La **tabla 2** presenta una comparación detallada de estas arbovirosis, incluyendo sus agentes etiológicos, vectores, manifestaciones clínicas, disponibilidad de vacunas y tratamientos.

	Dengue	Zika	Chikungunya	Fiebre Amarilla
Agente Etiológico	Virus del dengue (DENV) - arbovirus perteneciente al género <i>Flavivirus</i> de la familia Flaviviridae . Tamaño: 40 a 60 nm, ARN de cadena simple, nucleocápside con estructura icosaédrica, rodeados por una envoltura lipoproteica. 4 serotipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4.	Virus del Zika (VZIK), arbovirus perteneciente al género <i>Flavivirus</i> de la familia Flaviviridae . Tamaño: 40 – 60 nm, ARN de cadena simple. 2 genotipos: africano y asiático	Virus del Chikungunya (CHKV), arbovirus perteneciente a la familia Togaviridae y al género <i>Alphavirus</i> . Tamaño: 60 – 70 nm, ARN de cadena simple. 1 serotipo y 3 genotipos: África Occidental (WA), el Este/Centro/Sur de África (ECSA) y el Asiático	Virus de la Fiebre Amarilla (YFV), arbovirus perteneciente al género <i>Flavivirus</i> de la familia Flaviviridae . Tamaño: 40 – 60 nm, ARN monocatenario. 1 serotipo y 7 genotipos: predominantes en diferentes regiones en África occidental, África central y oriental y en América del Sur
Vector (es)	<i>Aedes aegypti</i> - <i>Aedes albopictus</i>			Áreas selváticas: mosquitos de los géneros <i>Haemagogus</i> y <i>Sabethes</i> <i>Aedes albopictus</i> Áreas urbanas: <i>Aedes aegypti</i>
Distribución Geográfica	Las regiones tropicales y subtropicales son de riesgo, así como cualquier región en la que pueda prosperar el mosquito <i>Aedes</i> spp.			
Incubación	4 a 7 días	3 – 14 días	3 – 7 días	3 - 6 días
Signos y Síntomas	<ul style="list-style-type: none"> * Dengue sin signos de alarma (DSSA): la persona reside o ha viajado en los últimos 14 días a zonas endémicas de dengue, además presenta fiebre mayor a 41 °C y tiene al menos 2 de las siguientes manifestaciones clínicas: náuseas, vómitos, RASH, mialgias, artralgias, petequias y adicionalmente, tiene un diagnóstico confirmado por laboratorio donde también se observa leucopenia. * Dengue con signos de alarma (DCSA): dolor abdominal intenso y continuo, vómitos persistentes, sangrado de mucosas, acumulación de líquidos (como ascitis o derrame pleural) hepatomegalia, letargia e irritabilidad y, a nivel de laboratorio presenta trombocitopenia y aumento del hematocrito. * Dengue grave (DG): al menos dos de las siguientes manifestaciones: choque o dificultad respiratoria por extravasación grave de plasma, sangrado grave (hematemesis, metrorragia) y compromiso grave de órganos que se puede evidenciar por biomarcadores a nivel del laboratorio, como AST o ALT >1000 UI entre otros. Estas clasificaciones se categorizan como DSSA = grupo B1, DCSA = grupo B2 y DG = grupo C. 	<p>La mayoría de las personas infectadas con ZIKV no presentan síntomas, pero quienes desarrollan la enfermedad suelen experimentar manifestaciones leves como RASH maculopapular de distribución céfalocaudal acompañado de prurito, conjuntivitis no purulenta, artralgias, mialgias, edema periarticular y fiebre. Estos síntomas generalmente desaparecen en un plazo de 2 a 7 días.</p> <p>Complicaciones graves, en mujeres embarazadas, se ha relacionado con malformaciones congénitas como la microcefalia, afectando el desarrollo cerebral del bebé y provocando discapacidades.</p> <p>En adultos, puede desencadenar síndrome de Guillain-Barré.</p>	<p>Las manifestaciones clínicas de la enfermedad se desarrollan en tres fases distintas que se clasifican de acuerdo con el tiempo de evolución:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Fase aguda: (antes de los 20 días) fiebre alta mayor a 39 °C que puede durar de 3 a 5 días, artralgias en manos y pies, RASH, cefaleas, exantema maculopapular, linfadenopatías. * Fase Post-aguda: los síntomas persisten más allá de los 21 días y pueden durar hasta 3 meses, en esta fase se observan lesiones cutáneas multiformes y persistencia de síntomas inflamatorios iniciales que remiten lentamente, los pacientes pueden experimentar artralgia inflamatoria, artritis, sinovitis, tenosinovitis y bursitis. * Fase crónica: supera los 90 días, puede durar desde varios meses hasta varios años, se observan las mismas manifestaciones que en la fase post aguda, con frecuencia incluyendo recaídas dolorosas en las articulaciones que se utilizan con mayor frecuencia. 	<p>Existen dos formas de la enfermedad, la forma leve y la forma grave que a su vez se divide en 3 fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Fase de infección: alta viremia, malestar general que incluye mialgias y cansancio. * Fase de remisión: el paciente parece experimentar una mejoría que dura aproximadamente 2 días, sin embargo, esta mejora es seguida por la fase de intoxicación. * Fase de intoxicación: vuelve a presentar viremia, fiebre y malestar general, pero con una intensidad mucho mayor. Durante esta fase, se observa afectación en órganos como el riñón y el hígado, así como hemorragias, que pueden manifestarse en las vías digestivas altas, como la hematemesis.
Diagnóstico	<p>Evaluación clínica del paciente complementada con pruebas de laboratorio para confirmar la infección.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Métodos directos: RT-PCR convencional y RT-PCR en tiempo real, permiten detectar el ARN del DENV en muestras de sangre, entre el 1 – 5 día desde el inicio de los síntomas. Detección del antígeno NS1, (proteína no estructural del virus que aparece en la sangre desde el comienzo de la infección). * Métodos indirectos: Identificación de anticuerpos IgM e IgG a través de pruebas inmunoenzimáticas, como ELISA y pruebas rápidas. 	<ul style="list-style-type: none"> * Diagnóstico Molecular: RT-PCR en tiempo real, pruebas de amplificación de ácidos nucleicos (NAAT) o el virus, viral. * Diagnóstico Serológico: Detecta anticuerpos IgM e IgG contra el virus pero puede haber reactividad cruzada con otros flavivirus como el dengue, lo que dificulta la diferenciación. 	<ul style="list-style-type: none"> * Métodos directos: RT-PCR en tiempo real, permiten detectar el ARN del CHKV en muestras de sangre. * Métodos indirectos: Identificación de anticuerpos IgM e IgG a través de pruebas inmunoenzimáticas, como ELISA y pruebas rápidas * Pruebas de Neutralización por reducción de placa (PRNT) 	<p>Se clasifica como caso sospechoso a cualquier paciente que presente un cuadro clínico caracterizado por fiebre e ictericia, especialmente si proviene de zonas endémicas y no tiene historial de vacunación. Se observa elevación de AST/ALT, PT y PTT prolongados, trombocitopenia y una bilirrubina directa aumentada con fosfatasa alcalina relativamente normal.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Pruebas serológicas de IgM e IgG específicos para fiebre amarilla. * Búsqueda del virus con ácidos nucleicos, el ARN vírico puede detectarse durante los 3 primeros días.
Tratamiento	<p>El enfoque se centra en aliviar los síntomas suministrando: líquidos en los casos de deshidratación por la fiebre, las náuseas y el vómito, y medicamentos como el paracetamol para aliviar los dolores y la fiebre</p>	<p>Se centra en aliviar los síntomas y prevenir complicaciones; se recomienda el descanso, la ingesta de líquido para hidratación y el uso de medicamentos analgésicos como el paracetamol.</p> <p>*Importante: Realizar seguimiento y control a mujeres embarazadas.</p>	<p>Se centra en el manejo de los síntomas basado en la condición clínica del paciente. Por dolor articular, puede ser necesario recurrir a tratamientos adicionales, como la fisioterapia o medicamentos especializados para el dolor articular crónico.</p>	<p>Principalmente sintomático, Su manejo incluye medidas como el uso de paracetamol para reducir la fiebre y aliviar el dolor muscular. También se administra suero y líquidos para mantener una adecuada hidratación.</p>
Está contraindicado el uso de antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) como el ibuprofeno, el ácido acetilsalicílico (aspirina) y el naproxeno, en pacientes con dengue, debido a sus efectos sobre la coagulación sanguínea y el riesgo de hemorragia (OMS, 2016)				
Vacunas	<ul style="list-style-type: none"> * Dengvaxia®: vacuna tetravalente recombinante viva contra el dengue que se administra en 3 dosis con un intervalo de 6 meses entre dosis, a personas de 9 a 45 años o de 9 a 60 años. * Qdenga®: vacuna viva atenuada que contiene versiones debilitadas de los serotipos 1, 2, 3 y 4 del virus del dengue y utiliza la cepa DENV-2 como estructura genética fundamental. 	<p>No existe actualmente una vacuna contra el ZIKV, sin embargo, existen diversos estudios con varios enfoques que se dirigen a diferentes pasos del ciclo de replicación, teniendo como objetivo la acción contra las proteínas no estructurales NS3 y NS5 del virus.</p>	<p>No existe actualmente una vacuna contra el CHKV.</p>	<p>*Stamiril®: Vacuna de virus vivo atenuado. Una sola dosis de la vacuna proporciona inmunidad de por vida, aunque en algunas situaciones la OMS sugiere una dosis de refuerzo cada 10 años para quienes estén en riesgo de infección por exposición.</p>

Tabla 2. Cuadro comparativo de arbovirosis de importancia en salud pública: dengue, zika, chikungunya, fiebre amarilla; **autoría propia.**

4.6 EPIDEMIOLOGÍA

El comportamiento epidemiológico de las ETVs está influenciado por diversos determinantes incluyendo cambios ambientales, ecología del vector, fitness del virus, condiciones socioeconómicas e intervenciones gubernamentales que impactan en la salud de la comunidad, las ETV son eventos de importancia en salud pública; en el mundo aproximadamente 5.690 millones de personas viven en áreas aptas para contraer los DNV, CHKV y el ZKV, mientras que 1540 millones corren el riesgo de contraer la fiebre amarilla (33).

4.6.1 EPIDEMIOLOGÍA EN COLOMBIA

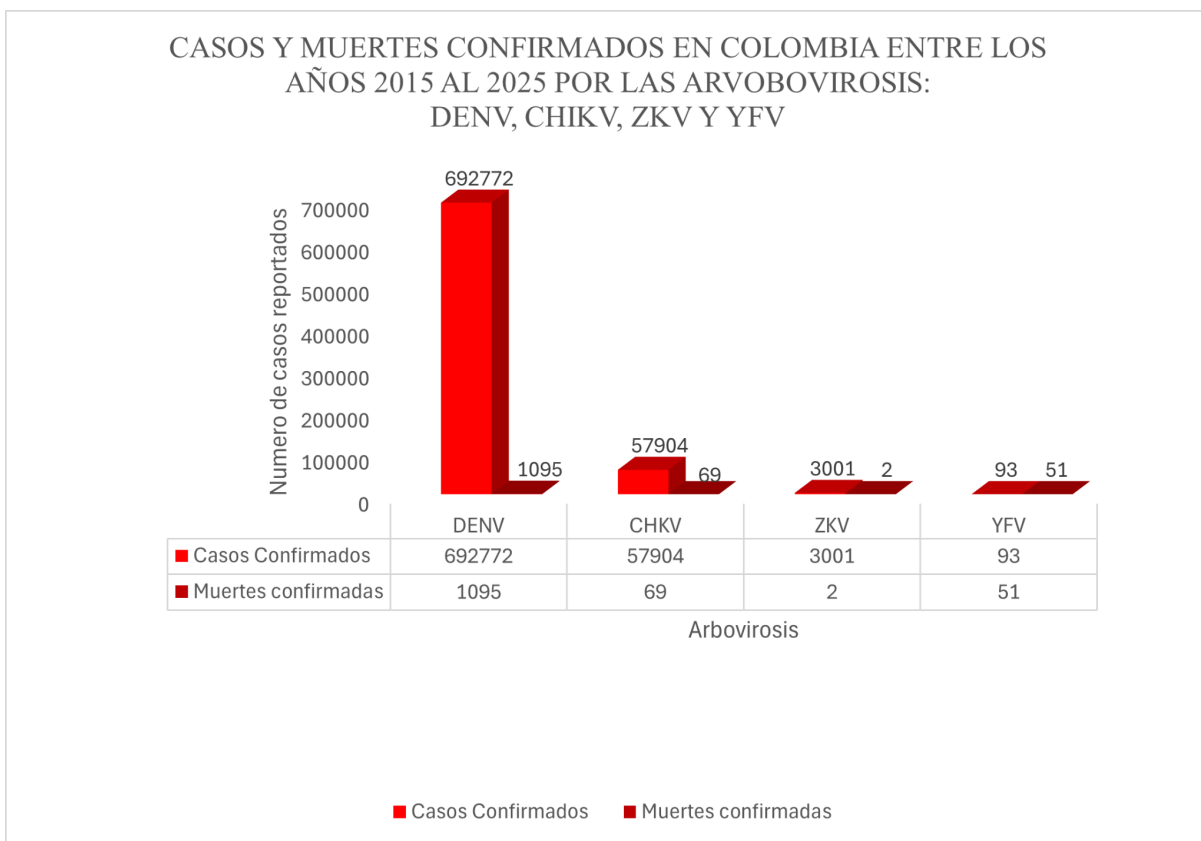


Figura 3. Casos y muertes confirmadas en Colombia por arbovirosis (DENV, CHIK, ZK y YFV) entre 2015 y 2024.

Según datos del portal de datos abiertos de la Organización Panamericana de la Salud OPS – PLISA y el Centro Colaborativo de Arbovirosis (MINSALUD - SIVIGILA – INS – OPS) se reportaron y confirmaron 6.922.772 casos de DENV, 57904 de CHIKV, 3.001 de ZKV y 93 YFV, en los periodos comprendidos entre 2015 al 2025 hasta la fecha del 12 de abril del 2025. Así mismo en ese mismo periodo de tiempo se reporta defunciones confirmadas de DENV por 1.095 casos, CHIKV con 69 casos, ZKV con 2 casos y YFV con 51 casos. Desde 2016, no se han registrado decesos atribuibles al CHIKV, y, de manera similar, desde 2017 no se han reportado muertes relacionadas con el ZIKV. Sin embargo, entre 2023 y 2025 se han confirmado nuevos casos y muertes por YFV. Desde el pasado año 2024 se confirman 23 casos de fiebre amarilla, de los cuales 17 han resultado en defunciones. El presente año el gobierno nacional ha declarado emergencia sanitaria y económica por un repunte de casos, se han confirmado 60 casos con un total de 23 muertes (4,5,6). La **figura 3** muestra la distribución de los casos confirmados y las muertes asociadas a estas arbovirosis en Colombia durante este periodo.

4.7 MANEJO INTEGRADO DE VECTORES (MIV)

La OMS define al MIV como “un proceso decisorio racional para la utilización óptima de los recursos para el control de vectores”, que busca mejorar la eficacia y eficiencia de los programas nacionales de control y proporcionar a los países métodos sostenibles a largo plazo y ecológicamente adecuados con el fin de que reduzcan la dependencia de insecticidas y protejan a la población de las ETV más prevalentes (4,5,6).

En el documento operativo de aplicación del manejo integrado de vectores de la OMS y la OPS se subrayan varias etapas fundamentales en la implementación del MIV. La primera fase consiste en realizar una evaluación conjunta para recopilar datos epidemiológicos y entomológicos sobre las ETV y sus determinantes en el área de interés. Como segunda fase, se procede a la creación de mapas de estratificación de enfermedades, los cuales se desarrollan en poblaciones

específicas con el objetivo de identificar áreas prioritarias para la aplicación de diferentes controles. Finalmente, con toda esta información, se genera un diagnóstico basado en los resultados obtenidos en las fases anteriores (34).

La implementación del MIV se adapta a las características y necesidades específicas de cada región, ya que, se ajusta al contexto particular de cada país, considerando factores como el estado de la sanidad, el desarrollo económico y la disponibilidad de recursos. Esta flexibilidad permite que el MIV se adapte a las condiciones locales cambiantes, garantizando así la efectividad y sostenibilidad de las estrategias de control. Además, brinda la oportunidad de abordar desafíos dentro de un marco intersectorial, integrándose en un plan más amplio de gestión de la salud pública.

4.8 CONTROL BIOLÓGICO

El control se basa en el uso de organismos vivos, como depredadores, parásitos o patógenos, para reducir las poblaciones de vectores (8). En esta estrategia se emplean principalmente microorganismos entomopatógenos como bacterias del género *Bacillus* y hongos; los más conocidos son *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* que actúan principalmente en el estadio larvario del ciclo de vida de los vectores, afectando su capacidad de supervivencia y reproducción. Este tipo de control ofrece una alternativa sostenible y ecológicamente adecuada al uso de insecticidas químicos, lo que contribuye a minimizar el impacto ambiental y la resistencia de los vectores a los productos químicos.

Wolbachia es una bacteria endosimbiótica que altera la reproducción de ciertos insectos que actúan como vectores, y ha ganado atención en los últimos años en programas de control, especialmente para enfermedades como el dengue, chikungunya y zika. Mediante la manipulación de la reproducción de mosquitos *Aedes aegypti* (L), *Wolbachia spp.* ha mostrado

ser eficaz en la reducción de la propagación de estos virus en países como Australia, Brasil, Colombia, entre otros (35).

Por otro lado, *Bacillus thuringiensis* (Bt), una bacteria que produce proteínas cristalinas tóxicas para insectos ha sido utilizada con éxito en el control de plagas agrícolas y vectores como *Aedes aegypti* (L). La variedad *Bt subsp. israelensis* ha demostrado ser eficaz en áreas urbanas para el control de estos mosquitos (36, 37). Además, *Saccharopolyspora spinosa*, que produce neurotoxinas como Spinosad, se utiliza en el control de vectores de enfermedades como malaria y dengue, afectando el sistema nervioso de los insectos (38, 39) Finalmente, *Lysinibacillus sphaericus*, conocido por sus cepas tóxicas, ha sido utilizado en programas de control de vectores, especialmente para enfermedades como fiebre amarilla y dengue, a través de toxinas que destruyen las células digestivas de las larvas del mosquito (40, 41, 42).




