



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

**“Efectos de la exposición a dosis subletales de larvicidas en
características de historia de vida de *Aedes aegypti* Linnaeus 1762
(Diptera: Culicidae)”**

TESIS PROFESIONAL POR ETAPAS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**B I O L O G O
P R E S E N T A:**

Luis Alexis Cabrera Ayllón

Director de Tesis:

M. EN C. CASSANDRA GONZÁLEZ ACOSTA

Codirector:

DR. MIGUEL ÁNGEL MORENO GARCÍA

Cuernavaca, Morelos

Mayo, 2023

Agradecimientos

A mis padres, Marcelina Ayllón Vázquez y Tomas Cabrera Peralta por todo su gran apoyo, amor, cariño, consejos y comprensión, pude lograr un sueño más que tanto anhelaba, así como a dar pasos firmes en mi vida. Este logro no solo es mío, si no de ustedes también.

A mi hermana Estefanía Cabrera Ayllón que también fue parta para que todo esto se lograra, escuchándome, comprendiéndome y dándome sus palabras y consejos cuando las cosas no iban bien a lo largo de mi carrera.

A mis abuelos Luisa Peralta Toledo y Filemón Cabrera Beltrán que siempre me daban sus sabios consejos de la vida para que yo no me diera por vencido y lograra todas mis metas. Así como a mi abuelito Joaquín Ayllón Álvarez que, aunque no está ya conmigo en este momento tan especial, se que me esta viendo muy contento y orgulloso por haber culminado esta etapa.

A mi hermosa novia, confidente amiga y compañera, Griselda García Avilés que siempre estuvo conmigo comprendiéndome y apoyándome en esta difícil etapa, así como acompañándome en los buenos momentos como en los malos, esto también es parte tuyo, Te amo.

A mis tíos Edgar y Liz así como a mis primos Emmanuel y Montse por todas sus buenas palabras de apoyo que siempre me dieron y por su gran apoyo que me brindaron a lo largo de mi carrera.

A mis grandes amigos de toda la vida Nilsen, Omar, José Alberto y Gabriel ustedes son y seguirán siendo parte muy importante de todos los logros de mi vida. Gracias por todo su apoyo a lo largo de esta etapa, por sacarme una sonrisa en esos momentos de estrés y hacerme pasar ratos increíbles. Los quiero mucho.

A mi amiga del alma Chelita que sin pensarlo estuvimos en todos los semestres de la carrera juntos. En donde nos apoyamos siempre el uno al otro y aunque a lo largo de la carrera se encargaba de molestarme y sacarme de quicio siempre perduro nuestra gran amistad.

A mis hermanitos de carrera y fiesta Donald, Chelita, Karina, Janeth y Marbella con los que pase momentos increíbles en esta hermosa etapa, como no recordar cada uno de ellos. Grandes amigos que me dio la universidad agradezco mucho el haberlos conocido, ustedes hicieron de la Universidad algo increíble, espero y nuestra amistad dure por siempre, los quiero mucho.

A mi tutor de carrera Juan Alberto Hernández Arias que siempre estuvo al pendiente de mi etapa académica, apoyándome, ayudándome y dándome consejos para que mi proceso en la universidad fuera más fácil.

A mis amigos de laboratorio Ibeth, Yuriko, Don polo y Andrés que en las buenas, malas y peores estuvieron conmigo apoyándome y capacitándome para que mis experimentos y formación como profesional fuera la mejor. Así como su comprensión brindada. Se que esos consejos y regaños fueron para bien, los aprecio bastante.

A mis compañeros de laboratorio Ismael, Enrique, Lucino y Paola por todo su apoyo durante mi estancia en el laboratorio.

De manera muy especial dedico esta tesis a mis directores de Tesis:

Maestra Casandra González Acosta y El Dr. Miguel Ángel Moreno García por la gran confianza que me dieron desde el primer día y por todo su apoyo incondicional que me brindaron. Gracias por todo sus aprendizajes, capacitación y sabios consejos. Agradezco también la exigencia, responsabilidad que pusieron en mi formación profesional. Esto también es de ustedes. Los aprecio como no tienen idea.

A mis sinodales:

M. en C. María Luis Castrejón Godínez

M en C. Verónica Chávez López

Dr. Walter Eduardo Quezada Yaguachi

Por sus comentarios, correcciones y sugerencias en mi tesis y seminarios.

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1 Enfermedades transmitidas por vector	3
1.2 Enfermedad por Dengue	4
1.2.1 Chikungunya.....	6
1.2.3 Zika	6
1.3 Vectores artrópodos. Mosquitos.....	7
2. <i>Aedes aegypti</i>	8
2.1 Ciclo de vida	8
2.1.1 Huevecillos	9
2.1.2 Larvas	10
2.1.3 Pupa	11
.....	11
2.1.4 Adulto.....	11
2.2 Hábitats	13
2.3 Distribución	13
3. Control de Vectores.....	14
3.1 Tipos de insecticidas.....	15
3.1.1 Insecticidas sintéticos.....	15
3.1.2 Productos biorracionales.....	16
3.2 Resistencia a insecticidas.....	17
3.3 Dosis subletales	18
4. ANTECEDENTES	20
4.1 Efecto subletal de insecticidas sinteticos	20
4.2 Efecto subletal de insecticidas naturales o biorracionales	21
5. JUSTIFICACIÓN	22
6. HIPÓTESIS.....	22
7. OBJETIVOS.....	22
7.1 General.....	22

7.2 Particulares	23
8. MATERIALES Y MÉTODOS	24
8.1. Sitio de estudio.....	24
8.2. Material.....	24
8.2.1 Eclosión de huevecillos y desarrollo de fases inmaduras	24
8.2.2 Adultos	25
8.2.3 Insecticidas.....	25
8.3 Determinación de dosis subletales.....	26
8.3.1 Exposición a dosis subletales.....	26
8.4 Análisis estadísticos.....	28
9. RESULTADOS	29
9. 1 Determinación de las dosis subletales.....	29
9.2 Exposición a dosis subletales. Proporción de pupas por tratamiento	30
9.3 Éxito de emergencia a adulto.	31
9.4 Proporción de sexos	32
9.5 Proporción de hembras que produjeron huevecillos	33
9.6 Producción de huevos	34
10. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
11. Conclusiones	39
12. Recomendaciones	39
13. REFERENCIAS.....	40
14. APÉNDICES.....	51

RESUMEN

El dengue es una enfermedad viral que ha aumentado en las últimas décadas. El virus dengue es transmitido a través de la picadura *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*. La eliminación de larvas *A. aegypti* se realiza comúnmente con insecticidas sintéticos y biorracionales. En condiciones de campo, las dosis de larvicidas con efecto residual disminuyen gradualmente con el paso del tiempo. Esto podría estar generando que el larvicida ya no induzca la mortalidad esperada. Sin embargo, estas dosis subletales aún podrían estar teniendo un impacto negativo sobre la biología de los insectos blancos.

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos en rasgos de historia de vida de *A. aegypti* asociados a la exposición subletal de insecticidas residuales biorracionales Spinosad y BTI y sintéticos (Temefos) durante el estadio larval. Se realizaron bioensayos con larvas del cuarto estadio expuestas a dosis subletales de estos larvicidas. A los organismos expuestos se le cuantificó características asociadas a la supervivencia en (larva, pupa y adulto) y su reproducción.

Se observó una disminución en la proporción de larvas expuestas a dosis subletales de larvicidas que llegaron a pupa y una disminución en el número de huevos producidos por cada larva hembra expuesta a dosis subletales de Temefos y Spinosad. Los resultados indican que a pesar de que los larvicidas no inducen mortalidad sí podrían tener un impacto positivo en el control, al disminuir la densidad poblacional de *A. aegypti*.

INTRODUCCIÓN

El virus dengue causante de la enfermedad, es transmitido a través de la picadura de las hembras de los mosquitos del género *Aedes*, principalmente *Aedes (Stegomyia) aegypti* Linnaeus 1762 y *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894). *A. aegypti* se considera la más relevante por su amplia distribución, y por tener la capacidad de ser vector de un gran número de enfermedades arbovirales al hombre en ciclos urbanos, como el dengue, chikungunya, Zika, Fiebre amarilla, entre otras.

El dengue se ha convertido en un gran problema de salud pública, siendo en la actualidad la enfermedad transmitida por vectores más frecuente en el mundo. En los años 70 solamente se detectaban epidemias en siete países, mientras que, según la Organización Mundial de la Salud, la infección hoy es endémica en más de 100 países y se encuentra presente en todos los continentes.

En México y Morelos, en los últimos 10 años se ha visto un incremento en el número de casos a pesar de los esfuerzos de prevención y control del vector por parte de los programas estatales. Es por esto que se requiere del reforzamiento integral de estrategias intensivas de vigilancia y control entorno del vector. El combate de larvas y adultos en estos insectos se realiza comúnmente a través de varias estrategias donde se incluye el uso de insecticidas, ya sean biorracionales o sintéticos, sin embargo, estos últimos pueden tener alto impacto ambiental.

Los insecticidas biorracionales para el control de mosquitos son novedosos y son más amigables con el ambiente. En condiciones de campo las dosis de insecticidas con efecto residual pueden ir disminuyendo y esto podría estar generando que el producto ya no elimine a los organismos. Sin embargo, estas dosis subletales aún podrían estar teniendo un impacto negativo sobre los insectos.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Enfermedades transmitidas por vector

Las enfermedades de transmisión vectorial (ETV) constituyen un problema de salud pública, causadas por parásitos, bacterias o virus (OMS, 2022). De acuerdo con la OMS seis de las siete enfermedades tropicales más importantes en el mundo, paludismo, dengue, enfermedad de Chagas, leishmaniasis, filariasis y esquistosomiasis, son las que tienen mayor impacto socioeconómico (DGE, 2020). Estas ETVs causan a nivel mundial aproximadamente más del 17% de todas las enfermedades infecciosas y cada año provocan más de 700,000 muertes. La mayor carga de estas enfermedades, que afectan de forma desproporcionada a las poblaciones más pobres, se encuentra en zonas tropicales y subtropicales (OMS, 2020).

En México, las ETV que generan una mayor importancia por su magnitud, trascendencia y vulnerabilidad son: paludismo o malaria, dengue, fiebre chikungunya, fiebre Zika y recientemente rickettsiosis (DGE, 2020). La mayoría de los vectores son artrópodos hematófagos como los mosquitos, garrapatas, moscas, flebótomos, pulgas, triatominos, entre otros. El Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de enfermedades (CENAPRECE) y los Servicios de Salud Estatales han mantenido exitosos programas de vigilancia, prevención y control de poblaciones de vectores en el país. Esto alineado a las normas nacionales e internacionales, así como estrategias innovadoras de control biológico y genéticas (González *et al.*, 2020).

El dengue, Zika y chikungunya, desde hace algunos años han sido reconocidas como las arbovirosis (enfermedades producidas por arbovirus; del inglés arthropod-borne virus) que generan un gran problema de salud pública a nivel mundial (OPS, 2019). Esto debido a la diversidad de factores como: el cambio climático, el aumento de la población mundial en áreas urbanas de ocurrencia rápida y desorganizada.

En la Región de las Américas, entre las semanas epidemiológicas 1 y la 52 del año 2022, se notificaron un total de 3,112,753 casos de enfermedad por arbovirus. De estos, 2,803,870 (90.1%)

fueron casos de dengue, 271,159 (8.7%) casos de chikungunya, y 37,724 (1.2%) fueron casos de Zika (OPS, 2022).

1.2 Enfermedad por Dengue

La arbovirosis con mayor presencia mundial es el dengue. Para esta arbovirosis existen distintos serotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 y DEN-4, que se han dispersado rápidamente, esto debido al movimiento poblacional desde zonas endémicas hacia las zonas sin presencia; lo que ha contribuido con el aumento explosivo de esta enfermedad (OMS, 2022). Debido a su alta morbilidad y extensión, la OMS estima que hay entre 100 y 400 millones de infecciones cada año y miles de muertes, y el 40% de toda la población mundial (2,500 millones de personas) tiene el riesgo de contraer esta enfermedad (OMS, 2022). Se conoce que es endémica en al menos 100 países, en los que se encuentran los continentes de Asia, islas del Pacífico, América, islas del Caribe y África, que regularmente se presenta en zonas entre los trópicos y asociados a climas tropicales (SINAVE, 2009).

A la semana epidemiológica (SE) 52 del 2022, el mayor número de casos de dengue en la Región lo han reportado los siguientes países: Brasil con 2,363,490 casos (84.3%), Nicaragua con 97,541 casos (3.5%), Perú con 72,851 casos (2.6%), Colombia con 69,497 casos (2.5%), y México con 59,918 casos (2.1%) (OPS, 2022).

Presentando el mayor número de casos de dengue grave lo notificaron los siguientes países: Brasil con 1,450 casos (31.6%), Colombia con 1,371 casos (29.9%), Honduras con 434 casos (9.5%), México con 410 casos (8.9%), y República Dominicana con 270 casos (5.9%) (OPS, 2022). En México el total de casos confirmados en el 2022 fue de 12,671 casos. Teniendo el 57% de los casos confirmados en los estados de Sonora, Veracruz, Estado de México, Tabasco y Chiapas. (SS, 2022).

Desde el 2009, la OMS (2010) ha reclasificado al dengue como: dengue con o sin signos de alarma, y dengue grave. El dengue sin signos de alarma puede manifestarse como un síndrome febril inespecífico con fiebre alta y repentina con duración de 2 a 7 días. Puede ocasionar enrojecimiento facial, eritema, dolor corporal generalizado, mialgias, artralgias, cefalea y dolor retro-ocular. Los pacientes que empeoran con la caída de la fiebre y estos síntomas son casos de dengue con signos

de alarma. El dengue con signos de alarma es cuando el paciente puede presentar: dolor abdominal intenso y continuo, vómito persistente, acumulación de líquidos, sangrado de mucosas, hemorrágicas menores como petequias y equimosis en la piel, deshidratación, alteración del estado de conciencia, hepatomegalia y aumento progresivo del hematocrito. En el dengue grave, se define de uno o varios síntomas como: extravasación de plasma; hemorragias graves, compromiso serio de órganos como hígado o corazón, acumulación de líquido con dificultad respiratoria, o ambas (OMS, 2010).

En México, el dengue es la ETV que más afecta a la población, tanto el virus como *A. aegypti* los podemos encontrar de manera endémica en 30 de los Estados de la República Mexicana (con excepción de Tlaxcala y Ciudad de México) (Mejía-Guevara *et al.*, 2020). Los primeros reportes de dengue se registraron en 1941, cuando se notificaron 6,955 casos en toda la república (Muñoz, 1995). Posteriormente se reportaron pocos casos, hasta su eliminación en 1963 gracias a la campaña de erradicación de *Aedes spp.* que mantuvo al dengue ausente durante 12 años. Sin embargo, en 1978 la enfermedad se reintrodujo con un incremento de casos a partir de 1980, convirtiendo el dengue en uno de los problemas actuales más importantes de salud pública (Muñoz, 1995). El territorio nacional presenta una fuerte tasa de transmisión permanente o estacional en localidades urbanas y rurales. Se estima que en 25 estados hay transmisión intensa, sobresaliendo todas las entidades ubicadas en las costas del golfo de México, Nuevo León, Coahuila, San Luis Potosí, Puebla, Morelos e Hidalgo, también las del Pacífico con excepción de Baja California y parte de la altiplanicie (De la Fuente, 2001). En 1983, en el estado de Morelos se notificaron casos de fiebre por dengue (FD) y registró su primer brote en 1998. En 2006 se presentó un segundo brote, con 2,784 casos confirmados, de los cuales el 97% ocurrió en el sur y el oriente del Estado afectando, entre otros, al municipio de Tlaquiltenango (SSM, 2008). En el periodo de los años 2000 al 2006 se reportaron alrededor de 89,088 casos de dengue de los cuales 15,866 fueron de fiebre hemorrágica por dengue (SS, 2011). El brote con mayor magnitud se presentó en el 2019; registrando en la plataforma oficial del Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE) 10,828 casos probables de dengue, confirmándose 1,420 casos, llevando a ser el año epidémico de mayor importancia durante los últimos diez años, con 27 defunciones y letalidad de 2.55% por arriba de la media nacional para ese año (DGE, 2020).

1.2.1 Chikungunya

El chikungunya es una enfermedad vírica transmitida a los seres humanos por mosquitos infectados con el virus chikungunya. Los mosquitos implicados son *A. aegypti* y *A. albopictus*. La enfermedad fue descrita por primera vez durante un brote en el sur de Tanzania en 1952, y actualmente se la ha identificado en Asia, África, Europa y, desde finales de 2013, en las Américas (OPS, 2022).

Entre la semana epidemiológica 1 y la SE 52 del 2022, se notificaron un total de 271159 casos de chikungunya en 13 de los 52 países y territorios de la Región de las Américas, de los cuales 138438 fueron confirmados (51.1%). La incidencia regional acumulada de chikungunya en el 2022 fue de 27.31 casos por 100.000 habitantes. El mayor número de casos de chikungunya en la Región ha sido reportado por Brasil, con 265,289 casos, lo cual representa (97.8%) del total de casos de la región. Paraguay le sigue en el recuento de casos con 2,443 casos (0.9%), seguido por Guatemala con 2,086 casos (0.8%), Perú con 595 casos (0.2%), y Bolivia con 232 casos (0.1%) (OPS, 2022).

1.2.3 Zika

La fiebre del Zika es una enfermedad viral transmitida por mosquitos del género *Aedes* causada por el virus Zika (ZIKV), y que consiste en fiebre leve, sarpullido (principalmente maculo-papular), dolor de cabeza, dolor en las articulaciones, dolor muscular, malestar general y conjuntivitis no purulenta que ocurre entre 2 a 7 días después de la picadura del mosquito vector (OPS, 2022).

Una de cada cuatro personas infectadas puede desarrollar síntomas, pero en quienes sí son afectados la enfermedad es usualmente leve, con síntomas que pueden durar entre 2 y 7 días. La apariencia clínica es muchas veces similar a la del dengue (OPS, 2022).

Entre la SE 1 y la SE 52 del 2022, se notificaron un total de 37,724 casos de Zika en la Región de América. en 14 de 52 países y territorios. Desde su primera detección en Brasil en marzo de 2014, Se ha confirmado la transmisión local del Zika en todos los países y territorios de las Américas, excepto por Chile, Uruguay, y Canadá. El mayor número de casos de Zika en la Región se registró en los siguientes países: Brasil con 34,176 casos (90.6%), Guatemala con 1,815 casos (4.8%), Paraguay

con 1,094 casos (2.9%), Bolivia con 173 casos (0.5 %), y El Salvador con 171 casos (0.5%) de los casos de la región (OPS, 2022).

1.3 Vectores artrópodos. Mosquitos

La mayoría de los vectores son artrópodos hematófagos como garrapatas, moscas, flebótomos, pulgas, triatominos, siendo los mosquitos los de mayor preocupación en la actualidad. En el mundo existen alrededor de 3,500 especies de mosquitos (Amaro *et al.*, 2021), aunque no todas están involucradas en la transmisión de patógenos. Entre los vectores, los mosquitos de los géneros *Aedes*, *Anopheles*, *Culex* y *Haemagogus* (Amaro *et al.*, 2021), son los más importantes, ya que pueden transmitir una gran cantidad de parásitos y virus.

Se estima que existen entre 100 y 400 millones de infecciones cada año y miles de muertes en más de 100 países por patógenos transmitidos por mosquitos (OMS, 2021). También destaca que el paludismo en la última década ha presentado un incremento muy marcado, en 2019, se estima que hubo 229 millones de casos de paludismo y 409,000 muertes por esta enfermedad en 87 países. Los niños menores de cinco años de África subsahariana siguieron representando aproximadamente dos tercios de las muertes mundiales por paludismo. En la Región de África, la OMS registró el 94% de todos los casos y muertes por paludismo en el mundo en 2019. (OMS, 2021). Desde 2013, grandes brotes de dengue, paludismo, fiebre chikungunya, fiebre amarilla y enfermedad por el virus de Zika han afectado a diferentes poblaciones, cobrándose vidas y abrumando los sistemas de salud en muchos países (OMS, 2020).

Las especies *A. aegypti* y *A. albopictus* son transmisoras del virus Dengue (DENV), el virus Zika (ZIKV) y el virus Chikungunya (CHIKV), principalmente, aunque también pueden transmitir el virus de la Fiebre Amarilla (YFV) o el virus Mayaro (MAYV), entre otros (Pando *et al.*, 2020). *Aedes aegypti* representa en la actualidad la mayor problemática de salud pública por transmisión de arbovirosis en el mundo, ya que, según datos reportados por la OMS, alrededor de la mitad de la población mundial corre el riesgo de contraer dengue (OMS, 2021).