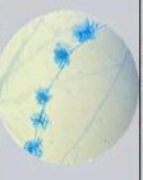





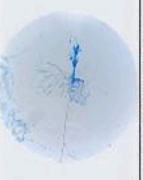


AGENTES MICROBIANOS EMPLEADOS EN EL CONTROL BIOLÓGICO						
MICROORGANISMOS	IMAGEN	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	IMAGEN	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	HABITAT	ACTIVIDAD ENTOMOPATÓGENA
<i>Bacillus Thuringiensis</i>		Colonias beta-hemolíticas, planas, blancas de gran tamaño con márgenes onduladas y de aspecto opaco.		Bacilos Gram positivos largos dispuestos en cadena y esporulados.	Suelos y ambientes acuáticos	Produce metabolitos secundarios como proteinas y cristales que se activan en el sistema digestivo del mosquito y actúan perforando la membrana de células epiteliales del intestino medio del insecto provocando septicemia; los metabolitos más representativos es la endotoxina Cry.
<i>Beauveria bassiana</i>		Anverso: colonias blancas que se vuelven crema o amarillo pálido de textura polvorienta y aspecto concéntrico, con crecimiento de 5 a 8 cm a los 7 días en PDA. Reverso: colonias blancas con bordes amarillos al reverso.		Hifas hialinas septadas, presenta conidióforo ramificados, sus filíides forman un raquis que se desarrolla en forma de zigzag donde surgen conidios hialinos, globosas.	Suelos	
<i>Metarhizium anisopliae</i>		Anverso: Colonias de color verde que se vuelven oliváceo o marrón de textura polvorienta y aspecto ovoide o concéntrico con crecimiento de 6 a 10 cm a los 7 días en PDA. Reverso: Colonias verdes con bordes marrón al reverso.		Hifas hialinas septadas, presenta conidióforo ramificado con dos a tres ramas en cada septo; sus filíides suelen ser cilíndricos en forma de clava, adelgazados en el ápice, de donde surgen conidios hialinos a verde oliva de aspecto cilíndrico y truncado formando grandes cadenas.	Suelos	Infecta a una variedad de insectos mediante la adhesión de conidios a la cutícula; allí se adapta y empieza a romper el exoesqueleto por medio de enzimas como lo son las proteasas, lipasas, quitinasas; proliferan infectando todo el tejido tegumentario, hasta llegar al hemocele donde ocasionan septicemia y daños mecánicos que los llevan hasta la muerte.
<i>Lecanicillium lecanii</i>		Anverso: Colonias de color blancas o que se vuelven cremas, de textura algodonosa delicadas y aspecto ovoide o concéntrico con un crecimiento de 1,5 a 2,5 cm a los 7 días. Reverso: Colonias amarilla con bordes de color mostaza al reverso en PDA.		Hifas hialinas septadas, presenta conidióforo simples o verticilados, que suelen ser anchos en la base y delgados en los extremos de donde surge conidios agrupadas en forma de cabezuelas, también se pueden presentar conidios sueltos de aspecto cilíndricos u ovoides.	Suelos	
<i>Purpureocillium lilacinum</i>		Anverso: Colonias de color blanca a rosa pálido o púrpura de textura polvorienta y aspecto plegado con centro granular elevado con un crecimiento de 5 a 10 cm a los 7 días en PDA. Reverso: Colonias rosas claro a púrpuras al reverso.		Hifas hialinas largas y septadas presenta conidióforos verticilados donde se hallan las de 2 a 4 filíides con aspecto de cuello de botella alargado en el extremo terminal se hallan esporas dispuestas en cadenas largas de aspecto redondeadas u oval y con extremos afilados.	Suelos	
<i>Trichoderma spp</i>		Anverso: Colonias de color, blanco que con el tiempo se vuelven amarillas o verdes en ocasiones forman halos con los diferentes colores nombrados, de textura polvorienta y aspecto concéntrico con de crecimiento de 7 a 10 cm a los 7 días en PDA. Reverso: Colonias de color blanco a amarillo al reverso en PDA.		Hifas hialinas septadas, presenta conidióforos cortos y ramificados y de donde surgen filíides que suelen ser anchos en la base y alargadas en punta en los extremos donde surgen micro conidios de aspecto redondos y únicos.	Suelos y ambientes acuáticos	No es un entomopatógeno, pero es un agente de biocontrol contra hongos fitopatógenos mediante micoparasitismo y antibiosis.

Tabla 3. Tabla comparativa sobre especies de hongos con potencial entomopatógeno, sus características macroscópicas y microscópicas y mecanismos de acción **Autoría:** propia

4.9 CONTROL QUÍMICO

El control químico está orientado a la gestión de vectores, con el objetivo tanto de reducir la densidad de la población de mosquitos como de aumentar su mortalidad haciendo uso de adulticidas y larvicidas. Los plaguicidas empleados en el control químico pueden ser de origen natural o sintético, en los naturales se emplean principalmente metabolitos secundarios obtenidos de plantas como lo son los aceites esenciales y de algunos microorganismos con actividad entomopatogena; los sintéticos son producidos en la industria y pueden ser de carácter orgánico e inorgánico (43), siendo los orgánicos los más empleados en el control vectorial clásico.

Según datos reportados en la *Guía para la Gestión Para La Vigilancia Entomológica Y Control De La Transmisión De dengue*, proporcionados por la OPS, el Ministerio de Salud y Protección Social y el INS, en Colombia se usa una gran variedad de insecticidas químicos entre los que se encuentran: los organofosforados como el Malatión, Pirimifosmetil, Fenitrotión (adulticidas) y Temefos (larvicida) (44), que se caracterizan por contener fósforo; tener un modo de acción que consiste en afectar los procesos de comunicación de las neuronas con los tejidos al inhibir la acción de la enzima acetilcolinesterasa en el espacio sináptico (8); y piretroides como Lambdacialotrina, Permetrina, Alfa-cipermetrina Y Deltametrina (44) que contiene como núcleo químico los grupos funcionales ciclopropano carboxilato y cuyo modo de acción es el de afectar el transporte de iones sodio a través de la membrana del axón nervioso (8).

La **figura 4** presenta una clasificación de los plaguicidas utilizados en el control de vectores, diferenciando entre los sintéticos y los de origen natural, e incluyendo los principales grupos de insecticidas empleados en salud pública.

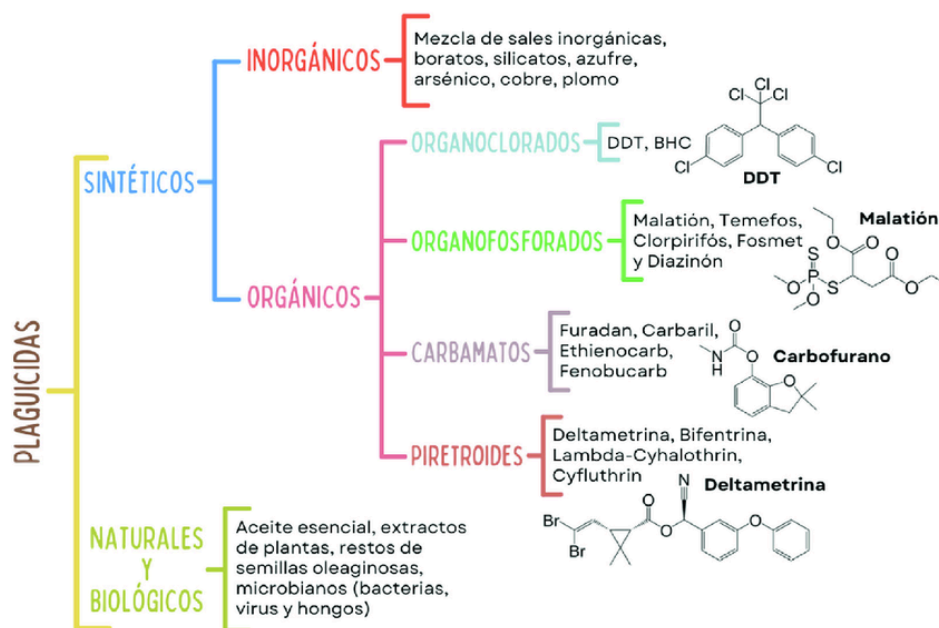


Figura 4. Clasificación de los plaguicidas según su origen. **Tomado de:** Magallanes Vallejo AG, López Oyama AB, Rodríguez González E. Aceites esenciales al rescate en las prácticas agrícolas. Revista Digital Universitaria. 2023 Jun 27;24(4)

La alta resistencia de los mosquitos a los temefos ha impulsado la búsqueda de insecticidas más efectivos. Los IGR, como el diflubenzuron y el piriproxifen, han emergido como una alternativa para uso en salud pública debido a su diferente modo de acción, baja toxicidad e impacto ambiental, que reduce el desarrollo de resistencia por parte de *Aedes aegypti* (L).

4.10 RESISTENCIA A INSECTICIDAS

La resistencia del mosquito *Aedes aegypti* (L) a los insecticidas representa un desafío significativo para los programas de control de vectores, afectando la eficacia de las estrategias dirigidas a combatir enfermedades transmitidas por este insecto, como el dengue, zika, chikungunya y la fiebre amarilla urbana. Según el autor Murcia Ramírez (2015), en su tesis de Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico, los dos principales mecanismos de resistencia identificados son la resistencia metabólica y la resistencia molecular (45). Además, el autor menciona la resistencia comportamental, aunque señala que este tipo de resistencia no es muy común en *Aedes aegypti* (L).

La resistencia metabólica en *Aedes aegypti* (L) permite a estos insectos detoxificar y eliminar insecticidas, reduciendo así su toxicidad. Este proceso es mediado por diversas enzimas involucradas en la biotransformación de xenobióticos, destacando especialmente a los citocromos P450. Según Aponte Hincapié (2017), estas enzimas son fundamentales en la oxidación de compuestos tóxicos y se han identificado genes específicos, como CYP9J26, CYP9J27, CYP9J28 y CYP9J32, que están asociados con la resistencia a piretroides y organofosforados (46). La sobreexpresión de estos genes en tejidos como el intestino y el cuerpo graso de cepas resistentes indica una capacidad detoxificadora incrementada, lo que sugiere un mecanismo adaptativo frente a los insecticidas.

Además de los citocromos P450, el glutatión S-transferasas (GST) y las carboxilesterasas generan la resistencia a insecticidas. Las GST facilitan la conjugación del glutatión con compuestos xenobióticos, favoreciendo su excreción, y son especialmente relevantes en las isoenzimas de clases Delta y Epsilon. Por otro lado, las esterasas son clave en la hidrólisis de ésteres carboxílicos y han mostrado cambios en su expresión en poblaciones resistentes. Murcia Ramírez (2015) señala que la sobreproducción de esterasas, en particular de las clases alfa y beta, ha sido vinculada a la resistencia a insecticidas organofosforados y piretroides, ya que pueden secuestrar insecticidas, disminuyendo su efectividad antes de que lleguen a sus sitios de acción (45).

4.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

4.11.1 OCURRENCIA DE LA ENFERMEDAD

La ocurrencia de la enfermedad se define como el conjunto de datos con el que una enfermedad aparece en una población, en una distribución geográfica determinada, durante un período específico y puede medirse utilizando tasas o proporciones. Las tasas nos dicen la

rapidez con la que una enfermedad se está produciendo en una población; las proporciones nos informan sobre la fracción de la población que está afectada (47).

4.11.2 PORCENTAJE DE MORTALIDAD

La tasa letalidad es una medida de la gravedad de la enfermedad y estima el riesgo de morir que tiene un individuo que padece alguna enfermedad o sometido a algún tratamiento, en el caso particular del bioensayo se calcula empleando la fórmula:

$$\frac{\text{Número de individuos muertos por un tratamiento en un tiempo determinado}}{\text{Número de individuos muertos expuestos al tratamiento en un tiempo determinado}} \times 100\%$$

4.11.3 DOSIS LETAL

La dosis letal, se define como la concentración o dosis necesaria para provocar la muerte de un determinado porcentaje de individuos. Esta se representa con las siglas DL seguida de un número, que representa el porcentaje, las dosis letales que más suelen calcularse en estudios biológicos y bioensayos son la DL_{50} , DL_{90} y DL_{99} .

4.11.4 MODELO ESTADÍSTICO DE REGRESIÓN PROBIT

El término ensayo biológico, en su sentido más amplio, debe entenderse como la medición de la potencia de cualquier estímulo. físico, químico o biológico, fisiológico o psicológico mediante las reacciones que produce en la materia viva (48). El estadístico Probit es una herramienta que relaciona diferentes variables, en ciencias de la salud y ciencias biológicas. Este es muy útil, sirve como modelo de vulnerabilidad, mide y relaciona la intensidad de un estímulo como lo puede ser carga térmica, tóxica o de sobrepresión (49) y la proporción de casos que presentan una cierta respuesta a dicho estímulo, su importancia en los estudios toxicológicos se da en gran medida ya que se puede emplear dicho análisis en las pruebas de ensayo, para poder determinar la Dosis letales (49). Para el cálculo de las dosis letales se emplea con frecuencia el análisis Probit y se tiene en cuenta la siguiente fórmula:

$$p = \frac{r}{n} \times 100$$

Donde p es el efecto de las dosis usadas, r es el número de organismos muertos o afectados tras un tratamiento y n es el número de individuos muertos. Esta relación se puede representar con gráficas en las cuales se ve la respuesta al aumentar la dosis como se incrementa el efecto, hasta llegar a una dosis (D_m) en que se alcanza un efecto máximo, y la curva se hace asintótica. En ocasiones la correlación fluctúa y gráficamente es una sigmoide.

Para la representación del sigmoide se debe emplear una transformación de en una escala logarítmica empleando la fórmula, donde la d representa la concentración de la dosis o inóculo y así se podría relacionar la variable p y d (49).

$$x = \log \log 10_d$$

En la actualidad hay una gran disponibilidad de software estadístico, uno de ellos es Biostat de la empresa Analysis Soft el cual cuenta con un gran repertorio de herramientas estadísticas y métodos de análisis gráfico orientado hacia áreas de conocimiento como lo son la biología y la medicina, dentro de las herramientas a emplear, se encuentra el estadístico de supervivencia Probit que se emplea en los estudios dosis respuesta estimando la dosis letales de los diferentes productos de control focal para los vectores *Aedes aegypti* (L).

5. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología diseñada para este estudio responde a cada uno de los objetivos específicos y se estructura en cuatro fases claramente definidas. Fue un estudio experimental de tipo cuantitativo de corte transversal dividido en 3 fases, incluyendo trabajo de laboratorio y de campo articulado con la comunidad en los entornos urbanos de transmisión.

5.1 FASE 1 ESTABLECIMIENTO DE COLONIAS

En esta fase, se utilizó la planta física del antiguo bioterio de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, actualizándose y adecuándose para establecer el Laboratorio de Entomología de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca (LEUCMC) (**Anexo N° 2 – Fotos de laboratorio de entomología y zonas**). Para la recolección de especies se utilizaron huevos, larvas y pupas de *Aedes aegypti* (L). Las cepas susceptibles fueron donadas por el Instituto Nacional de Salud (INS) y las cepas silvestres se obtuvieron mediante articulación con la secretaría de Salud del municipio de Fusagasugá del departamento de Cundinamarca, Colombia, lo anterior se realizó mediante la aplicación de una encuesta de inmaduros en 40 viviendas de 3 barrios (el lucero, el progreso y la cabaña) que pertenecen a la comuna norte del municipio, la cual tenía una alta presencia del vector, lo que facilitó la recolección de larvas y pupas de *Aedes spp* (**ver figura 5**), (**Anexo N° 3 - fotografías de salida de campo articulación con secretaría de salud del municipio de Fusagasugá, aplicación de encuestas CAP recolección de cepas de campo y estrategias IEC con la comunidad**).

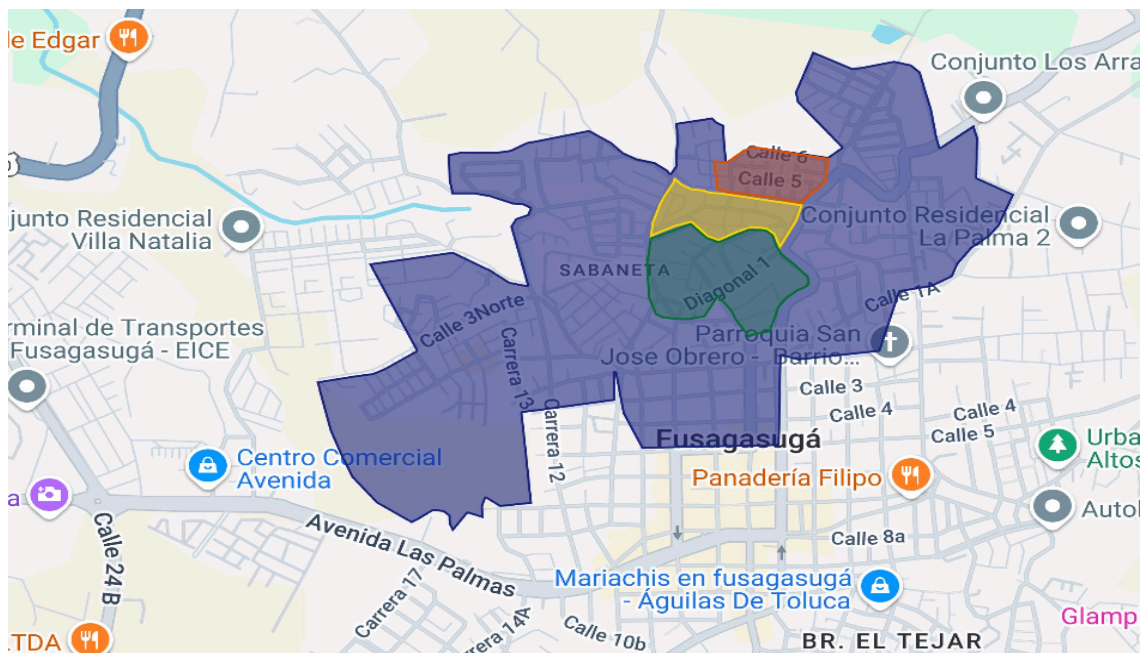


Figura 5. Mapa de localización de los barrios El Lucero (rojo), El Progreso (amarillo) y La Cabaña (verde) en la comuna norte (azul) del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia, donde se realizó la

recolección de cepas silvestres de *Aedes aegypti* (L) y la aplicación de encuestas CAP. **Autoría:** Propia

Este municipio fue seleccionado debido a que presentó el mayor número de casos de dengue en el departamento de Cundinamarca en el año 2024, lo cual refleja su particular comportamiento epidemiológico.

Las cepas fueron mantenidas en condiciones de temperatura controlada ($27^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) humedad relativa ($70\% \pm 10\%$) y fotoperiodo 12:12 (**Anexo N° 4 – formato registro condiciones medio ambientales - QR'S**). Los huevos se ubicaron en cámaras húmedas hechas para este propósito específico, las cuales tienen una capacidad de 4000 mL; a las que se les adicionó agua reposada a 30°C durante 10 minutos que posteriormente se dejó enfriar, evitando así el daño térmico. Las condiciones medioambientales permitieron la eclosión dando así lugar a las larvas, éstas fueron trasladadas a cámaras húmedas con una capacidad de 1750 mL, que contaban con condiciones climatológicas y medioambientales similares. Durante el estadio larvario, las larvas fueron alimentadas con 150 a 200 mg de conejina, una vez transcurrido el estadio larvario, surgieron las pupas; éstas fueron depositadas en recipientes de vidrio de 450 mL y se empleó agua con las mismas características mencionadas inicialmente, estos recipientes actuaron como puparios y fueron ubicados en jaulas de crías de mosquitos cuyas dimensiones eran 30 cm x 30 cm x 30 cm, allí emergieron los adultos. (**Anexo N° 5 - recipientes de cría de *Aedes* spp.**). Los adultos se alimentaron con sangre (en el caso de las hembras); la cepa susceptible se alimentó con cebo humano (**Anexo N° 6 – consentimiento informado para la alimentación de vectores hembras de *Aedes aegypti* (L) libres de arbovirosis de laboratorio**) durante un periodo de tiempo de 10 a 15 minutos. La alimentación de la cepa silvestre se realizó mediante el uso de un alimentador artificial para lo cual se empleó el dispositivo de alimentación de sangre por tubo de cobre – PVC con patente de la Universidad Autónoma de Nuevo León y el alimentador artificial Glytube (**Anexo N° 7 –**

Fotos de alimentadores artificiales) , empleando 2 a 6 mL de sangre humana desfibrinada, tibia y libre de arbovirosis por el mismo periodo de tiempo que la cepa susceptible. Con una solución de agua azucarada al 10% se alimentaron los adultos machos de *Aedes aegypti* (L). (**Anexo N°8 – formato de alimentación de vectores -QR'S**).