2. *Aedes aegypti*

Aedes aegypti pertenece a la Orden Diptera, Suborden Nematóceras, familia Culicidae, tribu Culicini, género *Aedes* y subgénero *Stegomyia*, es de origen africano, de donde se dispersó a diversas partes del mundo. Se presume que las formas inmaduras muy probablemente fueron introducidas en barriles de agua de los barcos durante las primeras exploraciones y colonizaciones europeas (Thiri6n, 2003), presenta una amplia distribuci6n en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, limitada por las latitudes 35° norte y 35° sur. Con respecto a su distribuci6n altitudinal, por lo general se ha encontrado hasta 1,700 m.s.n.m., aunque que se ha registrado un promedio entre 1,700 a 2,130 m.s.n.m. (Lozano et al., 2012).

En el a6o 1900, *A. aegypti* fue implicado biol6gicamente en la transmisi6n del virus de la fiebre amarilla y en 1903 en la transmisi6n del virus del dengue (Philip y Rozenboom, 1973). Se distribuye por casi todo el mundo y es considerado el vector principal de algunas arbovirosis a nivel mundial. *Aedes aegypti* es antropofílico, m6s a6n, el h6bito de realizar m6s de una alimentaci6n de sangre durante su ciclo gonotr6fico incrementa su capacidad vectorial (Platt *et al.*, 1997; Lambrechts y Failoux, 2012). Tiene la capacidad de proliferar en recipientes artificiales o naturales que contengan agua limpia, los contenedores artificiales com6nmente se encuentran en las viviendas o en sus alrededores. Solamente las hembras son hemat6fagas; se alimentan de sangre humana o de animales dom6sticos, esta sangre es necesaria para la maduraci6n de sus 6vulos. Tal y como la mayoría de los insectos hemat6fagos vectores de enfermedades, *A. aegypti* es capaz de ingerir, incubar y transmitir distintos pat6genos despu6s de haberse alimentado con sangre infectada.

2.1 Ciclo de vida

Aedes aegypti tiene metamorfosis completa (holomet6bolo), presentado dos fases: la primera es la fase acu6tica donde se encuentra los huevecillos, larvas (constituidas por cuatro estadios) la pupa y finalmente la fase voladora con el estadio adulto. En general, el periodo acu6tico tiene una duraci6n promedio aproximada de siete a 10 días, pero puede prolongarse a m6s del doble de tiempo, esto se da cuando la temperatura disminuye o los alimentos son escasos, o bien reducirse hasta cinco días cuando hay alimento y la temperatura oscila entre los 25 y 34°C (Nelson, 1986, Marinho *et al.*, 2016). La segunda fase es la a6rea, donde podemos ver el adulto o imago que es el mosquito (macho y/o hembra) (Bates, 1970; Kettle, 1993).

La cantidad de huevecillos que pueden producir las hembras por cada ovipostura está directamente relacionada con el volumen de sangre que ingirieren en cada alimentación, aproximadamente 72 horas o menos son necesarias para que los ovocitos estén listos para fecundarse, la hembra grávida busca un sitio con agua en donde pueda poner los huevecillos, y así cerrar el ciclo de vida. La hembra puede colocar un mínimo de 20 y un máximo de hasta 120 huevos en contenedores con agua dependiendo de la temperatura (Wigglesworth, 1972; Costa *et al.*, 2010).

2.1.1 Huevecillos

La fecundación ocurre al momento de la postura del huevo (Figura 1). Debido a que los espermatozoides en la hembra se almacenan inmediatamente después de ocurrir la cópula en una estructura llamada espermateca (Nelson, 1986). El óvulo al pasar por el oviducto al nivel de esta estructura se fusionará con un espermatozoide dando inicio el desarrollo embrionario que tendrá una duración alrededor de 48 horas esto dependiendo de las condiciones climáticas en las que se encuentre el medio, es muy importante que se lleve a cabo la embriogénesis de los huevecillos para que estos sean viables (Nelson, 1986).



Figura 1. Huevos de mosquito *Aedes aegypti* U.B.
CERECOVE Panchimalco, 2021

El embrión puede entrar en el proceso de diapausa, el cual consiste en que los huevecillos se mantengan viables hasta cierto tiempo en condiciones óptimas durante un año, esto debido a la resistencia que le da el corion (Mundim-Pombo *et al.*, 2021). Una vez que entra en contacto con el agua, se reinicia su desarrollo hasta formar el estadio de larva (Nelson, 1986). Los huevecillos son depositados por la hembra uno por uno en sustratos que presentan humedad, y que por lo general

mantienen un constante contacto con el agua, lo que permite que estos eclosionen (Thirion, 2003). Son de aproximadamente de 1mm de ancho, de color blanco al momento de oviponer para posteriormente volverse de color oscuro (Thirion, 2003; Mundim-Pombo *et al.*, 2021).

2.1.2 Larvas

A partir del momento de la eclosión del huevecillo, el tiempo de desarrollo de larva de fase 1 a fase 4 puede ser de un lapso de 5 a 7 días (Figura 2). Esto en condiciones óptimas de temperatura, disponibilidad de alimento y densidad de individuos en que se encuentran en criaderos. Se alimentan de protozoarios de vida libre y microalgas, que se encuentran disponibles en agua y las paredes de los criaderos, esto para poderse llevar a cabo todas las fases larvales (Thirion, 2003)



Figura 2. Fases larvales *Aedes aegypti* U.B. CERECOVE Panchimalco, 2021

La larva se ve dividida en tres partes: cabeza, tórax y abdomen, es similar a larvas de otros mosquitos por tener cabeza y tórax ovoide, el abdomen consta de nueve segmentos. El segmento posterior anal presenta cuatro branquias lobuladas para la regulación osmótica, al otro lado se encuentra el sifón con función de captar oxígeno atmosférico (Carvalho y Moreira, 2017). A simple vista muestran diferencia con otros géneros en algunas estructuras, como el sifón corto y ancho y con respecto a comportamientos como, posición de reposo con relación a la superficie del agua, que se puede apreciar casi vertical. El desplazamiento lo realiza con movimientos serpentinos o también en forma de un 8, muestran sensibilidad a los cambios bruscos de la intensidad de la luz, lo que ocasiona que las larvas se sumerjan al fondo del recipiente cuando son perturbadas o si se forma una sombra. Presenta dos espinas en forma de garra presentes en el tórax, una hilera recta de 7 a 12 escamas del peine, que se encuentran ubicadas en el octavo segmento abdominal (Nelson, 1986).

2.1.3 Pupa

La pupa es la última fase acuática donde ocurre la metamorfosis, no se alimenta y solamente se realiza el proceso de respiración (Figura 3). Esta fase se lleva a cabo en un periodo de dos días, después del lapso emergen los adultos (Carvalho y Moreira, 2017). En la base del abdomen presentan un par de remos o paletas natatorias que les sirven para desplazarse en el agua. Se distinguen de otros géneros por la forma de las de estructuras respiratorias en la base del tórax las que se denominan como “trompetas”, en esta especie son cortas de forma cilíndrica, que hacen contacto con la superficie del agua permitiéndole tomar oxígeno atmosférico. Son rápidas a estímulos como vibraciones y cambios en la intensidad de la luz, cuando es intensa se mantiene en el fondo en forma de protección (Thirion, 2003).



Figura 3. Fase de pupa *Aedes aegypti* UIEB CERECOVE
Panchimalco, 2021

2.1.4 Adulto

Al momento de emerger, el mosquito adulto se posa sobre la pared del criadero durante minutos para permitir el endurecimiento del exoesqueleto (Figura 4). A las 24 horas postemergencia ambos sexos se encuentran listos para realizar apareamiento, alrededor del 58% de las hembras son inseminadas antes de realizar su primera alimentación sanguínea, un 17% durante y el 25% es inseminada entre la segunda alimentación y la primera oviposición. Los machos pueden ser voladores solitarios, aunque es más común que lo hagan en pequeños grupos (Bates, 1970; Kettle, 1993). En esta fase aérea el adulto se puede apreciar de color negro, presenta anillos de color blanco en las articulaciones (tibia y fémur), con escamas blancas en la parte dorsal del tórax que asimilan a una “lira” (Andrew y Bar, 2013).

El cuerpo del adulto es pequeño, menor de 5 mm de longitud, los adultos del género *Aedes* y de otros culícidos se pueden distinguir por tener palpos más cortos y adoptar una posición más horizontal sobre la superficie donde reposan (Carvalho y Moreira, 2017). Se diferencian de la mayoría de los otros culícidos por la terminación aguda de su abdomen y por la ausencia de sedas espiraculares. *Aedes aegypti* es un mosquito oscuro con bandas blancas basales en los segmentos tarsales (Bates, 1970; Kettle, 1993).

La probocis de la hembra está adaptada para alimentarse de sangre de cualquier vertebrado, teniendo como preferencia la sangre humana. La ingesta de sangre para la hembra es necesaria para la maduración y viabilidad de sus huevos (Andrew y Bar, 2013; Carvalho y Moreira, 2017). Aunque no solamente la sangre es su alimentación, también pueden alimentarse del néctar de flores y frutos para la obtención de carbohidratos esto como complemento, que en los machos constituye su dieta principal ya que estos no son hematófagos. El dimorfismo sexual se ve notada en el macho por su menor tamaño, antenas plumosas y palpos maxilares más largos (Thirion, 2003).

Las picaduras ocurren principalmente en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde (crepúsculo). Durante la noche pueden picar con luz artificial y permanecer quietos en la oscuridad (Thirion, 2003). Para el descanso y para picar prefieren los lugares que presenten oscuridad y que mantengan cierta humedad. La hembra es más atraída por la piel sudorosa que por la seca ya que la temperatura es fundamental y por la exhalación de dióxido de carbono que desprende el cuerpo humano (Lacey *et al.*, 2014).



Figura 4. *Aedes aegypti* en fase adulta UIEB. CERECOVE
Panchimalco, 2021

2.2 Hábitats

Se le considera un mosquito doméstico ya que está fuertemente relacionado con el humano, se encuentra en áreas urbanas, suburbanas y ha colonizado rápidamente el medio rural. Los cuerpos de agua donde se realiza la fase acuática comúnmente son llamados criaderos generales, su producción se debe al hombre y se encuentran ubicados dentro o cerca de las casas (Thirion, 2002). En general todo recipiente capaz de contener agua, y con la presencia de larvas en estos, puede tomarse como un criadero. En realidad, la característica de los criaderos, dependen la presencia permanente o temporal de larvas (Thirion, 2002).