5.2 FASE 2 FORMULACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES

Esta fase tuvo como objetivo establecer las concentraciones diagnósticas de los productos agroindustriales necesarias para los bioensayos, calculadas conforme los insertos técnicos de los productos seleccionados para la evaluación y las dosis diagnósticas de un larvicida de uso en salud pública. En contraste, para el caso del hipoclorito de sodio (producto de uso doméstico), se emplearon los resultados obtenidos en la encuesta CAP (Conocimientos, Actitudes y Prácticas) con los cuales se obtuvo la concentración más usada en las comunidades encuestadas (**Anexo N°9 - Encuesta CAP**). Estas encuestas permitieron recopilar información sobre las concentraciones de hipoclorito de sodio utilizadas (de la sección de prácticas) cotidianamente en los hogares, lo cual sirvió como base para estimar la dosificación adecuada que se evaluó en los bioensayos sobre la cepa silvestre y susceptible para determinar el estado de susceptibilidad.

Esta fase tuvo como objetivo establecer las concentraciones diagnósticas de los productos seleccionados para su evaluación en los bioensayos larvicidas, incluyendo productos agroindustriales, domésticos y de salud pública. Las concentraciones fueron determinadas a partir de la información técnica contenida en los insertos de cada producto. En el caso del larvicida de uso en salud pública, se emplearon las dosis diagnósticas establecidas en los lineamientos de la OMS y el inserto del producto *Bacillus thuringiensis var Israelensis*. Para el caso del hipoclorito de sodio, un producto de uso doméstico, la concentración utilizada en los ensayos fue definida a partir de los resultados obtenidos en

la encuesta CAP, aplicada en comunidades del municipio de Fusagasugá. Esta encuesta permitió recopilar información sobre las prácticas habituales de desinfección en los hogares, incluyendo la cantidad y frecuencia de uso del hipoclorito. Con base en estos datos (**Anexo N°9 - Encuesta CAP**), se seleccionó la concentración más representativa de la población para ser evaluada en los bioensayos tanto en la cepa silvestre como en la cepa susceptible, permitiendo así una evaluación contextualizada del efecto larvicida real en condiciones locales.

En cuanto a los productos de origen agroindustrial, estos están compuestos por hongos y bacterias entomopatógenas y rizosféricas utilizadas tradicionalmente como bioinsumos en el control de plagas agrícolas. El primer producto evaluado: producto agrícola número 1 incluye organismos con reconocida actividad entomopatógena como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* y *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*. Microorganismos que actúan infectando, paralizando o destruyendo diferentes estadios del desarrollo de los insectos.

El producto agrícola número 2 está conformado por hongos del género *Trichoderma* (*T. asperellum*, *T. atroviride*, *T. harzianum*) y *Paecilomyces lilacinus*. Estos microorganismos son conocidos por su uso en el control biológico de fitopatógenos, a través de mecanismos como la competencia por espacio y nutrientes, producción de metabolitos antifúngicos y estimulación del crecimiento vegetal. Si bien su acción no está dirigida específicamente al control de vectores, estudios recientes han reportado efectos subletales o inhibitorios en larvas de *Aedes aegypti* (L), lo cual motiva su evaluación preliminar en este estudio como posibles agentes de biocontrol en el contexto de la salud pública.

Finalmente, las concentraciones establecidas para cada producto fueron utilizadas en los bioensayos para evaluar su actividad larvicida frente a larvas de *Aedes aegypti* (L) en estadio LIII y LIV, tanto en cepa silvestre como susceptible.

5.3 FASE 3 BIOENSAYOS CON PRODUCTOS LARVICIDAS

Se realizaron los bioensayos, cuya metodología fue adaptada de los protocolos de la OMS (2005). El objetivo principal fue cuantificar la actividad larvicida de las dosificaciones formuladas de los productos con un mecanismo de acción conocido sobre el vector. Además, se buscó determinar la rapidez y el efecto letal de estos compuestos sobre las larvas, así como optimizar las condiciones de uso de los diferentes productos evaluados.

5.3.1 UNIVERSO, POBLACIÓN, MUESTRA

El universo total de los bioensayos estuvo conformado por 2.150 larvas, distribuidas entre cepas susceptibles y cepas silvestres. Para las cepas susceptibles se utilizaron un total de 2000 larvas, de las cuales 925 fueron empleadas con el producto agrícola número 1, con el producto agrícola número 2 se utilizaron 925 larvas, con hipoclorito de sodio se utilizó 50 larvas y 100 larvas con el producto de salud pública. Así mismo en la encuesta CAP se censaron 40 viviendas en total, distribuidas en 3 barrios de la comuna norte.

En cuanto a las cepas silvestres, se utilizaron 150 larvas en total: 50 con el producto agrícola número 1, 50 con hipoclorito de sodio y 50 con el producto de salud pública.

Para cada uno de los bioensayos con cepas susceptibles se emplearon 925 larvas distribuidas en seis concentraciones. Cada bioensayo incluyó un grupo control y tres réplicas experimentales. En el caso de los bioensayos con cepas silvestres, se utilizó la concentración correspondiente a la DL_{99} , determinada mediante análisis estadístico

Probit. Para estos ensayos, se emplearon 25 larvas en el grupo control y 25 larvas en el grupo tratado con dicha dosis. En todos los bioensayos se utilizaron larvas en estadios LIII y/o LIV, en un volumen de 250 mL de agua destilada. El grupo control no fue expuesto a los productos, mientras que cada réplica recibió la dosis específica del producto a evaluar.

Los ensayos se evaluaron en periodos temporales de 3 a 72 horas para los productos agrícolas 1 y 2, considerando el curso temporal de la infección y la mortalidad resultante en los agentes biológicos, así como la duración máxima estipulada por los protocolos de la OMS. Para el producto de salud pública y doméstico, las evaluaciones se realizaron durante un periodo de 24 horas, teniendo en cuenta el tiempo de infestación y las tasas de mortalidad específicas para las cepas de *Bacillus thuringiensis*, el cual constituye hasta el momento el único agente biológico avalado por su seguridad y eficacia para el control focal de vectores, de acuerdo con las especificaciones y evaluaciones designadas para este agente pesticida en particular y otros que exhibe una acción rápida. Para la evaluación de la susceptibilidad, todas las pruebas se realizaron a temperaturas de 25-28 °C, una humedad relativa de 70% ± 10% y un fotoperíodo 12:12 (**Anexo N°10 – Formato de evaluación de la susceptibilidad de larvicidas**).

5.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los resultados de los bioensayos, se utilizaron diferentes indicadores y modelos estadísticos para el análisis y emisión de resultados presentados a continuación.

5.4.1 HIPÓTESIS, VARIABLES, INDICADORES

Para determinar el estado actual de susceptibilidad de los estadios larvarios L III y L IV frente a los diferentes productos, se realizó un análisis estadístico de la ocurrencia

de la enfermedad con el cual se determinó el porcentaje de mortalidad. Adicionalmente se realizó un análisis de supervivencia con el cuál se obtuvieron las dosis letales: DL_{50} , DL_{90} y DL_{99} , para este se empleó el modelo estadístico Probit (Método Finney) mediante el uso del software Biostat; este método estadístico de elección actual para modelar la relación dosis-respuesta sigmoidea en estudios de toxicidad. Fundamentado en la obra de Finney (1971), "Probit Analysis: A Statistical Treatment of the Sigmoid Response Curve, Second Edition", este enfoque nos permitió transformar la respuesta binaria para permitir la estimación robusta de parámetros letales como la DL_{50} u otras DL , siendo ampliamente utilizado por su capacidad para analizar datos dicotómicos y proporcionar estimaciones precisas con intervalos de confianza, lo que permitió estimar las diferentes concentraciones de los larvicidas y determinar la probabilidad de mortalidad de las larvas en función de cada dosis aplicada.

Esto permitió observar el impacto de las dosis de hipoclorito de sodio y facilitó la evaluación comparativa entre productos. Los hallazgos proporcionaron la información necesaria para determinar el uso adecuado de los productos larvicidas.

6. RESULTADOS

6.1 ESTABLECIMIENTO DE LAS CEPAS

Entre el 30 de enero de 2024 y el 13 de abril de 2025, se llevaron a cabo las adecuaciones necesarias para la implementación del Laboratorio de Entomología Médica y Veterinaria de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Este espacio permitió el establecimiento exitoso de la colonia de *Aedes aegypti* (L) cepa susceptible "Rockefeller", la cual fue donada por el Instituto Nacional de Salud (INS). Durante este periodo, se logró una producción total

de 19.929 huevos, de los cuales eclosionaron 3.901 larvas. De estas, 1.542 alcanzaron la fase de pupa y, finalmente, 1.281 individuos emergieron como adultos o imagos.

Posteriormente, entre el 21 de marzo y el 13 de abril de 2025, se establecieron en el mismo laboratorio las colonias silvestres de campo de *Aedes* spp., recolectadas en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca. En total se recolectaron 353 larvas, de las cuales 142 alcanzaron la fase pupal y 111 emergieron como adultos, permaneciendo en mantenimiento y cría hasta la fecha. Los datos acumulados de los distintos estadios obtenidos se presentan en las figuras 6 y 7.

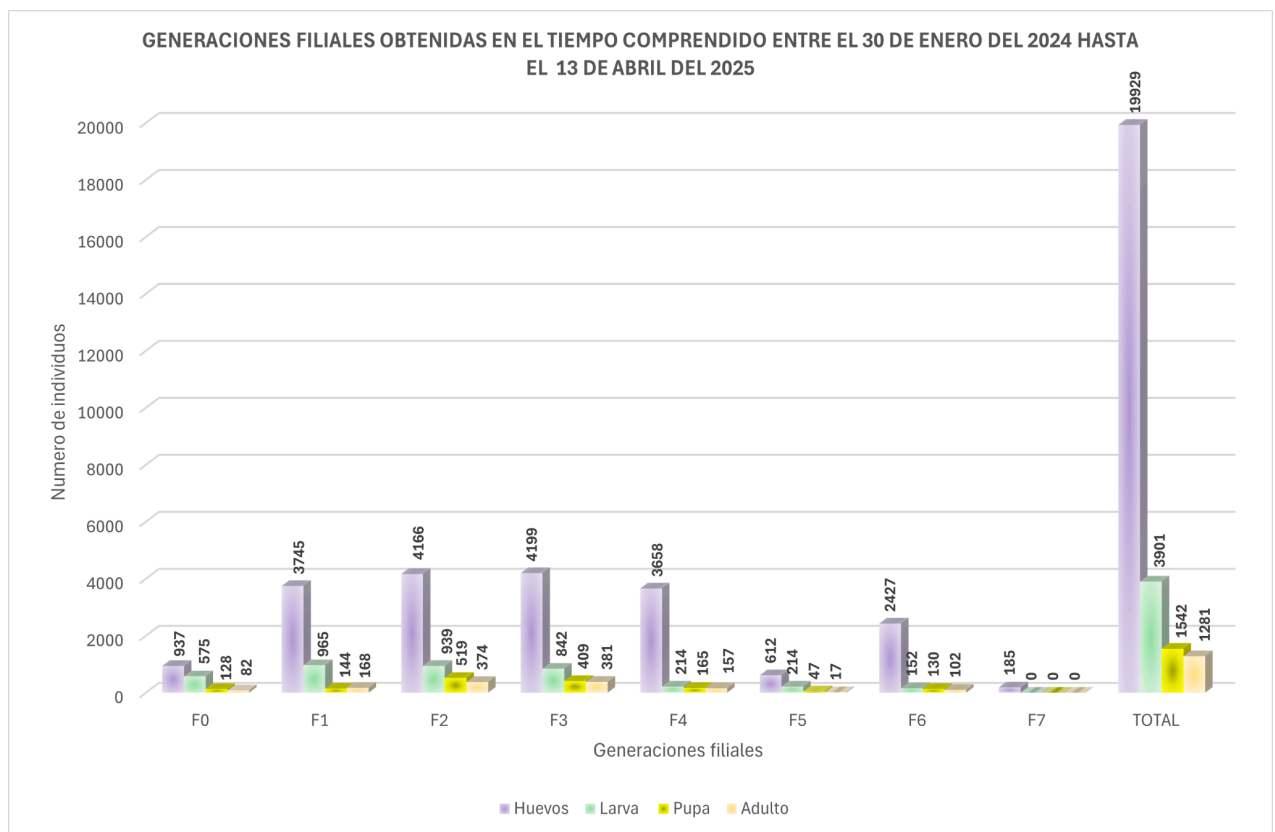


Figura 6. Generaciones filiales obtenidas entre el 30 de enero del 2024 hasta 13 de abril del 2025, en la cepa susceptible *Rockefeller*, en el eje de las X se consignan las diferentes Filiales, en color morado se ven representados los huevos, en verde el número de larvas, en amarilla las pupas y en naranja los adultos, finalmente en el eje y se consignados el número de individuos.

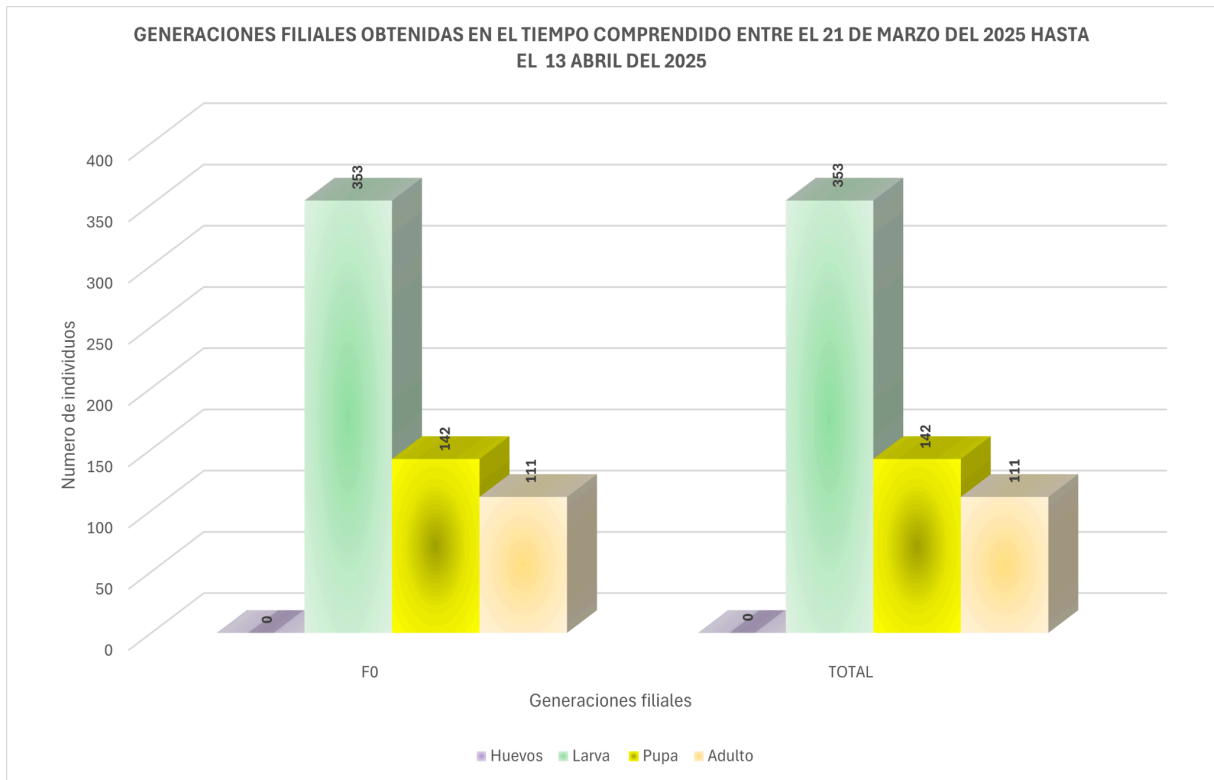


Figura 7. Generaciones filiales obtenidas entre el 21 marzo hasta el 13 de abril del 2025 de la **cepa silvestre del municipio de Fusagasugá**. En el eje de las X se consignan las diferentes filiales, de color morado se ven representados los huevos, en verde el número de larvas, en amarilla las pupas y en naranja los adultos, finalmente en el eje Y se consigna el número de individuos obtenidos.

6.2 CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES (UFC/L), DETERMINACIÓN DE DL₅₀, DL₉₀ y DL₉₉, % DE MORTALIDAD DE LA CEPA SUSCEPTIBLE *Rockefeller* y silvestre

6.2.1 PRODUCTOS AGRÍCOLAS NÚMERO 1 Y NÚMERO 2

En la **figura 8** y **figura 9** se presenta el número total de individuos muertos tras 72 horas de exposición al producto agrícola número 1 y el producto agrícola número 2 en la cepa susceptible, según las distintas dosis aplicadas.

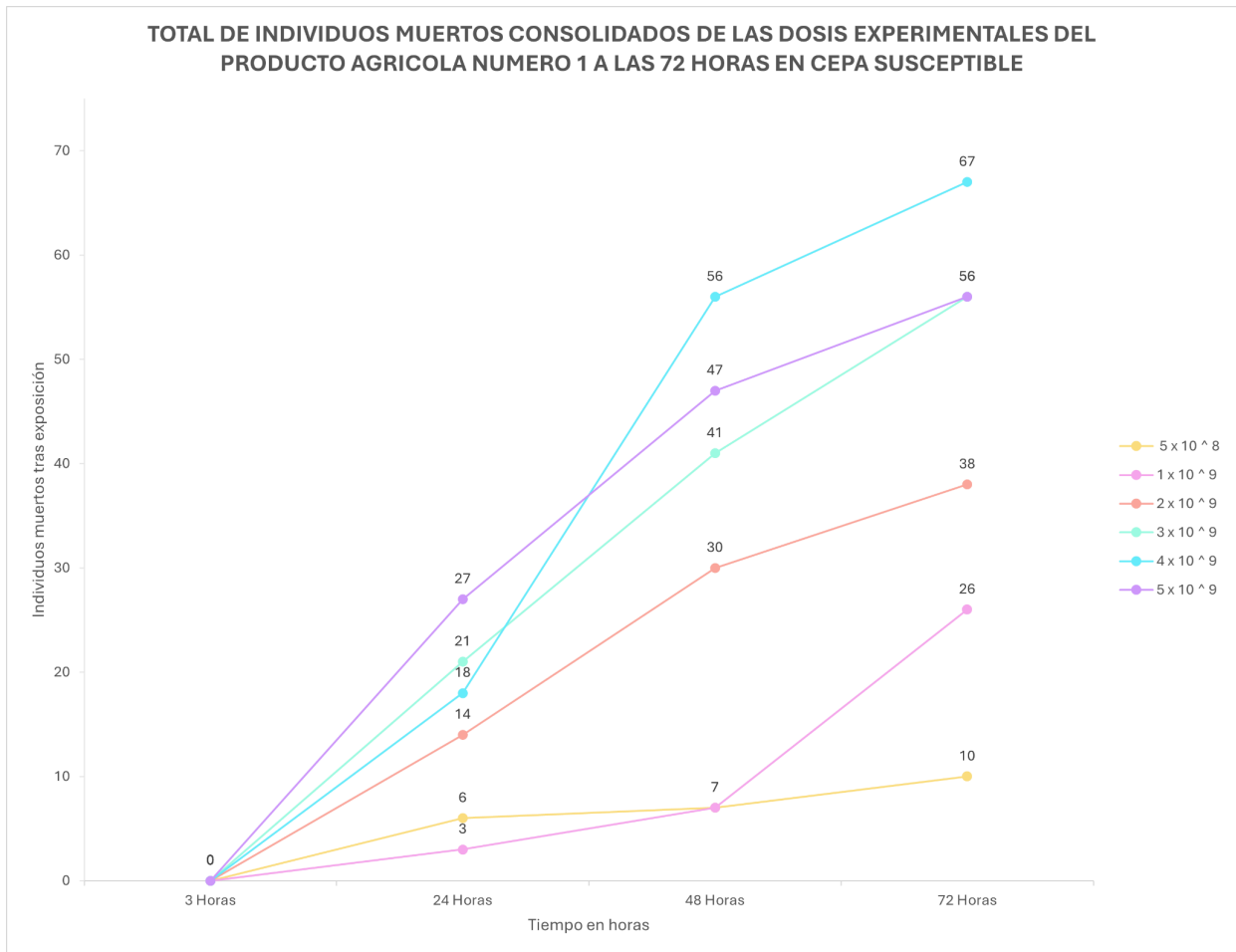


Figura 8. Consolidado total de muertes obtenidas después de 72 horas de exposición a los productos agrícolas número 1 en la cepa susceptible, en el eje de las abscisas se representa el número de horas a la cuales fueron expuestas las larvas en los bioensayos, en el eje de las ordenadas el número de individuos muertos tras la exposición, la convenciones en color amarillo la concentración de 5×10^8 UFC / L, en color rosa la concentración de 1×10^9 UFC / L, en color naranja la concentración de 2×10^9 UFC / L, en color verde la concentración de 3×10^9 UFC / L, en color azul la concentración de 4×10^9 UFC / L y en color morado la concentración de 5×10^9 UFC / L.

TOTAL DE INDIVIDUOS MUERTOS CONSOLIDADO DE LAS DOSIS EXPERIMENTALES DEL PRODUCTO AGRICOLA NUMERO 2 A LAS 72 HORAS EN CEPA SUSCEPTIBLE

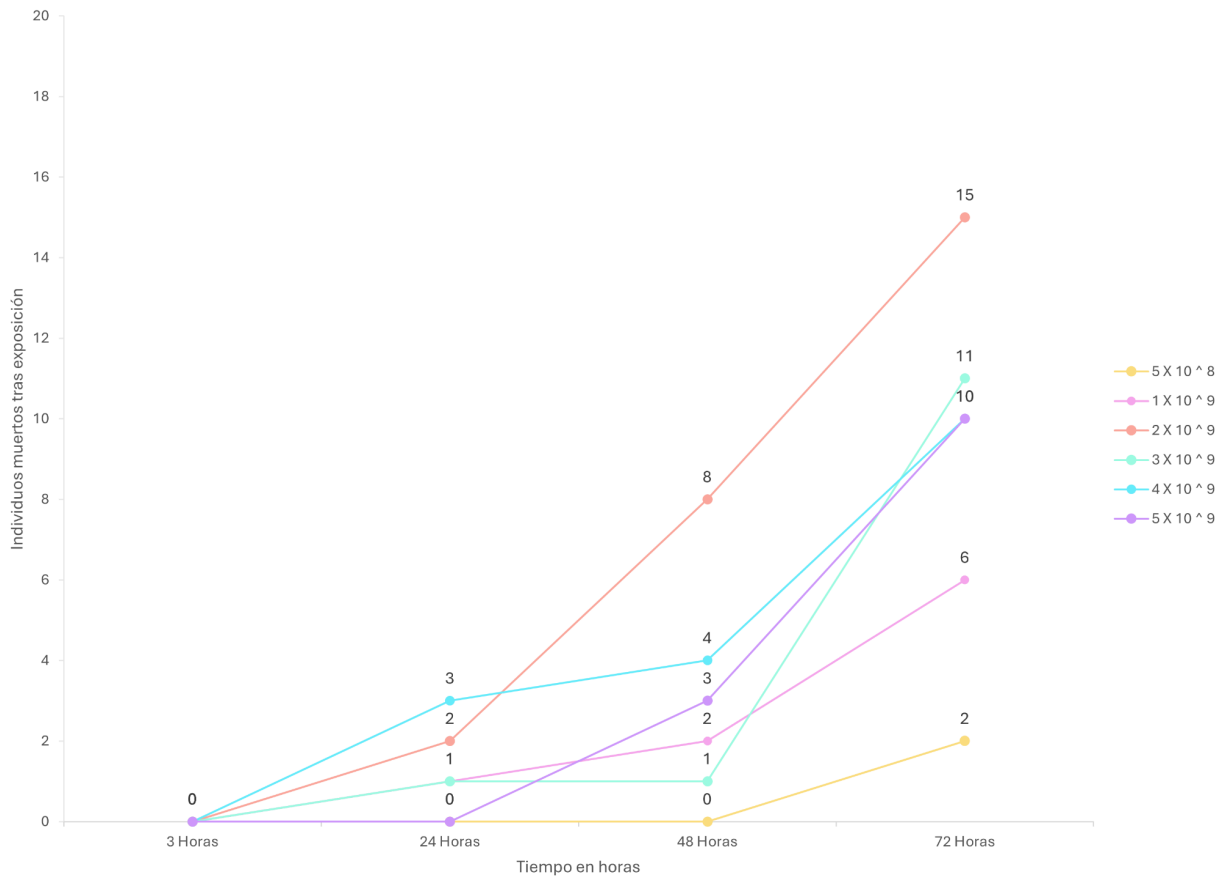


Figura 9. Consolidado total de muertes obtenidas después de 72 horas de exposición a los productos agrícolas número 2 en la cepa susceptible, en el eje de las abscisas se representa el número de horas a la cuales fueron expuestas las larvas en los bioensayos, en el eje de las ordenadas el número de individuos muertos tras la exposición, la convenciones en color amarillo la concentración de 5×10^8 UFC / L, en color rosa la concentración de 1×10^9 UFC / L, en color naranja la concentración de 2×10^9 UFC / L, en color verde la concentración de 3×10^9 UFC / L, en color azul la concentración de 4×10^9 UFC / L y en color morado la concentración de 5×10^9 UFC / L.

En la **figura 10** se muestra el porcentaje de mortalidad registrado para los productos agrícolas número 1 y número 2, luego de 72 horas de exposición para cada una de las dosis usadas.

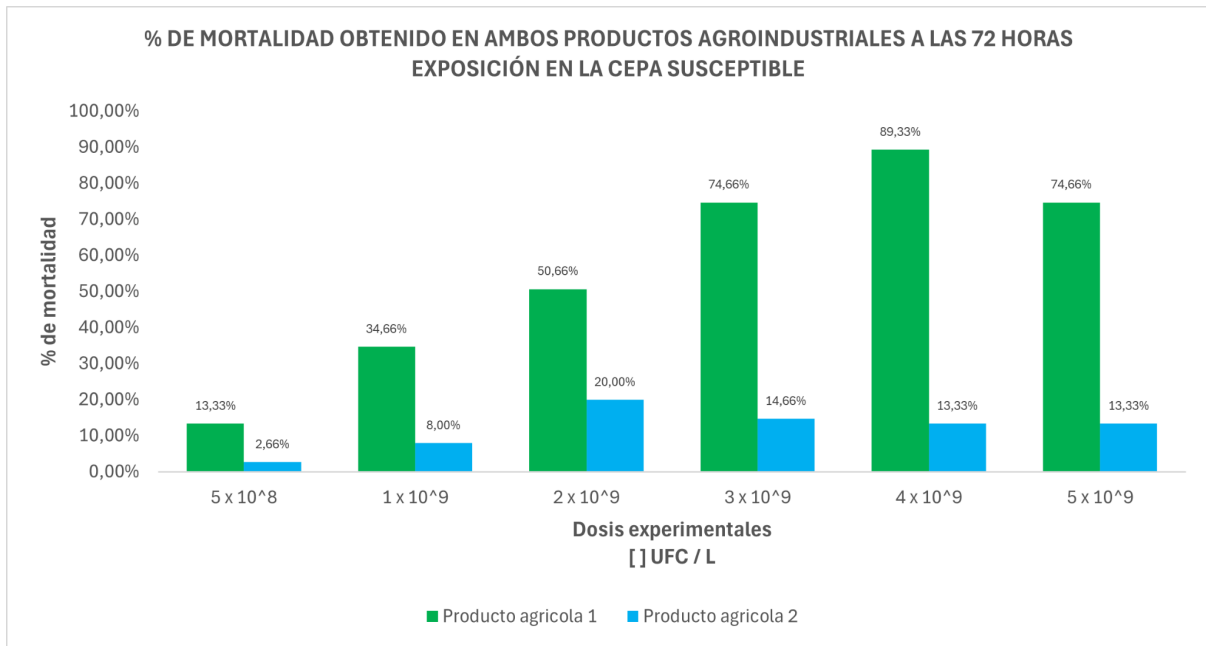


Figura 10. % de mortalidad de productos de uso agroindustrial número 1 y número 2 en la cepa susceptible, en el eje de las abscisas se representa la dosis en términos de [UFC / L a las que fueron expuestas las larvas en los bioensayos, en el eje de las ordenadas el % de mortalidad obtenido, en color verde se encuentra representado el % de mortalidad obtenido en el productos agrícola 1 y en color azul el % de mortalidad obtenido en el producto agrícola 2 .

Para el análisis estadístico de los productos de uso agroindustrial (producto agrícola número 1 y producto agrícola número 2), se calcularon las concentraciones reales de UFC/L teniendo en cuenta la concentración inicial reportada en los insertos, correspondiente a 1×10^9 UFC/g. Basados en la recomendación de uso dirigida a Mosca Blanca, los insertos indican una dosis de 1 g/L de agua. Sin embargo, el volumen de dilución utilizado en este estudio fue de 0.25 L, por lo que fue necesario ajustar las concentraciones reales de exposición en función de este volumen. Para determinar la concentración utilizada en cada ensayo, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración (UFC/L)} = \frac{\text{Cantidad de producto usado (g)} * 1x 10^9 \text{ UFC/g}}{0.25L}$$

Las cantidades de producto utilizadas y las respectivas concentraciones calculadas, tanto para el producto agrícola número 1 y número 2 se observan en la **tabla 4**. Para facilitar el análisis en el modelo estadístico PROBIT, las concentraciones fueron expresadas en millones de UFC/L ($\times 10^6$).

CANTIDAD DE PRODUCTO	CONCENTRACIÓN UFC/L	CONCENTRACIÓN MILLONES DE UFC/L
<i>0.125 g</i>	5.0×10^8	500×10^6
<i>0.25 g</i>	1.0×10^9	1000×10^6
<i>0.50 g</i>	2.0×10^9	2000×10^6
<i>0.75 g</i>	3.0×10^9	3000×10^6
<i>1.00 g</i>	4.0×10^9	4000×10^6
<i>1.25 g</i>	5.0×10^9	5000×10^6

Tabla 4. Dosis calculadas para cada una de las cantidades, expresadas en UFC/L y millones de UFC/L. Producto agrícola número 1 y número 2...

A partir del análisis estadístico realizado mediante el modelo Probit, se estimaron las dosis letales correspondientes a los percentiles DL₅₀, DL₉₀ y DL₉₉ para el producto agrícola número 1. Estos valores se complementaron con los indicadores estadísticos derivados del ajuste del modelo, tales como el intervalo de confianza, el valor de p y los grados de libertad. Los resultados obtenidos se presentan en la **tabla 5** y en la **figura 11**.

PRODUCTO AGRÍCOLA	VALOR p	INTERVALO DE CONFIANZA	GRADOS DE LIBERTAD
<i>Número 1</i>	<i>0.61</i>	<i>95%</i>	<i>4</i>

Tabla 5. Parámetros estadísticos derivados del análisis Probit para el producto agrícola número 1. CEPA SUSCEPTIBLE.

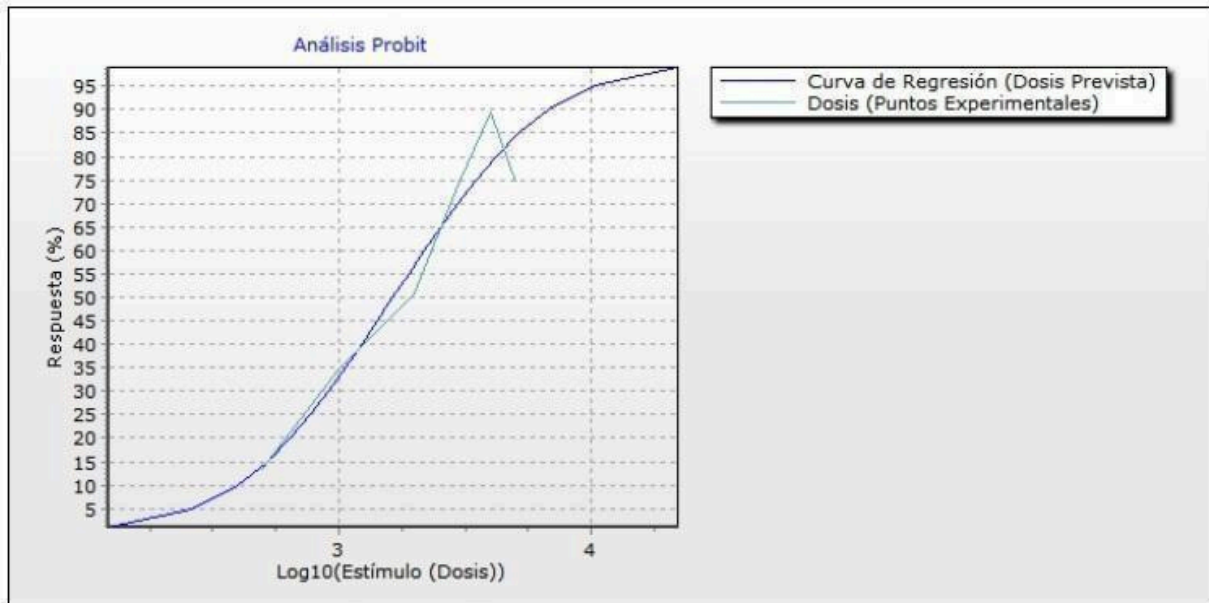


Figura 11. Curva de regresión obtenida del producto agrícola número 1. Dosis prevista VS Puntos experimentales. CEPA SUCEPTIBLE

La DL_{50} obtenida fue de 1.65×10^9 UFC/L, mientras que la DL_{90} fue 6.87×10^9 UFC/L y la DL_{99} de 2.19×10^{13} UFC/L. Considerando que el producto presenta una concentración aproximada de 1×10^9 UFC/g y que se utilizó un volumen experimental de 250 mL (0.25 L), se calcularon los gramos necesarios para alcanzar dichas concentraciones. Estos resultados se resumen en la **tabla 6**.

DOSIS LETAL	UFC/L ESTIMADA	GRAMOS REQUERIDOS (g)
DL_{50}	1.65×10^6	0.41 g
DL_{90}	6.87×10^6	1.72 g
DL_{99}	2.19×10^{10}	5.50 g

Tabla 6. Dosis letales (DL) estimadas para el Producto Agrícola número 1 expresadas en UFC/L y en gramos de producto requeridos para un volumen de 0.25 L.

El producto agrícola número 2 indica en su inserto una concentración de 1×10^9 UFC/g. Al aplicarse las mismas dosis y volúmenes que con el producto agrícola número 1, las concentraciones teóricas en UFC/L se resumen en la tabla 6. Sin embargo, los resultados en términos de mortalidad larvaria fueron significativamente menores, obteniéndose unas dosis

letales mucho más altas.

En el caso del producto agrícola número 2, el análisis estadístico realizado mediante el modelo PROBIT arrojó una DL_{50} de 1.10×10^8 UFC/L. Los parámetros estadísticos asociados a este análisis incluyendo el valor de p , el intervalo de confianza y los grados de libertad se presentan en la **tabla 7** y la **figura 12**. Estos resultados permiten sustentar la confiabilidad del modelo y la significancia del efecto larvicida observado para este producto.

PRODUCTO AGRÍCOLA	VALOR p	INTERVALO DE CONFIANZA	GRADOS DE LIBERTAD
<i>Número 2</i>	<i>0.12</i>	<i>95%</i>	<i>4</i>

Tabla 7. Parámetros estadísticos derivados del análisis Probit para el producto agrícola número 2. CEPA SUSCEPTIBLE.

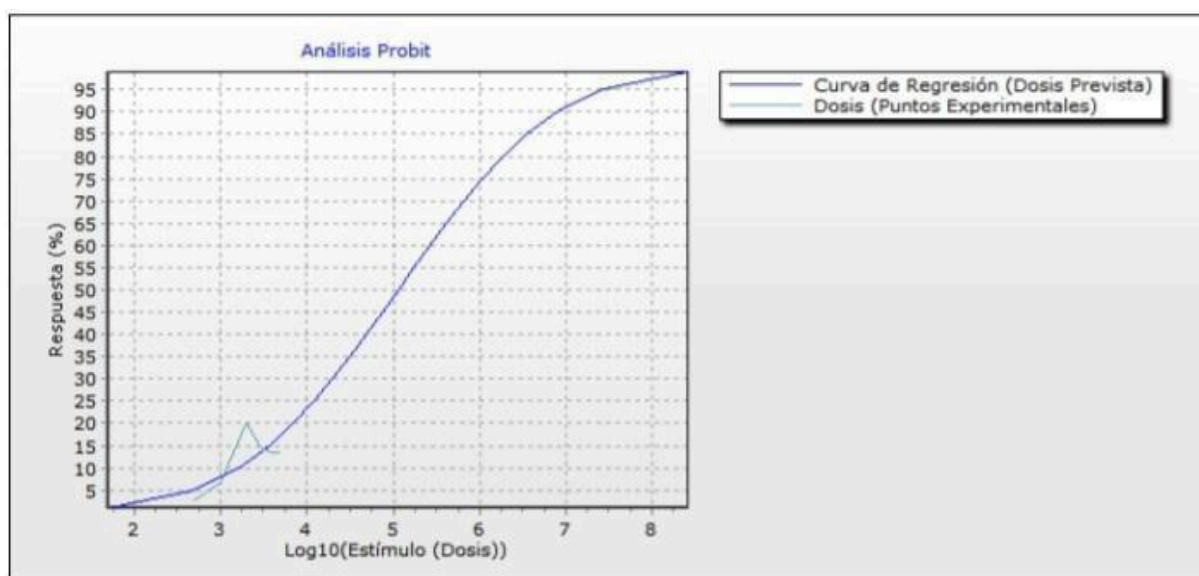


Figura 12. Curva de regresión obtenida del producto agrícola número 2. Dosis prevista VS Puntos experimentales. CEPA SUSCEPTIBLE.

Asimismo, se obtuvo una DL_{90} de 7.96×10^9 UFC/L y una DL_{99} de 2.55×10^{12} UFC/L, lo que evidencia el incremento progresivo en la concentración necesaria para alcanzar una mayor mortalidad en la población objetivo. Estos valores se detallan igualmente en la **tabla 8**.

DOSIS LETAL	UFC/L ESTIMADA	GRAMOS REQUERIDOS (g)
<i>DL₅₀</i>	1.13×10^8	0.03 g
<i>DL₉₀</i>	7.96×10^9	1.99 g
<i>DL₉₉</i>	2.55×10^{11}	63.78 g

Tabla 8. Dosis letales (DL) estimadas para el Producto Agrícola número 2 expresadas en UFC/L y en gramos de producto requeridos para un volumen de 0.25 L. CEPA SUSCEPTIBLE.

Con base en la DL_{99} obtenida del producto agrícola número 1 (2.19×10^{10} UFC/L) en la cepa susceptible *Rockefeller*. Se realizó el cálculo de la cantidad de producto necesario para alcanzar dicha dosis letal en el volumen de 0,25 L, el cual correspondió a 5.50 g de producto. Esta dosis fue utilizada para evaluar su susceptibilidad en la cepa silvestre de *Aedes aegypti* (L) y se registró un número total de 23 larvas muertas sobre las 25 expuestas que correspondió a un 92% de mortalidad.