El tamaño de los criaderos puede variar, desde la tapa de un envase de plástico hasta una cisterna; también pueden ser artificiales (plástico, metal, madera y cemento) o naturales (axilas de árboles y plantas, o pequeños encharcamientos debidos a los accidentes del terreno) (Wilke *et al.*, 2020). La cantidad de agua es un factor muy importante para aumentar la probabilidad de que los recipientes puedan convertirse en criaderos de mosquitos; en este sentido, pueden convertirse en criaderos los almacenes de agua de uso doméstico (tinacos, pilas, tambos, bebederos de animales o floreros), almacenes temporales, tales como llantas de vehículos y demás recipientes sujetos a almacenar agua de manera premeditada, accidental o natural por efecto de la lluvia. Además, estos criaderos pueden encontrarse adentro o alrededor de las casas. A esto se debe, a que existan épocas en la variación de las densidades de población de mosquitos, paralelas a las fluctuaciones climáticas (Sivartnam *et al.*, 2022).

2.3 Distribución

Antes de 1970, solo nueve países habían sufrido epidemias de dengue grave. En la actualidad, la enfermedad es endémica en más de 100 países de las regiones de África, las Américas, el Mediterráneo Oriental, Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental (OMS, 2022). Los mosquitos en su origen se limitaban solamente a las regiones tropicales y subtropicales. No obstante, y debido a diferentes factores entre los cuales se destacan la globalización del comercio, el cambio climático, los viajes, etc. Avanzan en cuanto a distribución geográfica, extendiéndose cada vez más y ocupando hoy en día un gran territorio, fuera de sus lugares de origen. Esto hace un grave problema de salud. Las regiones más gravemente afectadas son las Américas, Asia Sudoriental y el Pacífico

Occidental; en Asia se concentra aproximadamente el 70% de la carga mundial de la enfermedad (OMS, 2022).

3. Control de Vectores

La mayor estrategia para controlar estos mosquitos vectores se ha enfocado en las premisas de los programas preventivos contra el Dengue dirigidos en el manejo integral de vectores (MIV). El MIV es un conjunto de conocimientos utilizados para entender la biología de artrópodos vectores y procedimientos de las actividades de control y/o eliminación (OPS, 2019). Dentro de este se encuentran el control físico, químico, mejoramiento del ambiente y promoción a la salud. El control físico, se basa en la eliminación de criaderos donde se pueda llevar a cabo el desarrollo del vector. El mejoramiento del ambiente a través de la “descacharrización” y uso de mosquiteros. La promoción a la salud se basa en la concientización y educación para el uso de protección personal contra la picadura del vector, mantener estrategias de ambientes limpios o libres de criaderos, y así para disminuir o evitar el riesgo del contacto vector-humano (DGPS, 2016).

El control químico ha sido la estrategia más utilizada contra mosquitos vectores. Se basa en la aplicación de productos sintéticos, semi-sintéticos o naturales para el control de fases inmaduras del vector en sitios donde el agua se acumule y se desarrolla; así como a través de fumigaciones espaciales (González-Acosta *et al.*, 2020). Las medidas rutinarias de reducción de fuentes de producción del mosquito pueden complementarse con la aplicación de larvicidas en los recipientes que sea difícil su retiro, cubrir, rellenar o tratar de algún otro modo. Los métodos que son más utilizados a la hora de aplicar insecticidas para el control de *A. aegypti* son: el tratamiento focal, el tratamiento perifocal y la aplicación espacial (Secretaría de Salud, 2011).

El control focal está limitado a los recipientes de uso doméstico que no se pueden destruir, eliminar o tratar de otro modo (tanques, tambos, cisternas, etc.). Tratamiento perifocal: con rociadores manuales o de motor se emplean para aplicar polvo humectable o preparaciones de concentrado emulsionable de insecticida en los recipientes y su vecindad (Secretaría de Salud, 2011). Aplicaciones espaciales; consiste en la aplicación de micro-gotas de insecticida en el aire para tratar de matar a los mosquitos adultos. En México, la metodología utilizada es el tratamiento focalizado,

esto con intención de ser más precisos en la aplicación, así como generar un ahorro en el uso del producto a utilizar (SS, 2011).

3.1 Tipos de insecticidas

3.1.1 Insecticidas sintéticos

Dentro de los insecticidas utilizados en los programas de control, se encuentran los insecticidas sintéticos, en específico los organoclorados (OCs), organofosforados (OFs), carbamatos (CAs) y piretroides (PIR) (Curtis, 1989; Gubler, 1989; OMS, 1997; Fernández, 2009).

Organoclorados. Los OC ejercen una acción neurotóxica modificando la función normal de los canales de sodio de la membrana neuronal, alterando la transmisión del impulso nervioso (Silver., *et al.* 1999). Los compuestos OCs son altamente estables, característica que los hace valioso por su acción residual contra insectos y a la vez peligrosos debido a su prolongado almacenamiento en la grasa de mamíferos y potencial efecto mutagénico (ej. DDT); razón por la cual se han restringido su utilidad y remplazados por OFs y CAs (Calva y Torres, 1998).

Organofosforados. Los OFs son un grupo de sustancias orgánicas derivadas de la estructura química del fósforo con gran capacidad de combatir plagas de insectos (Pullicino y Aquilina, 1989.) Estos insecticidas tienen la capacidad de afectar la comunicación que existe entre neuronas y tejidos musculares (transmisión nerviosa) inhibiendo de manera irreversible la acción de la enzima acetilcolinesterasa (Smegal, 2000). Esto genera una mayor cantidad de este neurotransmisor libre alterando la comunicación neuronal, y el insecto padecerá temblores, convulsiones, parálisis muscular y por último le ocasionará la muerte (Reiner, 1971). Uno de los principales insecticidas de este grupo utilizados para control de larvas de *A. aegypti*, es el larvicida Temefos.

Carbamatos. Los CAs son compuestos derivados del ácido carbámico, presentan una toxicidad y persistencia intermedia entre los OCs y OFs. Su forma de acción es similar al de los organofosforados, diferenciándose de éstos por ser reversible el complejo formado entre el enzima colinesterasa y el carbamato (Hill, 2013).

Piretroides. Los PIR se encuentran divididos en dos grupos (tipo I y tipo II) dependiendo a su composición, estructura y su toxicidad (Carrasco *et al.*, 2000). Los piretroides han sido sintetizados desde los años cincuenta del siglo pasado (Albert *et al.*, 1990) y han sido muy utilizados debido a su efecto letal y baja toxicidad para el ser humano, además de su buena estabilidad en el ambiente (Córdoba, 1991). El mecanismo de acción consiste en interferir las funciones del sistema nervioso central y periférico, y neuro-muscular (Silver *et al.*, 1999). Actúan directamente sobre las proteínas que conforman las bombas de transporte iónico de la membrana del axón, ocasionando una despolarización de la neurona (Haug y Hoffman, 1990). Causando una sobreexcitación de músculos con temblores y potencialmente la muerte del insecto.

3.1.2 Productos biorracionales

En México, se establece que las características que deben cumplir los insecticidas para su uso en el control de vectores en México, incluyendo *A. aegypti*, dependerá de la probada efectividad, sin presencia de resistencia y características de seguridad relacionadas con la exposición a un insecticida determinado (NOM-032-SSA2-2014. Diario Oficial de la Federación, México 2015). Los insecticidas biorracionales son productos naturales, sintéticos o semi-sintéticos que tienen un efecto larvicida, adulticida o interfieren con el desarrollo del insecto, son de muy baja toxicidad para organismos no blanco y se degradan rápidamente (Horowitz e Ishaaya, 2004; Eiras y Resende, 2009). Por estas razones, estos productos se han ajustado muy bien a las políticas de uso en México.

Varios productos incluyen el uso de agentes entomopatógenos, que son organismos que infectan al insecto y se reproducen en él hasta causarle la muerte. Por otra parte, las bacterias que más se emplean para el control de los mosquitos son *Bacillus thuringiensis* variedad *israelensis* (BTI) y *Lysinibacillus sphaericus* que reducen las poblaciones de mosquitos (OMS, 1982; Fernández, 2009). BTI tiene una acción larvicida, su principio activo es producido por la bacteria al sintetizar toxinas (Cry y Cyt) con propiedades insecticidas, que al ser ingeridas por las larvas forman poros en las membranas intestinales provocando desequilibrio osmótico hasta la muerte (Cabezas, 2005; Ayesa y Scott, 2006; CENAPRECE, 2020).

El Spinosad, es un larvicida de tipo microbiano, su principio activo está dado por la acción neurotóxica de metabolitos secundarios (espinosin A y espinosin D) producto de la fermentación de la bacteria *Saccharopolyspora spinosa*. Actúan a nivel del sistema nervioso del insecto, interrumpiendo la comunicación entre neurotransmisores, produciendo hiperexcitación en las células nerviosas y posteriormente la muerte (CENAPRECE, 2020).

Se encuentran también los reguladores de crecimiento, siendo los más utilizados el metopreno y el piriproxifeno, los cuales presentan un estrecho parecido con las hormonas juveniles que, aunque permite el crecimiento de la larva, impide la correcta formación de la crisálida o pupa (Sawby *et al.*, 1992; Ritchie *et al.*, 1997; Hemingway y Ranson, 2000). Las benzoilureas, como el novaluron, también están relacionadas con el incorrecto desarrollo de la fase juvenil de los mosquitos, debido a que es capaz de inhibir la síntesis de quitina requerida durante las mudas juveniles de los artrópodos (Cutler y Scott-Dupree, 2007).

3.2 Resistencia a insecticidas

La resistencia es un cambio heredable en la sensibilidad a un insecticida y se ve reflejado en la repetida falla de un producto para lograr el nivel esperado de control cuando el producto es usado de acuerdo con las especificaciones recomendadas (Sparks y Nauen, 2015). Los dos mecanismos más comunes de resistencia a insecticidas son las alteraciones en el sitio blanco y un incremento en la tasa de detoxificación de los insecticidas (Brogdon y McAllister, 1998). La resistencia mediada por el sitio blanco sucede cuando el insecticida no puede unirse a su sitio de acción por factores como la disminución en la sensibilidad del sitio blanco o modificación de este (Hemingway y Ranson 2000). Esto puede pesar sobre las bombas de intercambio iónico o sobre la acetilcolinesterasa (Hemingway y Ranson, 2000). La resistencia enfocada en enzimas detoxificantes se puede apreciar cuando niveles elevados o actividades modificadas de estas enzimas contribuyen a disminuir la dosis efectiva de un insecticida evitando que llegue a su sitio de acción (Ranson *et al.*, 2002).