6.2.2 PRODUCTO DE USO EN SALUD PÚBLICA - *Bacillus thuringiensis var. israelensis*

Los resultados obtenidos en el producto de uso en salud pública se obtuvieron calculando las concentraciones reales de UFC/L teniendo en cuenta la concentración inicial reportada en los insertos, correspondiente a $4,8 \times 10^{10}$ UFC/g. Se realizó de igual manera el ajuste de las concentraciones reales de exposición en función del volumen. Para así poder determinar la concentración a utilizar en el bioensayo, empleando de igual manera la fórmula anteriormente nombrada (*Concentración UFC / L - reemplaza los valores UFC*). La cantidad de producto a utilizar según inserto y las respectivas concentraciones calculadas fueron:

CANTIDAD DE	CONCENTRACIÓN	CONCENTRACIÓN
-------------	---------------	---------------

PRODUCTO	UFC/L	MILLONES DE UFC/L
2 mg	3.84×10^8	384×10^6

Tabla 9. Dosis calculadas para el producto de uso en salud pública *Bacillus thuringiensis*.

A partir de los bioensayos de susceptibilidad realizados, se determinó que una concentración de 0,002 g del producto en 0,25 L de agua fue suficiente para alcanzar un 100 % de mortalidad tanto en la cepa susceptible (*Rockefeller*) como en la cepa silvestre de *Aedes aegypti* (L). Este efecto letal se logró en un tiempo óptimo de exposición de 24 horas...

6.2.3 PRODUCTO DE USO DOMÉSTICO - HIPOCLORITO DE SODIO

A partir del análisis estadístico de las encuestas CAP, específicamente de la sección relacionada con las prácticas domésticas, se obtuvo que el producto más utilizado para el control focal de estadios larvarios de *Aedes spp.* en 40 viviendas distribuidas en tres barrios de la comuna norte del municipio de Fusagasugá, fue el hipoclorito de sodio líquido. Este análisis se realizó utilizando la medida de tendencia central moda (M = 23) permitiendo establecer las concentraciones comúnmente empleadas por la comunidad (ver figura 13).

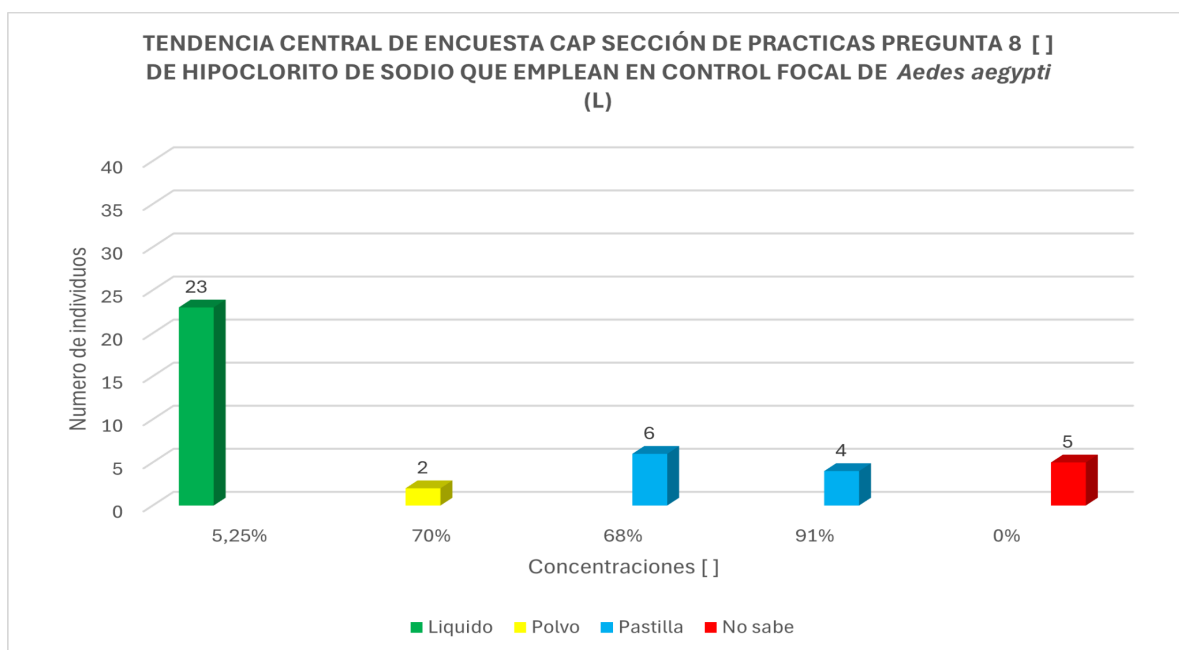


Figura 13. Tendencia central encuesta CAP. Sección de prácticas, pregunta 8 sobre la presentación de hipoclorito de sodio comúnmente usado por la comunidad de la comuna norte, barrios el Progreso, Lucero y

Cabaña del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.

Con base en estos resultados, se seleccionó la marca más usada por los encuestados y, siguiendo las instrucciones de uso indicadas en su inserto, se determinó la concentración a utilizar en el bioensayo de susceptibilidad. El inserto recomienda diluir 240 mL del producto en 5 L de agua; por lo tanto, para un volumen experimental de 0,25 L (250 mL), se calculó una dosis proporcional de 12 mL de hipoclorito de sodio al 5,25%, obteniéndose así una concentración real de 48 ppm como se muestra en la **tabla 10**.

CANTIDAD DE PRODUCTO	CANTIDAD DE SOLVENTE	CONCENTRACIÓN PPM
12 mL	250 mL (0,25 L)	48 ppm

Tabla 10. Dosis calculadas para el producto de uso en salud doméstico Hipoclorito de sodio líquido, según el inserto del producto.

Los bioensayos de susceptibilidad realizados en laboratorio evidenciaron que esta concentración provocó una mortalidad del 100% en ambas cepas evaluadas, alcanzando este resultado en un tiempo óptimo de 24 horas de exposición.

6.3 CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio titulado "Evaluación de la actividad larvicida de productos agroindustriales, domésticos y de salud pública, en poblaciones del vector de dengue, zika, chikungunya y fiebre amarilla urbana *Aedes aegypti* (L.)", fue diseñado y ejecutado con estricto cumplimiento de los principios bioéticos y la normativa legal vigente en Colombia, en particular lo establecido por la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud y las orientaciones de los protocolos de vigilancia entomológica adaptados y adoptados por la OMS, OPS e INS. La ley 99 de 1993, que organiza el Sistema Nacional Ambiental y

establece principios para la protección del medio ambiente. Decreto 1376 de 2013, sobre el uso de animales en experimentación científica, y la Ley 1774 de 2016, que reconoce a los animales como seres sintientes, aun cuando esta no aplica directamente a insectos, orienta buenas prácticas en la investigación con seres vivos. Política Nacional de Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con el uso responsable de recursos biológicos, no se generó ningún tipo de daño Ecosistémico o similar. Ética en la recolección y manejo de material biológico; las poblaciones de *Aedes aegypti* (L) utilizadas en este estudio fueron recolectadas y mantenidas en condiciones controladas de laboratorio, con el único propósito de evaluación científica. No se realizaron experimentos en vertebrados, ni en especies protegidas o amenazadas. Las pruebas larvicidas fueron aplicadas exclusivamente sobre estados inmaduros (larvas), y se tomaron todas las medidas para evitar sufrimiento innecesario, siguiendo principios de las "3R" (Reemplazo, Reducción, Refinamiento). Seguridad biológica y ambiental; durante el desarrollo del estudio: No se liberaron organismos modificados ni tratados al ambiente. Los residuos de los productos utilizados fueron dispuestos conforme a los protocolos de seguridad química y biológica del laboratorio, evitando cualquier riesgo de contaminación ambiental o humana. Se garantizaron las buenas prácticas de laboratorio (BPL) y se contó con personal capacitado en manejo de bioinsumos e insecticidas, teniendo en cuenta los lineamientos y protocolos operativos estándar adaptados y adoptados del INS disponibles actualmente. No se generó riesgo biológico, ambiental ni sanitario, dado que todas las fases del experimento se llevaron a cabo en instalaciones certificadas y con barreras físicas que impidieron la salida de organismos vivos al medio externo. El protocolo de investigación fue sometido y aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, donde se evidenció que se cumplieron con todos los requisitos exigidos para estudios experimentales en salud pública con organismos vectores. Asimismo, se notificó el uso de

especies nativas al respectivo comité institucional de bioética y biotecnología, y se solicitó autorización a la Dirección Territorial de Salud de Fusagasugá (**ANEXO N°11 - Actas de evidencia articulación interinstitucional con la secretaría de salud de Fusagasugá**)

7. DISCUSIONES

El establecimiento y desarrollo de *Aedes aegypti* (L.), de las cepas susceptible y silvestre, representó un desafío multifactorial en el que intervinieron condiciones climáticas, infraestructura, disponibilidad de recursos y factores biológicos propios de la especie. La temperatura, la humedad relativa y el fotoperiodo fueron determinantes claves en la viabilidad y reproducción de estas poblaciones, influyendo directamente en sus tasas de eclosión y desarrollo. La comparación entre cepas susceptibles y silvestres refleja la importancia de estos factores en la dinámica poblacional del mosquito.

Asimismo, el mantenimiento y estudio de *Aedes aegypti* (L) requirió una infraestructura que no solo garantice la seguridad de los investigadores y de la comunidad, sino que también permita una adecuada manipulación de las cepas y la ejecución de bioensayos con alta precisión. La disponibilidad de insumos y consumibles es crucial para la recolección y manutención de las poblaciones, asegurando condiciones óptimas para su desarrollo.

Los resultados obtenidos tanto en la cepa susceptible como en la cepa silvestre demuestran una alta adaptabilidad, en los índices de eclosión y emergencia; sin embargo al comparar ambas cepas, se obtuvo un mayor rendimiento en el desarrollo de la cepa susceptible a diferencia de la silvestre. Es importante considerar que esta diferencia puede estar relacionada con el tiempo de establecimiento de cada colonia, ya que, la cepa susceptible fue mantenida por un periodo mayor (1 año y 4 meses) mientras que la silvestre se mantuvo en un periodo de 2 meses. No obstante, la cepa silvestre mostró un rendimiento notable teniendo en cuenta el corto tiempo de adaptación en condiciones de laboratorio.

Estas observaciones reflejan diferencias importantes en la adaptabilidad y respuesta al entorno entre ambas poblaciones, lo que resalta la necesidad de considerar estas variables en el diseño de estrategias de manejo vectorial. Además, refuerzan la importancia de promover futuras investigaciones que profundicen en la interacción de factores ambientales, genéticos y metodológicos, con el objetivo de optimizar los protocolos de cría y control del vector, especialmente en regiones con alta variabilidad climática y condiciones propicias para su proliferación.

La evaluación del producto agrícola número 1, formulada a partir de un consorcio microbiano que incluye *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* y *Bacillus thuringiensis var. kurstaki*, demostró una alta actividad larvicida contra *Aedes aegypti* (L) en condiciones de laboratorio, particularmente sobre la cepa susceptible *Rockefeller*. A partir del análisis PROBIT, se obtuvo una DL_{99} de 2.19×10^{10} UFC/L, lo que destaca la potencia del producto en el control focal de esta especie. Al aplicar esta dosis sobre una cepa silvestre de *Aedes aegypti* (L) proveniente del municipio de Fusagasugá, se alcanzó una mortalidad del 92 %, lo cual, aunque no representa una mortalidad del 99 %, sigue siendo un resultado altamente significativo. Este nivel de eficacia en una cepa silvestre subraya el potencial prospectivo del producto, especialmente considerando las variaciones genéticas y adaptativas que podrían presentar las cepas de campo. En concordancia con los hallazgos de Hernández, C., se evidenció una alta susceptibilidad ($\geq 90\%$ de mortalidad) en poblaciones del vector al emplear los entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* a una concentración de 1.8×10^8 UFC/g (50). Este nivel de eficacia puede contrastarse con estudios que reportan una mortalidad del 100% al utilizar *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* (Vectobac G - WPG) en el control del mismo vector.

Estudios previos han documentado la susceptibilidad individual de *Aedes aegypti* (L) frente

Beauveria bassiana y *Metarhizium anisopliae*. Según estudios previos, ambos hongos han demostrado generar altas tasas de mortalidad en *Anopheles spp* y *Aedes spp* (51) en periodos de corta duración, siendo aplicables en programas integrados de control vectorial.

En contraste los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que el producto agrícola número 2 presenta una baja susceptibilidad para el control focal de *Aedes spp*. A nivel experimental, el porcentaje de mortalidad alcanzado fue de tan solo un 20%. Tras realizar el análisis estadístico PROBIT, reveló la necesidad de una concentración considerablemente alta del producto, 63,78 g por cada 0.25 L de agua. Estas elevadas cantidades representan un reto significativo en términos de viabilidad y costo-efectividad para su aplicación práctica en escenarios de control vectorial. Aunque el producto agrícola número dos contiene especies del género *Trichoderma* (*T. asperellum*, *T. atroviride* y *T. harzianum*), los resultados obtenidos en este estudio indican que, en la formulación evaluada, estas no resultaron eficaces para el control focal de *Aedes aegypti* (L). Este hallazgo contrasta con lo reportado por Machado-Agudelo, quienes en 2024 identificaron a *Trichoderma hamatum* cepa AP-91 como efectiva frente a cepas silvestres del vector en Urabá, Antioquia (52). La diferencia en los resultados subraya la importancia de la especificidad tanto a nivel de especie como de cepa dentro del género *Trichoderma*, así como de otros factores como la formulación, dosis, condiciones experimentales y la susceptibilidad del vector.

Durante el desarrollo experimental, también se identificó un factor físico químico determinante en la eficacia del producto agrícola número 2, que fue su baja solubilidad. Aunque el incremento en la cantidad de producto aplicado podría asumirse como directamente proporcional a un aumento en la mortalidad larvaria, en la práctica se evidenció un fenómeno contrario en las dosis más altas, resultando en una disminución en el porcentaje de mortalidad. Este comportamiento se relaciona con la capacidad limitada de disolución del

soluto (producto agrícola) en el solvente (agua). En concentraciones elevadas, el producto tendía a precipitarse y sedimentarse rápidamente, formando una capa compacta adherida al fondo del recipiente, este fenómeno se conoce como sobresaturación (53). La sedimentación del sustrato, el pH, la actividad del agua (A_w), la capacidad de disolución, la humedad, la aireación, la temperatura, la agitación mecánica y la luz como lo evidenciaron Yousef, M. et al., influyen directamente en la supervivencia, germinación y rendimiento de conidial (53), estas variables son fundamentales y podría ocasionar una reducción en el contacto directo entre los conidios fúngicos y el tegumento de las larvas de *Aedes aegypti* (L), disminuyendo así la probabilidad de infección, principal mecanismos de infección de la mayoría de los hongos entomopatógenos .

Dado el alto potencial observado en los productos de uso agroindustrial, especialmente en el producto agrícola número 1, el cual evidenció una destacada actividad entomopatógena frente a larvas de *Aedes aegypti* (L), se plantea como una línea de investigación futura la evaluación individual de cada uno de los microorganismos que componen ambos productos. Esta aproximación permitiría identificar cuál de las especies fúngicas y/o bacterianas es responsable de la mayor actividad larvicida, o si, por el contrario, la susceptibilidad observada se debe a una acción sinérgica entre los diferentes microorganismos presentes en las formulaciones. Resulta especialmente interesante profundizar en el análisis del nivel de susceptibilidad individual de especies como *Lecanicillium lecanii*, *Paecilomyces* y *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, para las cuales no hay suficiente literatura científica que documente sus mecanismos de acción específicos y su potencial entomopatógeno frente a mosquitos vectores, particularmente *Aedes aegypti* (L).

La exploración detallada de estas especies de hongos permitiría ampliar el conocimiento sobre su modo de acción, entender su verdadero potencial como agentes entomopatógenos, y determinar si su inclusión en formulaciones colectivas es realmente beneficiosa, o si sería

más efectivo diseñar formulaciones dirigidas, optimizadas, evitando la aplicación innecesaria de múltiples agentes que podrían incrementar el riesgo de generar posible resistencia en las poblaciones de mosquitos, o afectar negativamente a otras especies no objetivo presentes en el ecosistema.

Asimismo, aunque los hongos entomopatógenos son ampliamente reconocidos como una herramienta sostenible en MIV, es fundamental considerar su seguridad para organismos no objetivos, incluidos los seres humanos. En general, su uso se asocia con un bajo riesgo para la salud humana; no obstante, se han documentado casos clínicos infrecuentes en los que estos microorganismos han estado implicados en infecciones en personas inmunocomprometidas, como pacientes con leucemia aguda, síndrome de inmunodeficiencia adquirida (VIH/SIDA) o aquellos sometidos a tratamientos inmunosupresores, como la quimioterapia o los trasplantes de órganos y tejidos.

Un ejemplo relevante es el caso descrito por Kim et al. (2016) (54), donde se reporta un caso queratoescleritis asociada a *Beauveria bassiana*. Este hallazgo subraya la importancia de establecer y seguir estrictas medidas de bioseguridad durante la manipulación y aplicación de estos biocontroladores, especialmente en contextos comunitarios.

A pesar de estos riesgos poco frecuentes, la implementación de entomopatógenos para el control de plagas ofrece un balance riesgo-beneficio ampliamente favorable. Los beneficios ecosistémicos, agrícolas y en salud pública derivados de su uso superan de forma significativa el riesgo potencial de efectos adversos, que se limita a una subpoblación vulnerable.

Por consiguiente, se recomienda que investigaciones futuras integren, además de la evaluación de la eficacia, análisis toxicológicos cuantitativos, como la determinación de Unidades Tóxicas Internacionales (UTI), y evaluaciones de riesgo poblacional específicas

para inmunocomprometidos, en concordancia con protocolos de evaluación de riesgo de la OMS, tal como se realizó para *Bacillus thuringiensis* (55). Esto permitirá avanzar hacia una implementación más segura y responsable de los entomopatógenos en el ámbito de la salud pública.

Por otro lado, la implementación de productos biológicos efectivos y específicos permitiría diversificar las herramientas disponibles en los programas de control vectorial, facilitando la rotación de biocontroladores como medida para reducir la presión de selección sobre las poblaciones del vector.

En comparación con los resultados de susceptibilidad que se obtuvieron frente a *Bacillus thuringiensis var. Israelensis*, este producto de uso en salud pública ampliamente utilizado para el control de larvas de mosquitos vectores como *Aedes aegypti* (L) demostró una respuesta altamente positiva con una mortalidad del 100% tanto en la cepa susceptible como en la cepa silvestre. Los hallazgos confirman que, a pesar del uso continuo de este biocontrolador larvicida en programas de control vectorial, no se ha desarrollado resistencia en las poblaciones de *Aedes aegypti* (L) provenientes del municipio de Fusagasugá.

Estos resultados refuerzan su eficiencia como biocontrolador (larvicida), especialmente en áreas donde el uso de insecticidas químicos es cada vez menos efectivo, debido a la resistencia desarrollada por la población objetivo. Además, su uso avalado por organismos internacionales como la OMS y la OPS, resalta la importancia de su implementación en el MIV al ofrecer un opción más segura y menos perjudicial con el medio ambiente.

A nivel doméstico, el hipoclorito de sodio líquido usado comúnmente en las labores de limpieza del hogar, demostró generar una alta susceptibilidad en larvas de *Aedes aegypti* (L) en los bioensayos realizados, al obtener una mortalidad del 100% en 24 horas de exposición a una concentración de 48 ppm. Este dato cobra especial relevancia si se considera que este

producto fue el más reportado por la comunidad mediante las encuestas CAP, la cual también figura como una herramienta muy útil en salud pública que permitió identificar según evidencia, no sólo su disponibilidad, sino también su costo-efectividad y aceptación por parte de la comunidad para que entes gubernamentales como las secretarías municipales de salud puedan en futuros planes y el diseño de programas incluirlos dentro del control focal.