Actualmente, y durante mucho tiempo, el uso de insecticidas ha sido la estrategia más usada para controlar la densidad poblacional de insectos vectores de enfermedades, por lo que se ha generado resistencia a varios productos (OMS, 2016). La resistencia es seleccionada evolutivamente ante el

estrés ambiental y, aunque su aparición puede ser retrasada, difícilmente puede ser evitada. Una población también puede presentar resistencia cruzada cuando la resistencia que posee frente a un determinado insecticida favorece a la resistencia frente a otros. Esto a pesar de que la población no haya sido expuesta jamás a otros insecticidas. La forma de retrasar la presencia de resistencia es con el uso y aplicación correcta de las dosis recomendadas, con la rotación de productos sean sintéticos o de preferencia biorracionales; además de hacer un constante monitoreo de la susceptibilidad a insecticidas (Sparks y Nauen, 2015).

3.3 Dosis subletales

La NOM-032 indica que los productos larvicidas sintéticos y microbianos deberán inducir una mortalidad de >98% a las 24 horas post aplicación. Los productos sintéticos deberán tener un efecto residual de por lo menos dos meses con tres recambios de agua, en el cual el porcentaje de mortalidad sea superior al 80%. Para productos microbianos un efecto residual >3 semanas, en las cuales el efecto de mortalidad sea superior al 80%. Sin embargo, existen diversos factores que hacen que los insectos estén expuestos a dosis inferiores que no generan una mortalidad aguda del 98%, y mucho menores del 80% de manera residual. Entre estos factores se cuentan la deriva durante la aplicación espacial, donde incluso una leve brisa puede causar en el momento de la aplicación, la volatilización, y la degradación biótica y abiótica (Cutler, 2013). Además, el estadio fisiológico y la capacidad de detoxificación de los individuos que componen una población de insectos puede ser heterogéneo (Terriere, 1984), por lo que la dosis que es letal para algunos puede resultar subletal para otros (Gressel, 2011).

Para el caso de la aplicación focal de larvicidas en recipientes en patios y dentro de casas, el agua potable en contenedores es usada por los moradores para distintos fines (limpieza en general, corporal, ropa; o hasta consumo humano) generando reducción de las dosis aplicadas debido al continuo uso y constante recambio de agua, ocasionando que una proporción de la población de larvas resulte expuesta a dosis subletales. Existen evidencias que muestran un posible impacto negativo que las dosis subletales pudieran tener en las poblaciones de insectos, esto debido que, aunque no se dé la mortalidad deseada, el daño ocasionado por el insecticida puede manifestarse en otras características de historia de vida (crecimiento, emergencia a adulto, supervivencia, número de progenie, etc.) (Stark y Banks, 2003; Desneux *et al.*, 2007). Aunque también se ha

observado (en menor proporción) que las bajas dosis de insecticidas pueden generar un fenómeno denominado hormesis, que ocurre cuando bajas concentraciones producen efectos benéficos, mientras que en dosis por arriba de lo recomendado causan efectos perjudiciales (Cutler, 2013)

4. ANTECEDENTES

4.1 Efecto subletal de insecticidas sintéticos

Se ha demostrado que dosis subletales de spinosad en la micro avispa *Trichogramma chilonis* (Şimşek y Özkan, 2015), y de propoxur (carbamato) y deltametrina (piretroide) en la cucaracha *Blattella germanica* (Lee *et al.*, 1998), disminuyeron la longevidad de los adultos. Sin embargo, según el insecticida, la longevidad puede aumentar, disminuir o permanecer inalterada. En la chinche *Supputius cincticeps*, la exposición a permetrina disminuyó el tiempo de desarrollo en las hembras, pero lo incrementó en los machos (Zanuncio *et al.*, 2003). En el gusano de la hoja del algodón, *Spodoptera littoralis*, se encontró que las dosis subletales de metomilo (carbamato) y clorpirifos (organofosforado) tienen un efecto sistémico en los insectos tratados alterando el comportamiento de *S. littoralis* en larvas expuestas.

Concentraciones subletales de imidacloprid (neonicotinoide que actúa sobre el receptor de acetilcolina) y bifentrina (piretroide) redujeron la oviposición en la mosca blanca *Bemisia tabaci* (He *et al.*, 2013). Efectos reproductivos similares se reportaron en el ácaro *Tetranychus. Urticae* (Iftner *et al.*, 1986) y en el tisanoptero *Frankliniella occidentalis* (Kontsedalov *et al.*, 1998) tratados con dosis subletales de piretroides. En otro estudio sobre la eficiencia de imidacloprid y pimetrozina (derivado heterocíclico del nitrógeno, bloquea las bombas salivares) del pulgón de la col, *Brevicoryne brassicae*, se determinó que concentraciones subletales de estos insecticidas causaron efectos negativos sobre la reproducción y la longevidad (Lashkari *et al.*, 2007). En un estudio con *Agrotis ipsilon*, se encontró que el cyantraniliprol tenía una alta toxicidad contra larvas de cuarto estadio, sin embargo, las concentraciones subletales disminuyeron la velocidad de crecimiento y redujeron la reproducción de la población de *A. ipsilon* (Xu *et al.*, 2016). En otro estudio con cyantraniliprol y el gusano oriental del tabaco, *Helicoverpa assulta*, se encontró que dosis subletales podrían reducir la supervivencia, el desarrollo y la reproducción del insecto, disminuyendo el crecimiento de la población (Dong *et al.*, 2017).

En el mosquito *Culex pipens quinquefasciatus* expuestos a larvicidas organofosforados (temefos) y efecto de dosis subletales de malatión (carbamato), fentión y fenitrotión (pirerotides) determinaron que los mosquitos que sobrevivieron a los tratamientos mostraron reducción de la fecundidad

comparados con los no tratados (controles) (Torres, 1993).

4.2 Efecto subletal de insecticidas naturales o biorracionales

Al evaluar los efectos letales y subletales del spinosad sobre la plaga *Spodoptera exigua* altera la dinámica de la población de manera significativa al disminuir su supervivencia y reproducción, y al retrasar su desarrollo (Wanget *al.*, 2012). En lo que se refiere al tiempo de desarrollo, trabajos en la cuenca del mediterráneo con larvas en diapausa del barrenador *Sesamia nonagrioides* presentes en maíz transgénico *Zea mays L.*, que expresa toxinas de BTI, mostrando que las larvas tienen un mayor número de mudas antes de pupar y más tiempo de desarrollo de diapausa en comparación con las larvas recolectadas del grupo sin presencia de BTI (Eizaguirre *et al.*, 2005).

Un cultivo de laboratorio de *Catolaccus grandis* (Burks), un ectoparasitoide del picudo del algodón, *Anthonomus grandis grandis* Boheman, fue expuesto a dosis letales y subletales de insecticidas (azinfosmetilo, endosulfán, pronil, malatión, ciflutrina, dimetoato y Spinosad) y un regulador decrecimiento de insectos mediante un bioensayo en cámara de aspersión, donde los efectos subletales afectaron la producción de progenie (Elzen *et al.*, 2000). Un estudio en Cuba, para determinar la eficacia de pyriproxifeno como larvicida, pupicida y adulticida en cepas de referencia de *A. aegypti*, resultó ser un excelente inhibidor de la emergencia de adultos en las cepas de *A. aegypti*, también tuvo fuerte efecto subletal y afectó la fertilidad de los adultos en condiciones de laboratorio (Magdalena *et al.*, 2013).

5. JUSTIFICACIÓN

El dengue es una enfermedad viral que ha aumentado en las últimas décadas, el virus es transmitido principalmente por *A. aegypti*; siendo la enfermedad transmitida por vector más importante del país. Es por esto que la vigilancia, prevención y control de *A. aegypti* es una de las principales prioridades en salud pública. El control de la densidad poblacional a través del uso de larvicidas sigue siendo una de las principales estrategias, sin embargo, la información acerca del efecto que las dosis subletales puedan tener sobre los individuos expuestos es aún desconocido en México. El conocimiento acerca de los efectos subletales podría dar conocimiento útil para proponer que, aunque el larvicida no produzca mortalidad, puede seguir produciendo efectos negativos sobre las poblaciones de mosquitos. Esto también podría evitar la continua aplicación de productos químicos, lo que generaría una protección al ambiente, a la salud de la población y un ahorro para los programas de control de vectores del país.

6. HIPÓTESIS

La exposición de las dosis subletales de Spinosad, BTI y Temefos en larvas del mosquito *A. aegypti* afectan negativamente el desarrollo de larvas, pupas y reducen significativamente la población de la generación expuesta a los larvicidas; disminuyendo la tasa de reproducción de la siguiente generación.

7. OBJETIVOS

7.1 objetivo general

Determinar el efecto de la exposición durante el estadio de larva (cuarto estadio) de una dosis subletal de larvicidas Temefos, Spinosad y BTI sobre características de historia de vida en larvas y adultos de *A. aegypti*.

7.2. Objetivos particulares

- Determinar las dosis subletales de Temefos, Spinosad y BTI para larvas de *A. aegypti*.
- Cuantificar el número individuos que alcanzaron el estadio pupa y adulto después de exposición con una dosis subletal de Temefos, Spinosad y BTI en estadio larval.
- Determinar la cantidad de huevos producidos y proporción de hembras que durante el estadio larval fueron expuestos a dosis subletales de Temefos, Spinosad, y BTI.
- Diagnosticar el número de huevecillos y la proporción de hembras que produjeron huevecillos.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Sitio de estudio

La cepa de *A. aegypti* que se utilizó proviene de la localidad de Jojutla, que es un área endémica y con gran incidencia de casos de dengue. El estudio se realizó en el Centro Regional de Control de Vectores (CERECOVE) el cual se encuentra ubicado en la localidad de Panchimalco municipio de Jojutla, Morelos.

8.2. Material

Los huevecillos fueron recolectados en campo en diferentes sitios del municipio de Jojutla esto mediante el uso de ovitrampas, las cuales se colocaban en puntos específicos durante una semana donde se encontraba la presencia de mosquitos *A. aegypti* transcurrido el tiempo se regresaba a los sitios para revisar las ovitrampas y con ello recolectar el material biológico, proveniente de ovitrampas (papeletas con huevecillos); posteriormente fueron transportadas al insectario del CERECOVE Panchimalco. Los huevecillos se sometieron a un proceso de maduración del embrión e inducción de la diapausa. Para esto, los huevecillos fueron secados durante 24 y 48 horas post ovipostura a una temperatura de 25-30°C y una humedad relativa de 70-80%, siendo este el tiempo que se requiere para poder completar el desarrollo embrionario, con el objetivo final que el material resista la desecación por largos períodos para ser utilizados de manera exitosa en cualquier etapa de la metodología.

8.2.1 Eclosión de huevecillos y desarrollo de fases inmaduras

Los huevecillos fueron colocados en cubetas con agua para su eclosión. Las larvas obtenidas se transfirieron a bandejas de plástico de 30 cm de largo x 20 cm de ancho con agua, colocando entre 300 y 400 larvas para evitar el hacinamiento. Diariamente se les proporcionó alimento para roedores el cual fue molido y esterilizado. Cada tercer día se limpiaron los productos de desecho y se eliminaron las larvas muertas. Al alcanzar el estadio de pupa, estas fueron colocadas en un recipiente para emergencia de imagos dentro de jaulas entomológicas de 30 x 30 cm (Fig. 5).



Figura 5. Larvas en charolas de plástico en el insectario.

8.2.2 Adultos

Los mosquitos adultos se mantuvieron a una temperatura entre 25 a 30°C, con una humedad relativa entre el $60 \pm 10\%$ y un fotoperiodo de 12L:12O. Las hembras fueron alimentadas con sangre de ratón o de conejo, criados en laboratorio. Los machos y hembras se mantuvieron hidratados con solución azucarada al 10%. A las hembras alimentadas se les colocó una ovitrampa de insectario con papel filtro y agua en su interior para la ovipostura. Las ovitrapas se dejaron dentro de las jaulas entre 2 a 3 días con el papel filtro (tiempo en el que se realiza la ovipostura), después de este tiempo se retiraron las tiras con huevecillos (F1), las cuales se rotularon con la fecha de retiro, nombre de la especie y número de huevecillos. Con estos huevecillos se obtuvieron larvas (F1) de cuarto estadio que fueron utilizadas para los bioensayos.

8.2.3 Insecticidas

Los formulados utilizados fueron otorgados por el CENAPRECE, estos son regularmente utilizados por los programas de salud para el control de larvas de *A. aegypti* (CENEPRACE, 2020). Se utilizaron dos tipos de larvicidas biorracionales: *Bacillus thuringiensis israelensis* y Spinosad; y un larvicida sintético: Temefos.

8.3 Determinación de dosis subletales

Para determinar la dosis subletal de cada uno de los larvicidas mencionados, recipientes de plástico de un litro fueron llenados con agua y 20 larvas de cuarto estadio fueron colocadas y expuestas a distintas concentraciones (diluciones de mayor a menor) de cada producto larvicida (Figura 6). El grupo control consistió en botes con agua sin ningún larvicida. Se consideró como dosis subletal aquella concentración de larvicida que indujera una mortalidad igual o menor al 5%. Para el bioensayo se realizaron dos réplicas de cada concentración por larvicida y dos repeticiones independientes. Para el caso de BTI se realizaron cuatro repeticiones independientes.

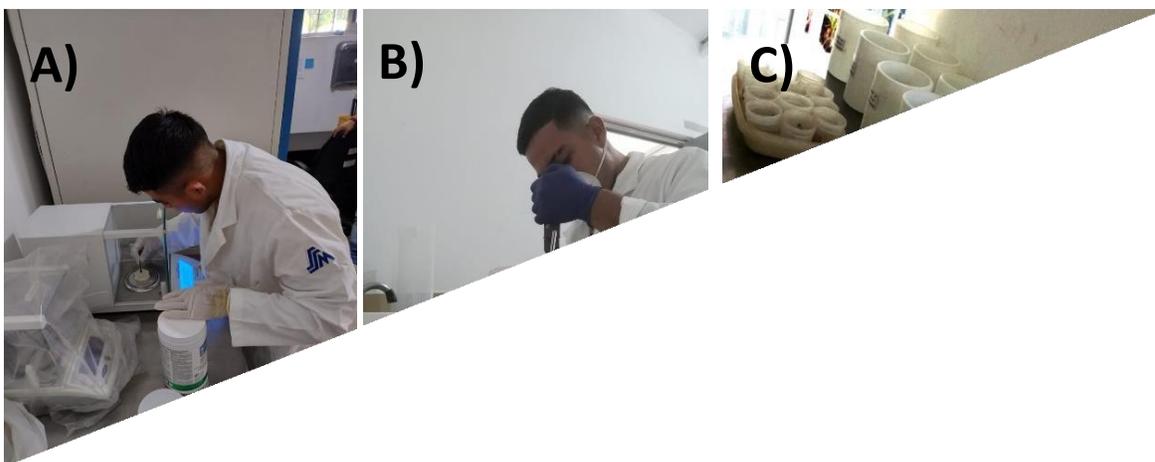


Figura 6. Determinación de dosis subletales en larvas de *A. aegypti*. A) Pesaje de larvicida en balanza analítica. B) Generación de distintas concentraciones de larvicidas. C) Recipientes de exposición.

8.3.1 Exposición a dosis subletales

Una vez obtenida la dosis subletal, esta se colocó en recipientes con un litro de agua. Se utilizaron cuatro recipientes por grupo larvicida (Temefos, BTI, Spinosad y control), 50 larvas de cuarto estadio por recipiente fueron expuestas a las dosis subletales de cada larvicida (Figura 7) y se contabilizó la cantidad organismos que llegaron al estadio de pupas por grupo.



Figura 7. Exposición de larvas de cuarto estadio a las dosis subletales (previamente determinadas) de BTI, Spinosad y Temefos.

Al llegar al estadio adulto, los organismos se transfirieron a una jaula y fueron mantenidos en condiciones de insectario. Las hembras de cada grupo larvicida fueron alimentadas con sangre. A los dos días post alimentación 30 hembras de cada grupo se colocaron de manera individual en un vaso con agua (un tercio de su capacidad) con papel pellón adherido a la parte interna como sustrato de oviposición (Figura 8). La cantidad de hembras que ovipositaron y el número de huevecillos producidos fueron cuantificados.



Figura 8. Determinación de la producción de huevos de hembras expuestas a dosis subletales de larvicidas. A-C) Colocación de hembras en vasos individuales. D) Papeletas retiradas con huevecillos de mosquitos.

8.4 Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron usando los programas estadísticos JMP 6.0 (SAS Inc.) y Statistica 11.0 (Statsoft, Inc.). Para comparar la proporción de individuos que llegaron a pupa entre larvicidas y para comparar la proporción de hembras con ovipostura entre larvicidas se utilizó una ji-cuadrada (χ^2). Para el número de huevecillos de hembras en cada uno de los larvicidas se comparó usando una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (análoga al ANOVA).

9. RESULTADOS

9.1 Determinación de las dosis subletales

Para obtener la determinación de las dosis subletales de los insecticidas utilizados se realizaron bioensayos, donde 20 larvas de cuarto estadio fueron colocadas y expuestas a distintas concentraciones (diluciones de mayor a menor) considerando como dosis subletal la concentración que indujera una mortalidad igual o menor al 5% (ver detalles en Apéndice 1). Para esto se realizaron dos réplicas de cada concentración por larvicida y cuatro repeticiones independientes. Para el caso de Bti se realizaron seis repeticiones independientes. Las dosis subletales que se obtuvieron tras los experimentos para BTI, Spinosad y Temefos fueron de: 0.025mg/l, 0.015mg/l y 0.21mg/l, respectivamente estas dosis fueron utilizadas para los experimentos posteriores. El número de diluciones que se llevaron a cabo para poder determinar las dosis subletales de Spinosad, Temefos y BTI fueron diferentes entre sí. Además, se observó que para Spinosad varias de las diluciones probadas seguían produciendo un 100% de mortalidad (Tabla 2).

Tabla 2. Dosificación para estimar la dosis subletal de los tres larvicidas evaluados. En negritas, las dosis subletales con las que se realizaron los experimentos posteriores. La mortalidad que se muestra es el promedio de todas las repeticiones realizadas.

<u>Larvicida</u>	<u>Dosis evaluadas</u>	<u>% mortalidad</u>
BTI	5 mg /litro	100
	2.5 mg/litro	100
	2 mg/litro	100
	1.5 mg/litro	100
	1 mg/litro	97.5
	0.5 mg/litro	95
	0.4 mg/ litro	92.5
	0.3 mg/ litro	95
	0.25 mg/litro	75
	0.15 mg/litro	65
	0.05 mg/litro	27.5
	0.025 mg/litro	5
	Spinosad	3 mg / litro
1.5 mg/litro		100
1.2 mg/litro		100

	0.9 mg/litro	100
	0.6 mg/litro	100
	0.3 mg/litro	100
	0.15 mg/litro	77.5
	0.09 mg/litro	57.5
	0.03 mg/litro	10
	0.015 mg/litro	2.5
Temefos	3 mg / litro	100
	1.5 mg/litro	60
	1.2 mg/litro	57.5
	0.9 mg/litro	45
	0.6 mg/litro	30
	0.3 mg/litro	27.5
	0.27 mg/litro	22.5
	0.24 mg/litro	20
	0.21 mg/litro	0
	0.18 mg/litro	0
	<u>0.15 mg/litro</u>	<u>0</u>

La dosis recomendada de cada larvicida para su aplicación en campo es: Bti=5mg/l, Temefos=100mg/l, Spinosad 20mg/l. Los resultados muestran que para Temefos la dosis recomendada efectivamente mata al 100% de individuos. Spinosad a una dosis de 0.3 mg/l aún es capaz de inducir un 100% de mortalidad, mientras que para Bti 1.5 mg/litro (en promedio) fue capaz de inducir el 100% de mortalidad. Esto sugiere que probablemente la dosis recomendada en campo para estos dos productos está por arriba de la dosis real necesaria.

9.2 Exposición a dosis subletales. Proporción de pupas por tratamiento

Los datos indicaron que existen diferencias entre grupos en la proporción de larvas que llegaron a la fase de pupa ($\chi^2=12.589$, $P=0.0056$). En la figura 9 se observa que el grupo control (grupo que en estadio de larva no fue expuesto a ningún larvicida) presentó una mayor proporción de individuos que lograron llegar a pupa. Mientras que en una menor proporción de larvas llegó exitosamente al estadio pupal al ser expuestas a Spinosad. Esto indica que Spinosad un buen larvicida porque, aunque no tenga efectos letales, reduce el número de individuos que llegaron a pupa.