La OPS ha señalado la importancia de fortalecer la participación comunitaria y el autocuidado en el control de vectores, recomendando la limpieza periódica de depósitos de agua como una de las medidas más efectivas para la interrupción del ciclo de vida de *Aedes aegypti* (L). Por lo tanto, es fundamental que las autoridades locales promuevan el uso racional de hipoclorito, acompañado de campañas educativas que garanticen la aplicación y dosificación correcta del producto. Adicionalmente debido a que existen diferentes concentraciones comerciales del producto, se recomienda en futuras investigaciones evaluar otras dosis y marcas disponibles en el mercado, con el objetivo de mejorar su aplicación sin comprometer la salud humana ni generar impactos negativos en el medio ambiente (56). Además, resulta muy importante la formulación de guías en las que se estandarice la dilución del producto, como medida de salud pública preventiva, para asegurarse de que se use lo adecuado conforme el tamaño del depósito de agua y la capacidad que este contenga.

Se recomienda establecer un protocolo de vigilancia de la resistencia a nivel nacional, donde se tengan en cuenta las presiones generadas con productos insecticidas, de uso en salud pública, de uso doméstico y de uso agrícola, así mismo, alinear estos resultados al fortalecimiento de políticas públicas regulatorias en el uso mesurado y racional de productos insecticidas a la luz del MIV. Este estudio pretende dar un abordaje integral al uso regulatorio de tecnologías de control vectorial incluyendo insecticidas químicos, controladores biológicos y productos domésticos y agrícolas, que regularmente presionan a las poblaciones

de vectores de importancia en salud pública como *Aedes. Aegypti* (L), los cuales a su vez, han venido evidenciando procesos de adaptabilidad conductual y genética, generando amplia incertidumbre en la lucha por el control de eventos endemo epidémicos de transmisión vectorial.

8. CONCLUSIONES

1. El presente trabajo permitió determinar la actividad larvica y el estado de susceptibilidad de *Aedes aegypti* (L) frente a los productos de uso agroindustrial, doméstico y en salud pública, lo que contribuye significativamente al fortalecimiento de estrategias para el MIV en contextos urbanos.
2. Se logró establecer de manera exitosa el laboratorio de Entomología Médica y Veterinaria de la UCMC, lo cual permitió el desarrollo de las colonias filiales de *Aedes aegypti* (L) tanto de la cepa susceptible donada por el INS como de la cepa silvestre proveniente del municipio de Fusagasugá. Las cuales fueron fundamentales para el desarrollo de los bioensayos de susceptibilidad bajo condiciones de laboratorio.

Se espera que la adecuación de este laboratorio contribuya satisfactoriamente en futuros estudios realizados en la universidad, sobre vectores de importancia en salud pública.

3. Se establecieron las concentraciones diagnósticas de los productos agrícolas. Este proceso permitió avanzar hacia estrategias de uso más racionales y sostenibles, orientadas a minimizar el uso excesivo de sustancias químicas, reducir el impacto ambiental y especialmente, a prevenir la generación de resistencia en los organismos objetivos. Todo esto resulta esencial para asegurar la eficacia prolongada de los productos y contribuir a la protección de la salud pública.

4. Uno de los aportes más significativos del proyecto fue la estimación de las DL_{50} , DL_{90} y DL_{99} de los productos agrícolas evaluados para los cuales no hay información disponible en la literatura científica ni en bases de datos técnicas consultadas. Estos resultados representan un avance relevante en la identificación de agentes con potencial larvicida, aportando evidencia preliminar sobre su susceptibilidad en condiciones de laboratorio. La obtención de estos valores mediante el modelo estadístico PROBIT permitió determinar con mayor precisión la mortalidad de cada producto sobre larvas de *Aedes aegypti* (L), lo cual resulta fundamental para su posible inclusión como parte de estrategias de control focal. Así, se destaca el valor del producto agrícola número 1 como alternativa prospectiva y sostenible en el MIV, con proyección para que sean evaluados en condiciones de campo.
5. La aplicación del producto en salud pública *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) demostró un alto porcentaje de mortalidad larvaria, está fue del 100% en la cepa silvestre de bajo las condiciones experimentales establecidas. Este hallazgo indica una alta susceptibilidad de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* como agente larvicida y sugiere la ausencia de desarrollo de resistencia significativa en las poblaciones evaluadas. Los resultados obtenidos resaltan la relevancia de la implementación continua de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* como herramienta fundamental para el control focal de vectores dentro de las estrategias de Manejo Integrado de Vectores (MIV).
6. El análisis de prácticas domésticas mediante encuestas CAP, identificó al hipoclorito de sodio como el principal agente químico empleado por la comunidad para el control focal de larvas de *Aedes spp.* Los resultados del bioensayo confirmaron la susceptibilidad de las poblaciones larvarias en cepas susceptibles y silvestres al hipoclorito de sodio, evidenciándose una elevada tasa de mortalidad en un periodo de

exposición reducido. En condiciones de aplicación adecuadas la hace un agente de control focal costo efectivo y altamente accesible.

9. APORTES

Queremos destacar la articulación de la alianza interinstitucional que logramos dentro del proyecto con el municipio de Fusagasugá, a través de la Secretaría de Salud del municipio, específicamente con el área de ETVs. Lo que permitió integrar el componente de salud pública y participación comunitaria mediante la implementación de encuestas CAP, como parte fundamental del abordaje del proyecto. Además se implementó una estrategia de Información, Educación y Comunicación (IEC), orientada a la prevención de ETVs especialmente dengue, zika, chikungunya y fiebre amarilla urbana; mediante la elaboración de calendarios educativos que contenían información sobre el vector *Aedes aegypti* (L), su ciclo de vida, su identificación, los signos y síntomas de cada una de las arbovirosis y su forma de prevención incentivando semanalmente la limpieza y desinfección de depósitos de agua y el desecho de potenciales sitios de cría del vector. **(Anexo N°. 12. Estrategia IEC implementada en el municipio de Fusagasugá)**

Se espera que esta alianza entre la UCMC y la Secretaría de Salud de Fusagasugá continúe consolidándose en el tiempo, permitiendo el desarrollo de futuras investigaciones, intervenciones comunitarias y actividades de vigilancia enfocadas no solo en *Aedes aegypti* (L) sino en otros vectores de interés en salud pública presentes en la región.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lozano R D, Correa Morales F. Cría de mosquitos *Culicidae* y evaluación de insecticidas de uso en salud pública [Internet]. Cuernavaca (México): Instituto Nacional de Salud Pública; 2021 [citado 2024 agosto 2]. Disponible en: https://spmedicaciones.mx/ebook/127417/free_download/
2. Nelson MJ. *Aedes aegypti*: biología y ecología [Internet]. Washington (DC): Organización Panamericana de la Salud (OPS); 1986 [citado 2024 agosto 2] Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/28513>
3. Arredondo-García JL, Méndez-Herrera A, Medina-Cortina H. Arbovirus en Latinoamérica. *Acta Pediatr Méx* [Internet]. 2016 [citado 2024 agosto 2];37(2):111–31. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18233/apm37no2pp111-131>
4. Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública; Instituto Nacional de Salud; Organización Mundial de la Salud. Centro Colaborativo de Arbovirosis [Internet]. [citado 2024 agosto 2]. Disponible en: <https://portalsivigila.ins.gov.co/Paginas/datos.aspx?cod=149>
5. Organización Panamericana de la Salud. PLISA DATA - Enfermedades transmisibles [Internet]. [citado 2024 agosto 21]. Disponible en: <https://opendata.paho.org/es>
6. Organización Mundial de la Salud; Organización Panamericana de la Salud. Epidemic diseases - yellow fever in the Americas [Internet]. [citado 2024 agosto 2]. Disponible en: https://ais.paho.org/phip/viz/ed_yellowfever.asp
7. Organización Mundial de la Salud. Dengue y dengue grave [Internet]. Ginebra:

- Organización Mundial de la Salud; 2024 [citado 2024 agosto 2]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
8. Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Organización Panamericana de la Salud. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión del dengue [Internet]. [citado 2024 agosto 2]. Disponible en: <http://www.ins.gov.co/temas-de-interes/Dengue/03%20Vigilancia%20entomo%20dengue.pdf>
 9. Gómez García GF. *Aedes* (Stegomyia) aegypti (Diptera: Culicidae) y su importancia en la salud humana. *Rev Cuba Med Tropical* [Internet]. 2017 nov 6;70(1). Disponible en: <https://revmedtropical.sld.cu/index.php/medtropical/article/view/214>
 10. Ávila-Agüero ML, Camacho-Badilla K, Brea-Del-Castillo J, Cerezo L, Dueñas L, Luque M, et al. Epidemiología del dengue en Centroamérica y República Dominicana. *Rev Chil Infectol* [Internet]. 2019 dic [citado 2024 agosto 2];36(6):698–706. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182019000600698&lng=es. <https://doi.org/10.4067/S0716-10182019000600698>
 11. Quintero Espinosa J. Dengue en Colombia: epidemiología de la reemergencia a la hiperendemia. *Rev Salud Bosque* [Internet]. 2015 sep 5;5(1):81–3. Disponible en: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RSB/article/view/186>
 12. Padilla JC, Rojas DP, Sáenz-Gómez R. Dengue en Colombia, Epidemiología de la Reemergencia y la Hiperendemia [Internet]. 2012. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/INV/Dengue%20en%20Colombia.pdf>
 13. Organización Panamericana de la Salud. Documento operativo de aplicación del manejo integrado de vectores adaptado al contexto de las Américas [Libro Digital]. Washington, D.C.: OPS; 2019. Disponible en:

https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/51760/9789275320990_spa.pdf

14. Ministerio de Salud y Protección Social Colombia. INSTRUCCIONES PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL INTEGRAL DE LOS VECTORES *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*. 2024. p. 4. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/ET/Anexo%205%20%20Instrucciones%20para%20la%20Preveni%C3%B3n%20y%20control%20integral%20de%20vectores%20CHIKV%202014.pdf>
15. Mazzarello P, Garbarino C, Cani V, Bassi, Agostino. En: *eLS*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2013. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0025074>
16. Rosas García NM. Bacillus thuringiensis: una aplicación de la ciencia. *Rev Colomb Biotecnol*. 2014;16(2):5–6. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n2.47665>
17. Zenner de Polanía I. Reseña de la entomología económica y médica del siglo pasado en Colombia. *Rev U.D.C.A Act & Div Cient*. 2017 Jun 30 citado 2024 agosto 2];20(1):163–7. Disponible en: <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/73>
18. Rodríguez-Sierra DA. Registered entomopathogen fungi in Colombia. *Rev Colomb Entomol*. 1984 Jun 30;10(1-2):57–64. Disponible en: <https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/10277>
19. Ramayanti I, Herlinda S, Muslim A, Hasyim H, Anwar C, Suwandi S, et al. Pathogenicity of entomopathogenic fungi to eggs, larvae, and adults and their effects on development of *Aedes albopictus*. *Biodiversitas*. 2023;24(9). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d240917>
20. Quintero J, Herrera G. Actividad entomopatogena de hongos ambientales para el biocontrol de *Aedes aegypti*. 2023 [citado 2024 agosto 2]. Disponible en:

<https://hdl.handle.net/10901/25698>

21. Peters W. Atlas de medicina tropical y parasitología. 1st ed. Madrid: Elsevier; 2008. p. 6.
22. Centro para el Control de Enfermedades (CDC). Ciclo de vida de los mosquitos *Aedes*. 2024 [citado 2024 agosto 2]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/mosquitoes/es/about-mosquito-bites/ciclo-de-vida-de-los-mosquitos-aedes.html>
23. Monteiro VVS, Navegantes-Lima KC, de Lemos AB, da Silva GL, de Souza Gomes R, Reis JF, et al. *Aedes*–Chikungunya virus interaction: key role of vector midguts microbiota and its saliva in the host infection. *Front Microbiol*. 2019 Apr 9;10:1053.
24. Pando-Robles V, Ortega A, Huerta H. Virus transmitidos por mosquitos. *Ciencia* [Internet]. 2020 ene-mar [citado 2024 agosto 2]; Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/338584058_Virus_transmitidos_por_mosquitos_Editora_invitada_Revista_de_divulgacion_Ciencia_ene-mar_2020
25. Tabachnick WJ. Evolutionary genetics and arthropod-borne disease: the yellow fever mosquito. *Am Entomol* [Internet]. 1991 [citado 2024 agosto 2];37(1):14–26. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/ae/37.1.14>
26. Hawley WA. The biology of *Aedes albopictus*. *J Am Mosq Control Assoc Suppl* [Internet]. 1988 dic [citado 2024 agosto 2];1:1–39. PMID: 3068349.
27. Sánchez Tinjacá Y. Distribución histórica, actual y potencial bajo escenarios de cambio climático de los mosquitos *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en Colombia [Internet]. Bogotá: Universidad de los Andes; 2022 [citado 2024 agosto 2]. p. 1–24.
28. Danis R, Fabián, Cuauhtémoc, Valdez-Delgado K, Mayela, José, et al. Cría de mosquitos *Culicidae* y evaluación de insecticidas de uso en salud pública. 2022.
29. Ruiz-López F, González-Mazo A, Vélez-Mira A, Gómez GF, Zuleta L, Uribe S, et al. Presencia de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el

- virus del dengue en alturas no registradas para Colombia [Internet]. *Biomédica*. 2016 jun;36(2):303–8. Disponible en: <https://doi.org/10.7705/biomedica.v36i2.3301>
30. Kramer IM, Pfenninger M, Feldmeyer B, Dhimal M, Gautam I, Shreshta P, et al. Genomic profiling of climate adaptation in *Aedes aegypti* along an altitudinal gradient in Nepal indicates nongradual expansion of the disease vector. *Mol Ecol*. 2023 Jan;32(2):350-368. doi:10.1111/mec.16752. PMID: 36305220.
31. Delcid Morazán AF, Barcan Batchvaroff ME, Gonzalez CH, Barahona Andrade DS. Conocimientos, actitudes y prácticas sobre las arbovirosis [Internet]. *iMedPub Journals*. 2017;13(6). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3823/1338>
32. Kantor IN. Dengue, Zika y Chikungunya [Internet]. *Medicina (B Aires)*. 2016 abr;76(2):93–7. Disponible en: https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802016000200006
33. Brady O, Lim A, Shearer F, Sewalk K, Pigott D, Clarke J, et al. The overlapping global distribution of dengue, chikungunya, Zika and yellow fever [Internet]. *Research Square*. 2025. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21203/rs.3.rs-4686814/v1>
34. Ministerio de Salud y Protección Social. Desde las Mejores Experiencias para el Fortalecimiento del Manejo Integrado de Vectores en Colombia. Informe Final del Foro realizado en modalidad virtual, 8-10 de noviembre de 2023. Bogotá D.C.: Ministerio de Salud y Protección Social; 2023.
35. Sawyers-Kenton R, Sawyers-Kenton R, Pinto-Tomas A. Papel de la bacteria endosimbionte *Wolbachia* en el control de enfermedades vectoriales: dengue, zika y chikunkunya. *Acta méd costarric* [Internet]. 2017 Dic [citado 26 Sep 2024];59(4):130-3. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-60022017000400130&lng=en

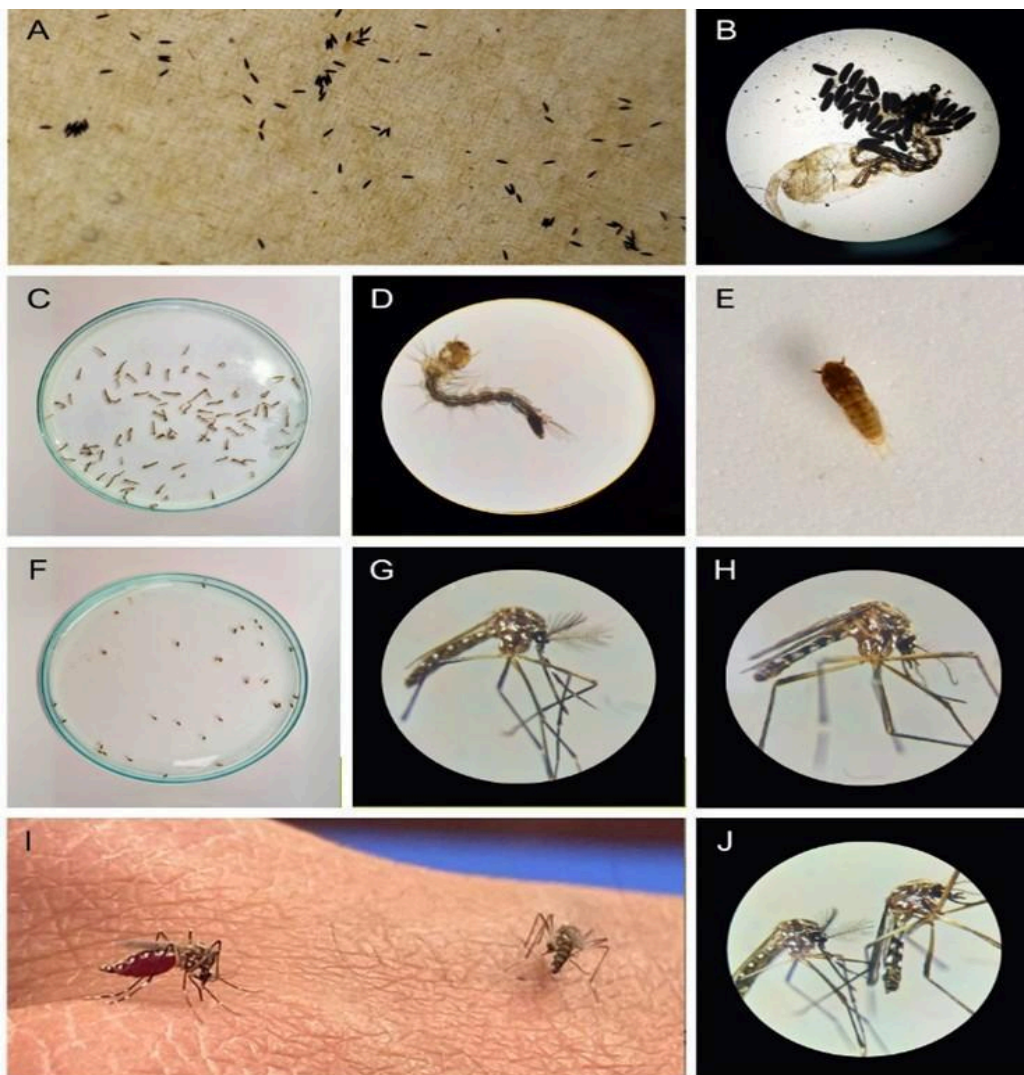
36. Oliveira JBTA, Pinheiro CR, da Silva GJ. Biological control of pests using *Bacillus thuringiensis*. In: *Biopesticides in Organic Farming*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press; 2021. p. 81–4.
37. Jouzani GS, Valijanlian E, Sharafi R. *Bacillus thuringiensis*: A successful insecticide with new environmental features and tidings. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2017 Apr 24;101(7):2691–711.
38. Dhakal D, Pokhrel AR, Jha AK, Thuan NH, Sohng JK. Saccharopolyspora species: laboratory maintenance and enhanced production of secondary metabolites. *Curr Protoc Microbiol*. 2017 Feb 6;44(1):45.
39. Prabhu K, Murugan K, Nareshkumar A, Bragadeeswaran S. Larvicidal and pupicidal activity of spinosad against the malarial vector *Anopheles stephensi*. *Asian Pac J Trop Med*. 2011 Aug;4(8):610–3
40. Hernández-Santana A, Gómez-Garzón C, Dussán J. *Lysinibacillus sphaericus*. *Trends Microbiol*. 2022 Jul;30(7):705–6.
41. Silva Filha MHNL, Berry C, Regis L. *Lysinibacillus sphaericus*. 2014. p. 89–176.
42. Rojas-Pinzón PA, Dussán J. Contribution of *Lysinibacillus sphaericus* hemolysin and chitin-binding protein in entomopathogenic activity against insecticide-resistant *Aedes aegypti*. *World J Microbiol Biotechnol*. 2017 Oct 22;33(10):181.
43. Magallanes Vallejo AG, López Oyama AB, Rodríguez González E. Aceites esenciales al rescate en las prácticas agrícolas. *Rev Digit Univers*. 2023 Jun 27;24(4).
44. Instituto Nacional de Salud (INS). Red de Vigilancia de la Resistencia a Insecticidas de uso en Salud Pública en Colombia 2018 [Internet]. 2019. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/buscador-eventos/Informacin%20de%20laboratorio/Informe-Red-Vigilancia-Resistencia-Insecticidas-2018.pdf>
45. Murcia Ramírez C. Determinación del estado de susceptibilidad a DDT y piretroides y