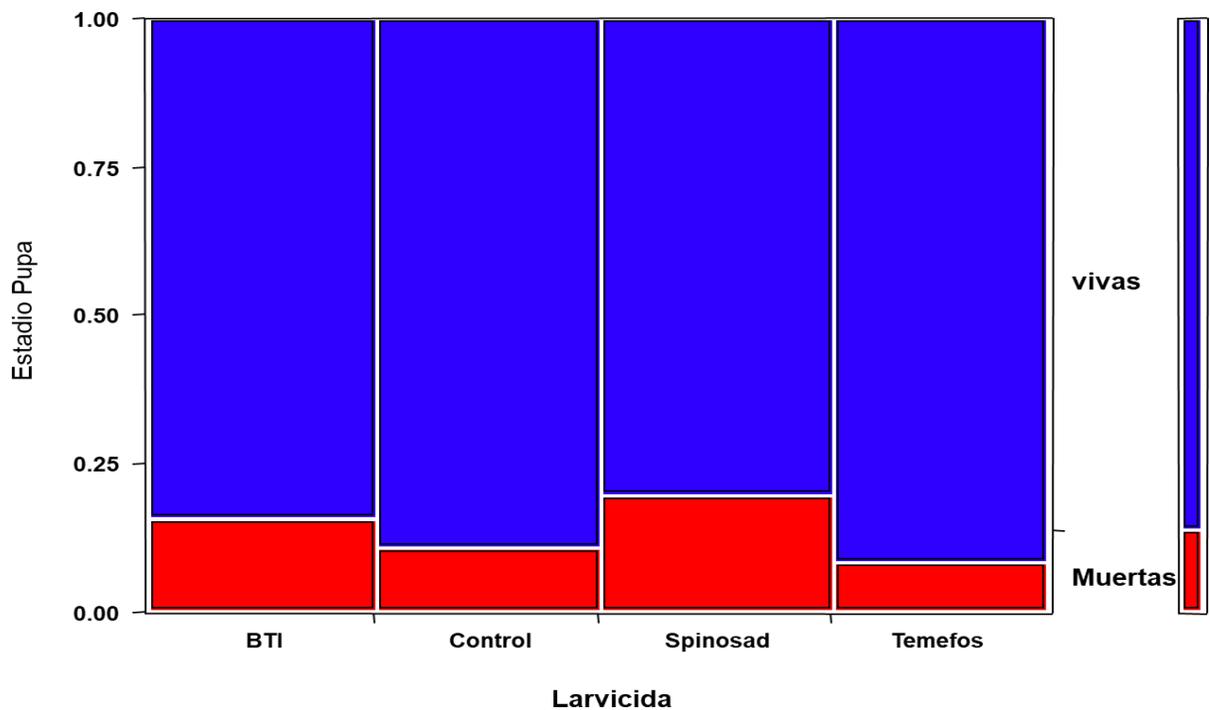


Figura 9. Proporción de éxito de larvas expuestas a dosis subletales de larvicidas que llegaron al estadio de pupa.

9.3 Éxito de emergencia a adulto

Los datos indicaron que hay diferencias entre grupos en la proporción de mosquitos que emergieron después de la exposición ($\chi^2=13.711$, $P=0.0033$). En la figura 10 se observa que el grupo control (grupo que en estadio de larva no fue expuesto a ningún larvicida) presentó una mayor proporción de mosquitos vivos. Mientras que en una menor proporción de adultos al ser expuestas a Spinosad.

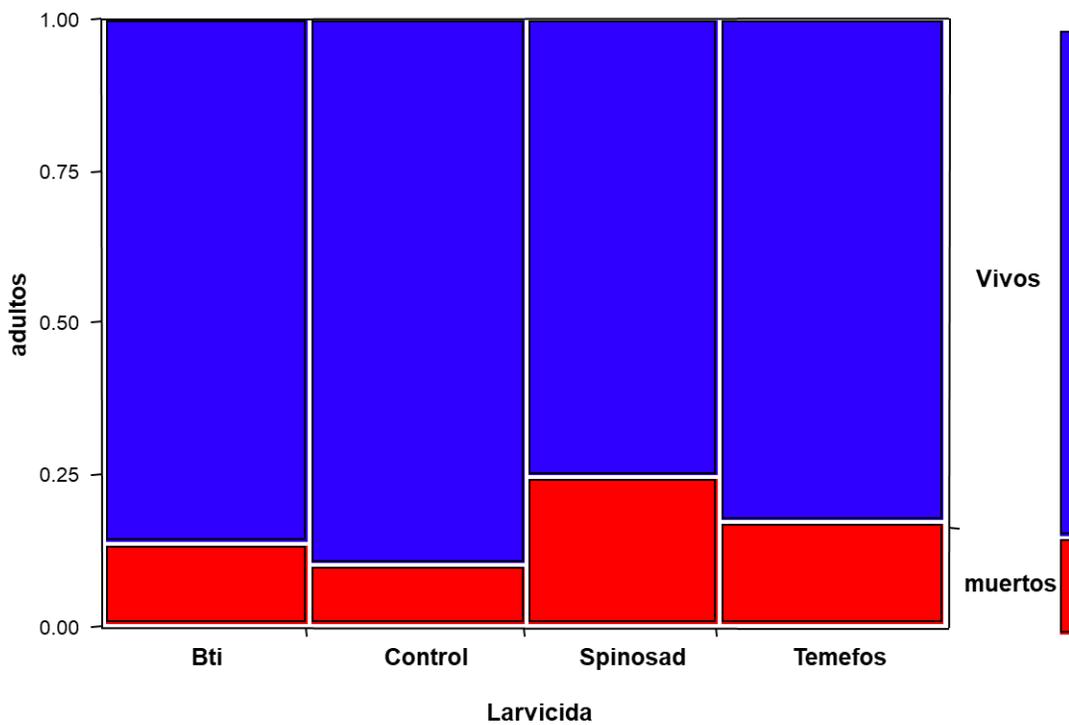


Figura 10. Número de adultos emergidos que durante estadio larval fueron expuestas a dosis subletales de larvicidas.

9.4 Proporción de sexos

En la figura 11 se observa que todos los grupos (Control, Temefos, Spinosad y BTI) presentaron una proporción de sexos similar de mosquitos adultos. No detectándose diferencias estadísticamente significativas ($\chi^2= 0.668$, $P= 0.8806$). Percibiendo que la exposición a dosis subletales no afectó la proporción de sexos de los mosquitos que emergen y que en que en estadio larval fueron expuestas a dosis subletales de larvicidas (Figura 11).

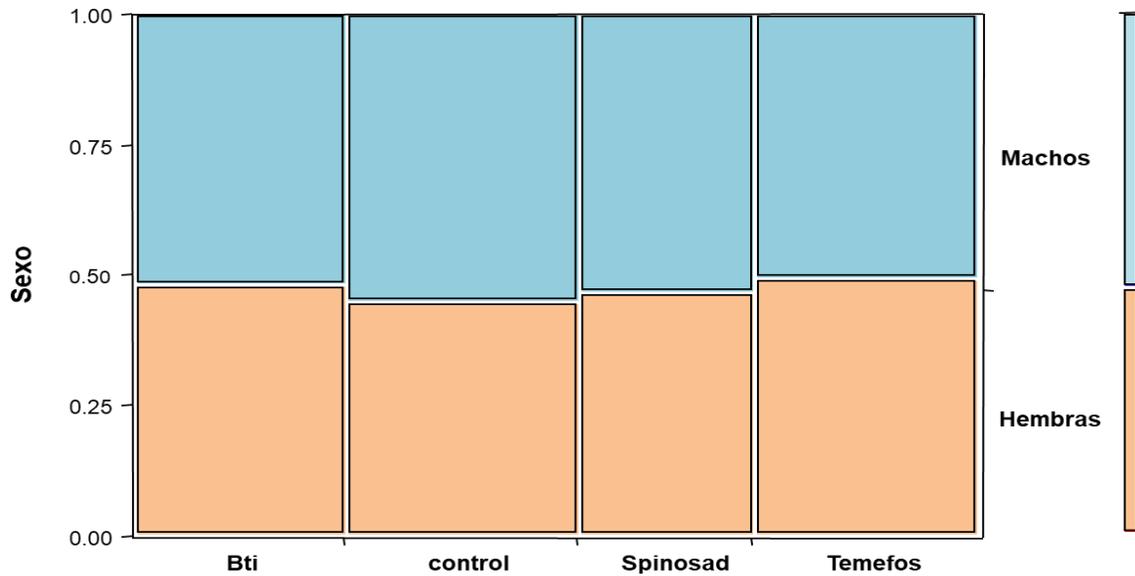


Figura 11. Proporción de sexos en mosquitos (que en estadio larval fueron expuestas a dosis subletales de larvicidas).

9.5 Proporción de hembras que produjeron huevecillos

En la figura se puede observar que el grupo control presentó la mayor proporción de hembras que produjeron huevecillos. Mientras que la proporción de hembras en los grupos BTI, Spinosad y Temefos fue similar, pero menor que el grupo control (Figura 12). Sin embargo, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas ($\chi^2=4.308$, $P=0.2301$).