- los mecanismos de resistencia en poblaciones de *Aedes aegypti* (Díptera: Culicidae) de los municipios de la Mesa (Cundinamarca) y Bucaramanga (Santander) [Internet]. 2016. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, Facultad de Medicina, Departamento de Salud Pública
46. Aponte Hincapié A. Mecanismos de resistencia a insecticidas piretroides en *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* de Colombia, vector principal de los virus dengue, chikungunya y zika [Internet]. Colombia: Universidad de Valle; 2017. 185 p.
47. Celentano D, Szklo M. Gordis Epidemiología. 6ª ed. Barcelona, España: Elsevier Español; 2019.
48. Finney DJ. Probit Analysis: A Statistical Treatment of the Sigmoid Response Curve. 2nd ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1952.
49. Córdoba Sánchez KY. Análisis de la determinación de la dosis y el tiempo letal medio en nematodos [tesis en Internet]. Trujillo (PE): Universidad Nacional de Trujillo; 2012 [citado 2025 mar 21]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstreams/e7422df1-4802-4296-8a08-a79c75d5bea7/download>
50. Minutti C. Estudio del efecto biocida de *beauveria bassiana* y *metarhizium anisopliae* sobre larvas de *aedes aegypti* (diptera: culicidae) [Internet]. [Saltillo]: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; 2019. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/46234/Minutti%20Hernandez%20Cindy%20Alejandra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
51. Scholte EJ, Knols BGJ, Samson RA, Takken W. Entomopathogenic fungi for mosquito control: a review. *J Insect Sci.* 2004;4(19):1–24. <https://doi.org/10.1673/031.004.1901>
52. Machado-Agudelo DA, García MA, Rueda-Páramo ME, Cardona NL. Evaluación in vitro de la patogenicidad de los hongos aislados en la región de Urabá (Antioquia,

- Colombia) contra larvas de *Aedes aegypti*. *Biomedica* [Internet]. 2024 Nov 6;44(4):552–63. Disponible en: <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/7520>
53. Timberlake C. *Química: una introducción a la química general, orgánica y biológica* [libro digital]. Pearson Educación; 2011 [citado 2025 abr 21]. Disponible en: <https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/resources/3608990/>
54. Kim JH, Kim YR, Kim SH, Jung JH, Lee SW. Beauveria Bassiana Causing Keratoscleritis in a Patient with Adrenal Insufficiency. doi:10.22730/jmls.2016.13.1.19
55. ILO, Unep, World Health Organization. *Bacillus Thuringiensis*. Ginebra, Suiza: World Health Organization; 1999.
56. Chiew BF- jing, Ong GH, Wong RR, Wong KK, Loh KE. Safeness and effectiveness of entomopathogenic fungi for use as bioinsecticide: A mini review. *JBC* [Internet]. 2022 Dec. 14;36(1):01-6. Available from: <https://www.informaticsjournals.co.in/index.php/jbc/article/view/30415>

ANEXOS

ANEXO N°1 - FOTOGRAFÍA DE LOS DIFERENTES ESTADIOS DE AEDES AEGYPTI OBTENIDOS EN LA CRÍA Y ESTABLECIMIENTO DE CEPAS SUSCEPTIBLE Y SILVESTRE



Estadios de Aedes aegypti (L)**A.** Huevos del vector *Aedes aegypti* dispuestos en tiras de papel, recuperados a partir de ovopositores ubicados en el laboratorio de Entomología Médica y Veterinaria de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. **B.** Oviductos, espermateca y huevos de *Aedes aegypti* (L) observados al microscopio con objetivo 40X, posterior a la disección. **C.** Larvas de *Aedes aegypti* (L) en caja de Petri, donde se evidencian los distintos subestadios larvales (L I a L IV). **D.** Larva en estadio L4 observada al estereoscopio; se identifican la cabeza, el tórax, los nueve segmentos abdominales y el sifón ubicado en el segmento terminal del abdomen. **E.** Pupa de *Aedes aegypti* (L). **F.** Pupas de distintos tamaños observadas en caja de Petri. **G.** Adulto macho de *Aedes aegypti* (L) observado al estereoscopio. Adulto hembra de *Aedes aegypti* (L) observado al estereoscopio. **I.** Hembras adultas de *Aedes aegypti* (L) en jaulas de cría entomológicas tras alimentación sanguínea; una de las hembras muestra distensión abdominal como consecuencia del consumo de sangre, en el laboratorio de Entomología Médica y Veterinaria de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. **J.** Pareja de adultos (macho y hembra) de *Aedes aegypti* (L), donde se diferencian por el tamaño corporal y por la presencia de antenas plumosas en los machos. En ambos sexos se observan escamas blancas en forma de lira en la región abdominal.

ANEXO N°2 – FOTOS LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA Y ZONAS DE TRABAJO



Laboratorio de entomología médica y veterinaria LEUMC A. Entrada del laboratorio de Entomología, equipada con barrera de contención y señalizaciones correspondientes, garantizando el cumplimiento de las normas de bioseguridad. B. Vista periscópica del laboratorio, donde se aprecian sus diferentes secciones funcionales. C. Área de jaulas de cría y microscopía, destinada a la identificación de especímenes y sus distintos estadios de desarrollo. D. Área de incubación, con incubadoras adaptadas con bombillos y humidificador; que proporcionan las condiciones óptimas de temperatura y humedad para el desarrollo de los vectores. E. Área destinada al lavado de material de laboratorio, así como al lavado y desinfección de manos. F. Área de disposición de residuos sólidos, conforme con los protocolos establecidos para el manejo de residuos biológicos y químicos.

ANEXO N°3 - FOTOGRAFÍAS SALIDA DE CAMPO. ARTICULACIÓN CON SECRETARÍA DE SALUD DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, APLICACIÓN DE

ENCUESTAS CAP RECOLECCIÓN DE CEPAS DE CAMPO Y ESTRATEGIA IEC CON LA COMUNIDAD.



Salida de Campo: **A.** Grupo de trabajo conformado por la directora del programa de ETV de la Secretaría de Salud de Fusagasugá, técnicos del área e investigadores del proyecto. **B.** Aplicación de encuestas CAP (Conocimientos, Actitudes y Prácticas) a miembros de la comunidad. **C.** Inspección y control físico en potenciales sitios de cría del vector. **D.** Recolección de estadios inmaduros (larvas y pupas) de cepa silvestre en la comuna norte del municipio. **E.** Inspección de inservibles (como llantas) y recolección de inmaduros por parte de técnicos de ETV en compañía de la investigadora. **F.** Técnico de ETV e investigadora realizando aplicación de encuestas CAP y desarrollando actividades de IEC (Información, Educación y Comunicación) con la comunidad.

ANEXO N°4 – FORMATO REGISTRO CONDICIONES MEDIO AMBIENTALES -

ANEXO N° 5 - RECIPIENTES DE CRÍA DE *Aedes spp.*



*Recipientes empleados en la cría del vector *Aedes spp.*: A. Cámaras húmedas de huevos con capacidad de 4000 mL, B. Cámara húmeda de larvas con capacidad de 1750 mL, C. Jaulas de cría de aluminio y plástica para adultos con medidas de 30 x 30 x 30 (cm) D. Pupario con capacidad de 450 mL E. Recipiente con capacidad de 110 mL contiene solución azucarada 10% para la alimentación de *Aedes spp.**

ANEXO N° 6 – CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA ALIMENTACIÓN DE VECTORES HEMBRAS DE AEDES AEGYPTI (L) LIBRES DE ARBOVIROSIS DE LABORATORIO

Versión: 3
Fecha: 01/04/2025



UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA – UCMC
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
GRUPO INVESTIGACIÓN NEONATURE / CEPARIUM

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ALIMENTACIÓN DE HEMBRAS DE LABORATORIO LIBRES DE ARBOVIROSIS DE *Aedes aegypti* (l) EN EL MARCO DEL PROYECTO: “EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA EN POBLACIONES DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA *Aedes aegypti* (L)”.

CIUDAD: Bogotá D.C

FECHA: _____, _____, _____

NOMBRE DE LA PRUEBA O DEL PROCEDIMIENTO:

Picadura de díptero hematófago *Aedes aegypti* (L) libre de arbovirosis cepa susceptible Rockefeller.

INFORMACIÓN DEL PROCEDIMIENTO:

Este documento sirve para que usted, o quien lo represente, dé su consentimiento para realizar este procedimiento, eso significa que nos autoriza a realizarla. Puede usted retirar este consentimiento cuando lo desee. Firmarlo no le obliga a usted a realizarse el procedimiento y su rechazo no derivará ninguna consecuencia adversa de ningún tipo.

EN QUÉ CONSISTE EL PROCEDIMIENTO:

El procedimiento consiste en introducir alguno de los miembros superiores (Brazo derecho o izquierdo) en una Jaula de cría colapsible para alimentación hematofágica de las hembras libres de arbovirosis del vector *Aedes aegypti* (L) cepa Rockefeller.

CÓMO SE REALIZA:

Se realiza preguntas de rutina (estado actual de salud [No se aceptan sujetos que cursa actualmente con alguna de las principales arbovirosis en el país], alergias, viajes a zonas endémicas de arbovirosis), posteriormente se ubica al sujeto en una silla para su comodidad; se le pide que introduzca alguno de sus miembros superiores por aproximadamente 10 a 15 minutos, para la alimentación hematofágica de las hembras del vector *Aedes aegypti* (L) cepa Rockefeller.

En todo momento estará controlado y vigilado por el equipo de investigación.

QUÉ EFECTOS PRODUCIRÁ:

Es una técnica que generará molestia por la hematofagia (picadura) del insecto hembra de *Aedes aegypti*. La picadura del insecto le producirá algo de dolor, picor, irritación o inflamación en las zonas afectadas, pero no pone en riesgo la integridad del donante.

RIESGO

El paciente solamente presentará prurito, dolor e inflamación leve. Si por alguna razón el paciente presenta antecedentes de anafilaxia, abstenerse de realizar el procedimiento.

- Molestias derivadas de la picadura (escozor, picor o hinchazón). Desaparecen a las pocas horas hasta días. No rascarse las áreas expuestas, pues puede generar infección.
- Mareo. Suele darse en algunas personas en ciertas situaciones (análisis, visión de sangre, dolor, etc.). Produce sensación de calor, sudor y desvanecimiento. Debe avisarnos si nota estos síntomas
- Erupciones en la piel. Con cierta frecuencia aparecen picores con enrojecimiento de la piel o ronchas

Yo _____ con documento de identificación T.I (), C.C (), C.E () con número _____ actuando de manera libre y voluntaria, en ejercicio pleno de mis facultades.

Acompañante o responsable de _____ con documento de identificación T.I (), C.C (), C.E () con número _____ según las facultades que me confiere la ley colombiana (Decreto 1546 / 98, artículo 9) o por delegación del usuario directamente.

HAGO CONSTAR QUÉ

Una vez informado sobre los propósitos, objetivos, pruebas/procedimientos que se llevarán a cabo durante la investigación denominada : ***“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA EN POBLACIONES DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA *Aedes aegypti* (L)”***, y los posibles riesgos que se puedan generar de la prueba o procedimiento, autorizo mi participación o la de la persona bajo mi responsabilidad, en la misma, así como el uso de los datos obtenidos con fines estrictamente académicos e investigativos.

Declaro, adicionalmente, que se me ha informado que:

1. Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria y puedo retirarme de ella en cualquier momento.
2. No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto/producto, ni retribución económica alguna. Sin embargo, se espera que los resultados obtenidos permitan incidir positivamente en los procesos de mejoramiento de personas con condiciones similares a las mías, o a las de la persona bajo mi responsabilidad.
3. Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente; en virtud de ello, esta información será archivada en papel y/o medio electrónico. Los archivos del estudio se guardarán en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca – UCMC, sede Bogotá D.C, bajo la custodia del grupo de investigación NEONATURE – CEPARIUM, adscrito a la facultad de ciencias de la salud del programa académico de bacteriología y laboratorio clínico y la responsabilidad de los investigadores participantes en el proyecto.
4. Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada bajo condición de anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros, medios de comunicación u otras instituciones educativas. Esto también aplica al cónyuge, miembros de la familia y médicos (o profesionales de salud tratantes) de los participantes.

5. En caso de requerir mis datos personales, las fotografías, los videos y otra información, resultantes de la aplicación de la prueba o procedimiento para presentación con fines estrictamente académicos o científicos en eventos tales como seminarios, congresos, cursos, simposios, revisiones de casos clínicos y publicaciones, entre otros tipos de espacios de divulgación científica, autorizó su uso, si así lo considero, a través de la firma de este documento.

Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad. Por lo anterior, hago constar que he sido informado a satisfacción sobre los procesos, procedimientos o pruebas que se realizará por parte de los profesionales participantes en el proyecto como investigadores y, por tanto, doy mi consentimiento.

FIRMA DEL USUARIO Y/O ACUDIENTE CON SU RESPECTIVA HUELLA:

FIRMA DEL USUARIO

HUELLA ÍNDICE DERECHO

FIRMA DEL ACUDIENTE

HUELLA ÍNDICE DERECHO

FIRMA DE RESPONSABLES QUE TENGAN RELACIÓN DIRECTA CON LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO O PRUEBA:

DOCENTE ASESOR E INVESTIGADOR

Carlo Murcia

ESTUDIANTE INVESTIGADOR 1

Didier Larsson Augusto Lehtate
CC: 10.14.278246

ESTUDIANTE INVESTIGADOR 2

Luna Villarraga

ESTUDIANTE INVESTIGADOR 3

Laura Julieth Daza M.

ANEXO N°9 - ENCUESTA CAP



Versión: 1
Fecha: 20/01/2025

UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA – UCMC
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
PROGRAMA DE BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO
GRUPO INVESTIGACIÓN NEONATURE / CEPARIUM

ENCUESTA CONOCIMIENTO, APTITUDES, PRÁCTICAS (CAP)

Esta encuesta se enmarca en los objetivos de nuestro trabajo de grado denominado: “*EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDA DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA, EN POBLACIONES DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA Aedes aegypti (L)*”, el cual forma parte de la investigación realizada en el programa de Bacteriología y Laboratorio Clínico de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. A través de esta encuesta buscamos obtener información sobre las prácticas realizadas en su hogar, así como sobre sus conocimientos y aptitudes frente a la prevención del dengue y otras arbovirosis.

CONSETIMIENTO INFORMADO

En esta encuesta pretendemos recoger información las prácticas realizadas en su hogar, así como sobre sus conocimientos y actitudes frente a la prevención del dengue y otras enfermedades transmitidas por mosquitos. Con esta información se pretende mejorar las estrategias de control y prevención en especial en el control focal del dengue y otras enfermedades transmitidas por mosquitos

La encuesta consiste en 51 preguntas que deberá contestar junto al encuestador. Esto tomará aproximadamente 25 a 30 minutos de su tiempo y se llevará a cabo en el departamento de Cundinamarca municipio de Fusagasugá.

Los datos que usted proporcione son anónimos y reposaran en el semillero de Investigación NEONATURE, estos datos solo tendrán accesos investigadores(as) de esta investigación y no se divulgarán los datos individuales. Si decide participar en este estudio, podría sentirse incómodo con alguna pregunta, pero hemos tomado todas las precauciones para minimizar los riesgos y garantizar su bienestar, dignidad e integridad. Su participación es voluntaria, sin costo ni compensación económica, y puede retirarse en cualquier momento sin penalización. En caso de hacerlo, no se utilizará la información recopilada.

Agradecemos su colaboración, ya que su participación es fundamental para el éxito de nuestro trabajo de grado.

Por favor, firme este documento en caso de estar de acuerdo con este consentimiento informado y con participar voluntariamente en el estudio. Al firmar también, también verifica que entiende toda la información de este formulario y que el investigador ha respondido a todas y cada una de las preguntas que le surgieron sobre este estudio.

FIRMA DEL PARTICIPANTE CON SU RESPECTIVA HUELLA:

FIRMA DE PARTICIPANTE

HUELLA ÍNDICE DERECHO

FIRMA DE RESPONSABLES QUE TENGAN RELACIÓN DIRECTA CON LA APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO O PRUEBA:

Carlos Murcia

PROFESOR INVESTIGADOR

Luna Villarraga

ESTUDIANTE INVESTIGADORA 2

Didier Lorcier Hugo Lobato
CC: 1014278240

ESTUDIANTE INVESTIGADOR 1

Laura Julieta Daza M.

ESTUDIANTE INVESTIGADORA 3

ENCUESTA CONOCIMIENTO, ACTITUDES, PRÁCTICAS (CAP)

FECHA DE APLICACIÓN: ____ / ____ / ____

CIUDAD DE APLICACIÓN: _____

SECCIÓN 1: DATOS DEMOGRÁFICOS

NUMERO	PREGUNTA	RESPUESTA			
1	¿Cuál es su edad?				
2	¿Cuál es su sexo biológico?	Masculino	Femenino	Otro:	
3	¿Cuál es el nivel de educación más alto que ha completado?	Preescolar	Básica primaria	Básica secundaria	Educación Media
		Técnico	Tecnólogo	Profesional	Especialización
		Maestría	Doctorado	Postdoctorado	
4	¿Cuál es su estrato social?	1	2	3	
		4	5	6	

SECCIÓN 2: CONOCIMIENTOS

NUMERO	PREGUNTA	RESPUESTA			
1	¿Sabe reconocer el mosquito que transmite dengue?	Sí		No	
2	¿Dónde se cría el mosquito del dengue?				
3	¿Distingue las etapas de desarrollo del mosquito?	Sí		No	
		Nómbrelas:			
4	¿Conoce en qué momentos del día el mosquito del dengue tiene mayor actividad de picadura?	Sí		No	
		Nómbrela:			
5	¿Qué otras enfermedades creen que puede transmitir el mosquito aparte del dengue?				

6	¿Sabe diferenciar los síntomas de dengue, chikungunya, zika y fiebre amarilla?	Sí		No	
		Nómbrelas:			
7	¿Sabe si en su casa hay mosquitos que transmiten el dengue?	Sí		No	
8	¿Sabe qué objetos en su casa pueden acumular agua y servir de criadero para los mosquitos?				
9	¿Qué tipos de recipientes usa para recolectar agua en su hogar	Tanques		Albercas	
		Canecas		Otro:	
10	¿Sabe cuánta agua pueden almacenar? (Capacidad)				
11	¿Conoce cada cuánto se deben lavar los depósitos de agua? (Numero)				
12	¿Cuánto cloro se debe aplicar para eliminar las larvas del zancudo del dengue?				
13	¿Qué métodos son más efectivos para eliminar los huevos y larvas del mosquito?				
14	¿Sabe qué medidas tomar para evitar que se reproduzca el mosquito transmisor del dengue también conocido como <i>Aedes aegypti</i> (L)?				
15	¿Sabe qué complicaciones puede causar el dengue y a dónde debe acudir si tiene síntomas graves?				
16	¿Sabe si habita en una zona de alto riesgo de transmisión de Dengue, Zika, Chikungunya y Fiebre Amarilla?	Sí		No	

SECCIÓN 3: ACTITUDES

NUMERO	PREGUNTA	RESPUESTA			
1	¿Le preocupa la posibilidad de contraer dengue u otros virus transmitidos por mosquitos?	Sí		No	
2	¿Cree que es importante tomar medidas preventivas para evitar la proliferación del mosquito que transmite dengue en su hogar?	Sí		No	
		Nómbrelas:			



3	¿Qué actitud toma si encuentra larvas y zancudos en su casa	Le da igual		Le preocupa		Le preocupa y hace algo	
4	¿Le gusta que fumiguen en su casa?	Sí			No		
5	¿Le gusta fumigar de forma doméstica (comprando productos insecticidas comerciales) o prefiere que lo haga la Secretaría de Salud?	Insecticida comercial			Secretaría de salud		
6	¿Qué actitud considera que es mejor cuando lo visitan los funcionarios de la Secretaría de Salud?	No le interesa	No le gusta y no permite el ingreso		Les da desconfianza y no permite el ingreso		Le gusta y permite su ingreso
7	¿Cree que las recomendaciones de los funcionarios de la secretaría de salud son?	Buenas y coherentes			Malas e incoherentes		
8	¿Considera que sabe determinar si tiene dengue y cuando es grave?	Sí			No		
9	¿Considera que sabe determinar si tiene Chikungunya y cuando es grave?	Sí			No		
10	¿Considera que sabe determinar si tiene Zika y cuando es grave?	Sí			No		
11	¿Considera que sabe determinar si tiene Fiebre Amarilla y cuando es grave?	Sí			No		
12	¿Qué actitud debe tomar si un vecino tiene dengue?	Ayuda			Indiferencia		
13	¿Considera que las autoridades competentes realizan acciones suficientes para controlar la población de mosquitos en su comunidad?	Sí			No		
14	¿Le gustaría recibir más información sobre el dengue y otros virus transmitidos por mosquitos?	Sí			No		

SECCIÓN 4: PRACTICAS

NUMERO	PREGUNTA	RESPUESTA			
1	¿Con qué frecuencia revisa albercas, tanques altos, objetos inservibles y otros elementos en su hogar, como llantas o recipientes vacíos, para verificar que no acumulen agua y evitar la presencia de larvas del dengue?				
2	¿Cómo maneja los objetos inservibles en su hogar? (Por ejemplo, ¿los acumula, los destruye?)				
3	¿Con qué frecuencia realiza la anterior actividad? (Numero)				
4	¿Realiza limpieza de los depósitos de agua en su hogar?	Sí		No	
5	¿Con qué regularidad hace la anterior actividad? (Numero)				
6	¿Cada cuánto cepilla las albercas?				
7	¿Usa cloro para limpiar los depósitos de agua?	Sí		No	
8	Si la anterior pregunta es afirmativa ¿Qué concentración utiliza?				
9	Si no usa cloro, ¿qué otro producto utiliza para la limpieza?				
10	¿Cubre los tanques de agua que no están en uso	Sí		No	
11	¿Mantiene los canales y zanjas limpios alrededor de su casa?	Sí		No	
12	¿Qué hace para evitar que los zancudos se crien en tanques altos?				
13	¿Colabora con los programas de control focal en tu comunidad?, ¿de qué manera lo hace?				
14	¿Qué medidas emplea para evitar el contacto con los mosquitos? Seleccione las que usa:	Mosquitero	Repelente	Insecticida (Raid, espiral, etc...)	
		Lampara mata mosquitos	Raqueta (comunes o eléctrica)	Sí usa otro ¿Cuál?	
15	¿Permite la aplicación de insecticidas u otros productos en los cuerpos de agua de su domicilio por las autoridades competentes?	Sí		No	
16	¿Informas a las autoridades sobre la presencia de criaderos de mosquitos en la comunidad y alrededores?	Sí		No	
17	¿Usa la aspirina u otros medicamentos como el ibuprofeno, naproxeno, diclofenaco y meloxicam ante la presencia de enfermedad regularmente sin asesoría médica?	Sí		No	

ANEXO N°10 – FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD DE LARVICIDAS


Versión: 2
Fecha: 1/06/2024

		UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA – UCMC FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD PROGRAMA BACTERIOLOGÍA Y LABORATORIO CLÍNICO GRUPO DE INVESTIGACIÓN CEPARIUM / NEONATURE					
EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD LARVICIDAS DE PRODUCTOS AGROINDUSTRIALES, DOMÉSTICOS Y DE SALUD PÚBLICA EN POBLACIONES DEL VECTOR DE DENGUE, ZIKA, CHIKUNGUNYA Y FIEBRE AMARILLA URBANA <i>Aedes aegypti</i> (L)							
EVALUACIÓN DE LA SUCEPTIBILIDAD DE LARVICIDAS							
NUMERO DE EXPERIMENTO		CIUDAD		Bogotá D.C	AÑO		
INVESTIGADORES			Didier Javier Lugo Cohetato Luna Valentina Villarraga Montañez Laura Julieth Daza Moreno				
DOCENTE INVESTIGADOR			Carlos Humberto Murcia Ramírez				
PRODUCTO			Producto Agrícola 1	Producto Agrícola 2	Producto Salud Publica	Producto Domestico	
NOMBRE COMERCIAL							
PRESENTACIÓN DEL PRODUCTO							
CONTENIDO NETO DEL PRODUCTO							
SOLUCIÓN EXPERIMENTAL – DOSIS BIOENSAYOS							
SOLUTO							
SOLVENTE							
[] EXPERIMENTAL							
TABLA DE EQUIVALENCIA DE CONCENTRACIONES							
PESO EN GRAMOS UTILIZADOS DEL POLVO MOJABLE	UFC / g	UFC / L	mg / mL	g / L	ppm		
MODELO EN VIVO							
INSECTO (VECTOR)	<i>Aedes aegypti</i> (L)	CEPA	Susceptible (Rockefeller)		Silvestre (Campo Fusagasugá)	ESTADIO	Larvas (L3 – L4)
MUESTRA							
TAMAÑO TOTAL DEL MUESTRAL		TAMAÑO MUESTRAL DE LAS REPLICAS		TAMAÑO MUESTRAL DEL CONTROL			
NUMERO DE REPLICAS				NUMERO DE CONTROLES	(Control _____)		

REGISTRO DE BIOENSAYO – ACTIVIDAD LARVICIDA								
TIEMPO EN HORAS A	CONTROL		REPLICA 1		REPLICA 2		REPLICA 3	
	# DE INDIVIDUOS VIVOS	# DE INDIVIDUOS MUERTOS	# DE INDIVIDUOS VIVOS	# DE INDIVIDUOS MUERTOS	# DE INDIVIDUOS VIVOS	# DE INDIVIDUOS MUERTOS	# DE INDIVIDUOS VIVOS	# DE INDIVIDUOS MUERTOS
0								
0.1								
0.8								
0.16								
0.25								
0.5								
1								
1.5								
2								
2.5								
3								
24								
48								
72								
TOTAL								
NOTAS	Cambio de estadio de larva a pupas de		Cambio de estadio de larva a pupas de		Cambio de estadio de larva a pupas de		Cambio de estadio de larva a pupas de	
CONDICIONES AMBIENTALES DEL BIOENSAYO								
TEMPERATURA (°C)					° C			
HUMEDAD RELATIVA (%)					%			
FOTO - PERÍODO (L/O)					horas luz /		horas oscuridad	
ALIMENTACIÓN					RTA	Si	PESO	200 mg
					NATURALEZA		Cebo - conejina	
OBSERVACIONES								
FENOTIPIA					ESTERIOTIPIA			

LETALIDAD O % DE MORTALIDAD					
FORMULA					
REPLICA 1					
$\% = \frac{\text{Individuos muertos tras la exposición con el producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}}{\text{Individuos expuestos al producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}} \times 100$					
$\% = ___ \times 100$					
$\% = ___$					
REPLICA 2					
$\% = \frac{\text{Individuos muertos tras la exposición con el producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}}{\text{Individuos expuestos al producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}} \times 100$					
$\% = ___ \times 100$					
$\% = ___$					
REPLICA 3					
$\% = \frac{\text{Individuos muertos tras la exposición con el producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}}{\text{Individuos expuestos al producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}} \times 100$					
$\% = ___ \times 100$					
$\% = ___$					
TOTAL					
$\% = \frac{\text{Individuos muertos tras la exposición con el producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}}{\text{Individuos expuestos al producto} ______ \text{ a las } ______ \text{ h}} \times 100$					
$\% = ___ \times 100$					
$\% = ___$					
VALORES DE LETALIDAD O % DE MORTALIDAD					
REPLICA 1	%		REPLICA 3	%	
REPLICA 2	%		TOTAL	%	

ANEXO N°11 ACTAS DE EVIDENCIA ARTICULACIÓN INTERINSTITUCIONAL CON LA SECRETARÍA DE SALUD DE FUSAGASUGÁ

 UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA	ACTA DE REUNIÓN	Código: FOGD-11
		Versión: 2
		Fecha de Emisión: Octubre 2023
		Página: 1 de 4

LUGAR	Virtual: reunión por Google Meet	ACTA No.	01
FECHA	20 de febrero de 2025	HORA INICIO	09:00 h
		HORA FIN	09:44 h
REUNIÓN ORDINARIA	<input checked="" type="checkbox"/>	REUNIÓN EXTRAORDINARIA	

CONVOCADOS / ASISTENTES		ASISTIÓ	
NOMBRE	CARGO / ROL	SI	NO
Olga Lucía Vásquez Morales	Coordinadora de Salud Pública Secretaría de Salud de Fusagasugá.	X	
Gabriela Campos	Epidemióloga Secretaría de Salud de Fusagasugá.	X	
Laura Julieth Daza Moreno	Tesista UCMC	X	
Didier Javier Lugo Cohetato	Tesista UCMC	X	
Luna Valentina Villarraga Montañez	Tesista UCMC	X	
Carlos Humberto Murcia Ramírez	Docente con horas para actividades de gestión y articulación de la investigación - Enlace de investigación.	X	


OBJETIVO
Analizar y conceptuar sobre los puntos del orden del día a la luz de la normatividad y procedimientos institucionales.

ORDEN DEL DÍA
1) Verificación de quórum. 2) Exposición ejecutiva del proyecto.

DESARROLLO DE LA REUNIÓN
<p>1) Verificación del quórum.</p> <p>Se verificó el quórum de los delegados de la Secretaría de Salud de Fusagasugá y de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Se contó con la participación de todos los citados por lo cual se procedió con la consideración del orden del día.</p> <p>2) Exposición ejecutiva del proyecto.</p> <p>Una vez confirmada la asistencia de los participantes citados de ambas instituciones, se procedió con la presentación del proyecto de investigación, la cual incluyó la exposición de los siguientes aspectos clave:</p>

Elaboró / Actualizó	Revisó	Aprobó
Profesional SISGEC	Profesional SISGEC	Jefe OAC
ÉTICA octubre 2023	Octubre 2023	Octubre 2023

- SERVICIO - SABER

 UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA	ACTA DE REUNIÓN	Código: FOGD-11
		Versión: 2
		Fecha de Emisión: Octubre 2023
		Página: 2 de 4

Objetivos del proyecto: Se detalló el propósito central del estudio, enfocado en la evaluación de la eficacia de diferentes productos larvicidas en el control del vector *Aedes aegypti*, considerando su impacto en la salud pública y la relevancia de su aplicación en contextos agroindustriales, domésticos y sanitarios.

Metodología de trabajo: Se explicaron los enfoques metodológicos que guiarán el desarrollo del estudio, incluyendo:

- o La identificación de zonas estratégicas para la recolección de larvas de *Aedes aegypti*.
- o La implementación de bioensayos para determinar la actividad entomopatógena de los productos evaluados.
- o La ejecución de encuestas de conocimientos, actitudes y prácticas (CAP) en comunidades seleccionadas.

Importancia de la articulación interinstitucional: Se enfatizó la necesidad de fortalecer el trabajo conjunto entre la academia y las entidades gubernamentales en el contexto del manejo integrado de vectores, especialmente ante la actual situación epidemiológica de las arbovirosis, con especial énfasis en el dengue, dado su incremento en el municipio, según sus evidencias epidemiológicas.

Solicitudes y compromisos interinstitucionales: Se discutieron las necesidades logísticas y operativas para la ejecución del estudio, acordando lo siguiente:

- o Acompañamiento de la Secretaría de Salud de Fusagasugá en el trabajo de campo, contando con 5 funcionarios de la Secretaría de Salud, particularmente para el apoyo en la recolección de larvas y la aplicación de encuestas CAP en la comunidad.
- o Participación activa de los tesisistas de la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca, quienes desarrollarán las actividades de investigación en campo y laboratorio, bajo la supervisión de sus tutores académicos.
- o Seguimiento y monitoreo conjunto del avance del proyecto, con reuniones periódicas para evaluar resultados parciales y ajustar estrategias de intervención.
- o Fortalecimiento de alianzas estratégicas entre ambas instituciones para la consolidación de futuras investigaciones y acciones en salud pública orientadas al control de vectores.


Compromisos por parte de los tesisistas y tutores:

Fortalecer la línea de gestión del conocimiento en el marco del Enfoque de Gestión Integrada (EGI) en Fusagasugá.

Diseñar y aplicar una encuesta CAP como insumo de línea base para la formulación de estrategias efectivas de promoción y prevención en salud pública en el municipio de Fusagasugá.

Elaboró / Actualizó	Revisó	Aprobó
Profesional SISGEC	Profesional SISGEC	Jefe OAC
ÉTICA octubre 2023	Octubre 2023	Octubre 2023

– SERVICIO – SABER

 UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA	ACTA DE REUNIÓN	Código: FOGD-11
		Versión: 2
		Fecha de Emisión: Octubre 2023
		Página: 3 de 4

Sensibilizar a la comunidad priorizada sobre medidas de promoción y prevención del dengue (DENV), alineado con la Circular 002 de 2023 del Ministerio de Salud y Protección Social (MSPS).

Diseñar e implementar una estrategia IEC (Información, Educación y Comunicación) enfocada en:

- Reconocimiento del vector: Identificación de *Aedes aegypti* y sus criaderos.
- Severidad de la enfermedad: Signos de alarma y criterios de atención oportuna.
- Comunicación de riesgo: Socialización de planes de contingencia y respuesta ante brotes.

Conclusiones

Como resultado de la reunión, se establecieron líneas de acción claras para la ejecución del proyecto, destacando la cooperación entre la Secretaría de Salud de Fusagasugá y la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca en el marco de la vigilancia y control de *Aedes aegypti*. Se resaltó la importancia de continuar promoviendo espacios de articulación interinstitucional que permitan generar evidencia científica aplicable a la gestión de salud pública en el territorio.

Siendo las (hora de finalización), se da por concluida la reunión, dejando constancia de los compromisos adquiridos por ambas partes en el presente documento.

Siendo las 09:44 horas, termina la sesión.


COMPROMISOS O ACUERDOS			
No.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	FECHA
1	Envío de la presente acta a la Secretaría de Salud de Fusagasugá	Carlos Murcia	24 al 28 de febrero



ANEXOS	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>	(Relacionar anexos)
Presentación, encuesta CAP y formato de consentimiento informado.					

FIRMA	<i>Carlos Murcia.</i>	FIRMA	<i>Didier Javier Lugo Cohetato</i> CC: 1014278240
NOMBRE	Carlos Humberto Murcia Ramírez	NOMBRE	Didier Javier Lugo Cohetato
CARGO	Docente Tutor	CARGO	Estudiante Investigador (Tesisista)

Elaboró / Actualizó	Revisó	Aprobó
Profesional SIGGEC	Profesional SIGGEC	Jefe OAC
ÉTICA octubre 2023	Octubre 2023	Octubre 2023

– SERVICIO – SABER

 UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA	ACTA DE REUNIÓN	Código: FOGD-11
		Versión: 2
		Fecha de Emisión: Octubre 2023
		Página: 4 de 4

FIRMA		FIRMA	
NOMBRE	Laura Julieth Daza Moreno	NOMBRE	Luna Valentina Villarraga Montañez
CARGO	Estudiante Investigador (Tesisista)	CARGO	Estudiante Investigador (Tesisista)

ACTA ELABORADA POR	Carlos Murcia. Docente con funciones de Enlace de Investigación. VoBo. Mauricio Humberto Rodríguez Panduro. Coordinador Modalidades de Grado UCMC
---------------------------	--

Elaboró / Actualizó	Revisó	Aprobó
Profesional SISGEC	Profesional SISGEC	Jefe OAC
ÉTICA octubre 2023	Octubre 2023	Octubre 2023

- SERVICIO - SABER

ANEXO N°. 12. ESTRATEGIA IEC IMPLEMENTADA EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ - CALENDARIO

PROTEGE TU SALUD PROTÉGETE DE LAS ARBOVIROSIS

Aedes aegypti
Mosquito transmisor de virus causantes de enfermedades

Patas rayadas en blanco y negro

CICLO DE VIDA

Huevo
Larva
Pupa
Adulto

RECONOCE LOS SÍNTOMAS

DENGUE

- Fiebre mayor a 41 °C
- Dolor de cabeza intenso
- Dolor en ojos y articulaciones
- Fatiga y erupciones cutáneas
- Nauseas y vómitos

CHIKUNGUNYA

- Fiebre leve
- Conjuntivitis sin secreción
- Erupciones cutáneas.
- Dolor muscular leve
- Malestar general

ZIKA

- Piel y ojos amarillos (ictericia)
- Fiebre alta
- Malestar general
- Cansancio

FIEBRE AMARILLA

2025

SI EL MOSQUITO NO NACE, LA ENFERMEDAD NO APARECE

Realiza limpieza semanal de tanques, elimina llantas y sitios de cría del mosquito

¿CUÁNDO ACUDIR AL HOSPITAL?

- Dolor abdominal intenso
- Sangrados (nariz, encías, vómito o heces negras)

- Dificultad para respirar
- Somnolencia extrema
- Piel fría, sudoración excesiva

ENERO							FEBRERO							MARZO							ABRIL																				
DOM	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DOM	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DO	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DO	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA														
			1	2	3	4							1												1				1	2	3	4	5								
5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12														
12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19														
19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26														
26	27	28	29	30	31		23	24	25	26	27	28		23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30																	
														30	31																										
MAYO							JUNIO							JULIO							AGOSTO																				
DOM	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DOM	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DO	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DO	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA														
			1	2	3		1	2	3	4	5	6	7							1	2	3	4	5							1	2									
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9														
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16														
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23														
25	26	27	28	29	30	31	29	30						27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30														
																											31														
SEPTIEMBRE							OCTUBRE							NOVIEMBRE							DICIEMBRE																				
DOM	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DOM	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DO	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA	DO	LU	MAR	MIE	JUE	VIE	SA														
			1	2	3	4	5	6				1	2	3	4								1	2	3	4	5	6								1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8	7	8	9	10	11	12	13														
14	15	16	17	18	19	20	12	13	14	15	16	17	18	9	10	11	12	13	14	15	14	15	16	17	18	19	20														
21	22	23	24	25	26	27	19	20	21	22	23	24	25	16	17	18	19	20	21	22	21	22	23	24	25	26	27														
28	29	30					26	27	28	29	30	31	23	24	25	26	27	28	29	28	29	30	31																		
														30																											

Realiza limpieza de tanques y albercas

Lo que no usas, el mosquito lo aprovecha. ¡Deséchalo!