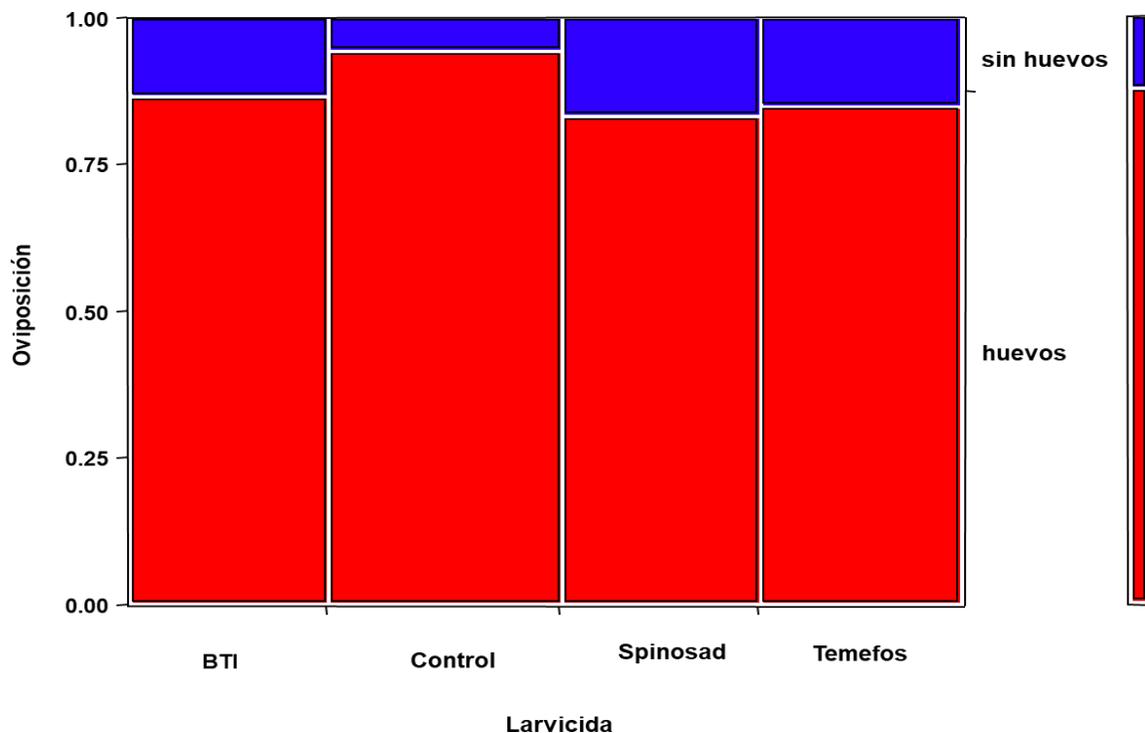


Figura 12. Proporción de hembras (que en estadio larval fueron expuestas a dosis subletales de larvicidas) que produjeron huevecillos.

9.6 Producción de huevos

Los datos indicaron que las hembras del grupo control (no expuestas a ningún larvicida durante la etapa larval) tuvieron una mayor producción de huevos en comparación con los demás grupos ($H=18.12$, $P=0.0004$). Para determinar si existían diferencias entre el número de huevecillos producidos por hembra entre larvicidas se realizó una comparación múltiple. Los resultados indican que a pesar de que en el grupo BTI se produjeron menos huevecillos este grupo no difiere con el grupo control ($P \geq 0.05$) (Figura 13). Sin embargo, Temefos y Spinosad sí difieren con el grupo control en la cantidad de huevecillos que cada hembra produjo ($P=0.006$ y $P=0.0007$, respectivamente).

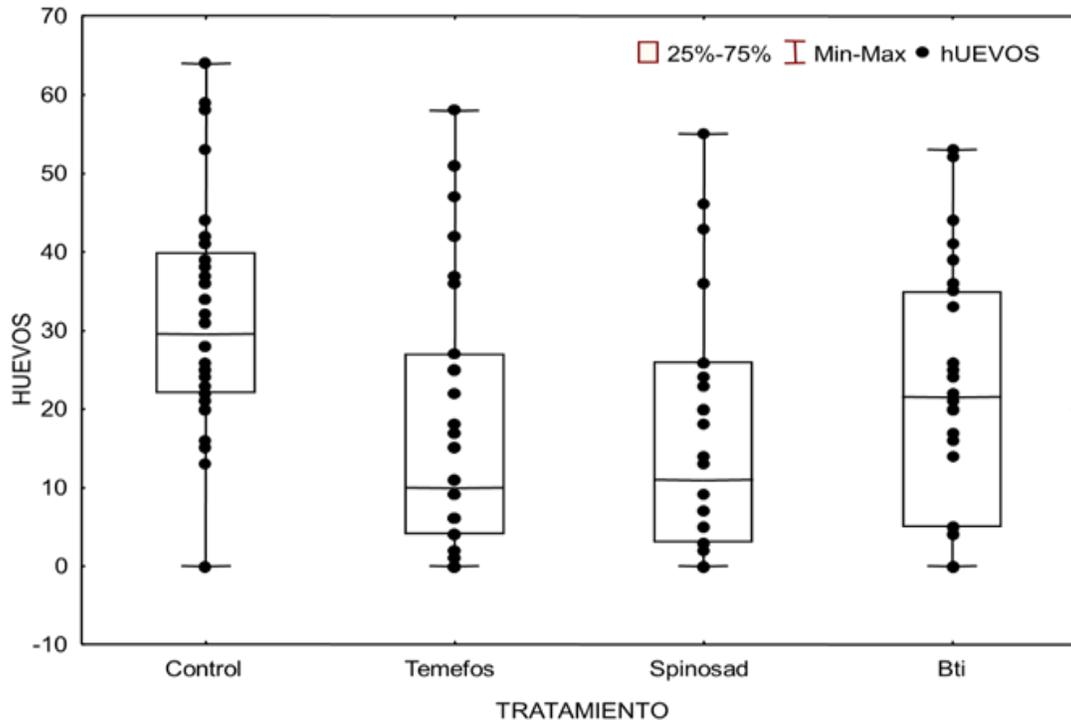


Figura 13. Número de huevecillos de hembras que durante estadio larval fueron expuestas a dosis subletales de larvicidas.

10. DISCUSIÓN

En este estudio se demostró que la exposición de larvas a dosis subletales de Spinosad, Bti y Temefos presenta un costo para *A. aegypti* que se ve reflejado en su ciclo de vida; disminuyen el número de individuos que llegan a la etapa de pupa, la cantidad de huevecillos que las hembras ovipositan así como el número de mosquitos adultos que emergen.

Comparando los resultados obtenidos tras realizar la exposición de larvas de cuarto estadio a las dosis subletales obtenidas para los larvicidas utilizados en esta investigación, observamos que el larvicida que presentó una mayor eficacia de los arriba señalados resultó ser Spinosad. Este larvicida biorracional, en dosis subletales, fue el insecticida que más afectó negativamente el desarrollo de *A. aegypti* reduciendo el número de individuos que con éxito pudieron llegar a la etapa de pupa. Este mismo efecto ha sido observado en el himenóptero *Hyposoter didymator* donde se reportó que el Spinosad redujo la tasa de pupación y la tasa de emergencia (Schneider *et al.*, 2004). Al igual se pudieron encontrar efectos posteriores a la exposición del Spinosad observándose un mayor número mosquitos muertos.

Se encontró una reducción en el número de huevos ovipuestos comparada con hembras que durante el estadio larval no tuvieron contacto con algún larvicida (grupo control). De la misma manera se observaron datos de capacidad de eclosión deprimida de *Spodoptera littoralis* cuando se trató con spinosad (Pineda *et al.*, 2007). Se encontraron resultados similares en la mosca blanca *Bemisia tabaci* (He *et al.*, 2013) que muestran que el Spinosad redujo la oviposición. Así mismos efectos reproductivos similares se reportaron en el acaro *Tetranychus urticae* (Iftner *et al.*, 1986) y en el tisanoptero *Frankliniella occidentalis* Kontsedalov *et al.*, (1998); Wang *et al.*, (2012) y Smirle *et al.*, (2003) también revelaron numerosos efectos subletales relacionados con supervivencia y reproducción debido a la exposición con Spinosad en *Spodoptera exigua*.

La exposición a dosis subletales de Temefos también indujo una reducción en la cantidad de huevecillos que las hembras ovipusieron. Los efectos de dosis subletales de Temefos evaluados en un trabajo previo indujeron disminución en el peso corporal del adulto y cantidad de sangre ingerida (Reyes-Villanueva *et al.*, 1991), lo que tiene repercusión en el número de huevos producidos

(hembras pequeñas y poca ingesta de sangre afecta el número de huevecillos a producir). Comparado con Temefos y Spinosad, el larvicida Bti no indujo diferencias en la cantidad de huevos producidos respecto al control. Este resultado concuerda con lo encontrado por Ponce-García (1999) que a pesar de tener una reducción de huevecillos no difiere con el grupo control. Con este estudio no se puede concluir la razón del efecto de Spinosad y Temefos en la producción de huevecillos, sin embargo, llama la atención que estos dos larvicidas afectan el sistema nervioso del insecto (aunque de distintas formas). Es posible que moléculas de detoxificación que se producen durante la exposición a los insecticidas pudiera estar influyendo en la fisiología del desarrollo y reproducción del individuo. Por ejemplo, se ha visto que la actividad de la esterasa A4 (enzima detoxificante) se expresa en la presencia de Temefos (Rodríguez *et al.*, 2012), esta expresión pudiera estar afectando otros procesos fisiológicos o los recursos utilizados para su expresión son limitados, afectando el posterior desarrollo a adulto. Mientras que el efecto de BTI, al tener un modo de acción “mecánico”, las dosis subletales no le generan un daño o efecto agudo o crónico.

Desde el punto de vista de salud pública y programas de control de vectores, no solo se debe tener en cuenta los efectos letales que inducen los principales insecticidas utilizados en contra mosquitos vectores, sino también los efectos subletales de estos y el impacto que se genera sobre el control de los mismos. Una reducción de la densidad poblacional, al disminuir el número de pupas y su éxito de emergencia del adulto, puede disminuir la probabilidad de encuentro del mosquito con el humano (Focks *et al.*, 2000), reduciendo la incidencia de transmisión de alguna arbovirosis. A pesar de las ventajas de la posible reducción de la densidad poblacional derivado de la exposición de dosis subletales de larvicidas, se ha observado que la competencia vectorial puede verse aumentada. Reyes-Villanueva *et al.*, (1992) consideran que debido a dosis subletales que afectaron parámetros de historia de vida, como el tamaño corporal, la competencia vectorial puede verse aumentada, esto debido a que se ha observado que hembras de tamaño pequeño son más susceptibles a infección por arbovirosis (Paulsony Hawley, 1991). EL efecto de las dosis subletales de los larvicidas utilizados en este estudio y su efecto en la competencia vectorial debe ser evaluado en un futuro.

Adicionalmente, y ajeno a los objetivos planteados en este estudio, se observó que varias de las diluciones bajas probadas de larvicida aun ejercen un alto porcentaje de mortalidad, sugiriendo que probablemente la dosis recomendada en campo para estos dos productos está por arriba de la dosis

real necesaria. Sin embargo, para concluir si realmente existe una sobredosisificación múltiples evaluaciones en campo, y en distintos contenedores, son necesarias.

Los datos sobre la selectividad de los insecticidas más nuevos y en este caso biorracionales los cuales presentan modos de acción novedosos son útiles, ya que refuerzan y justifican su uso en campo. Los resultados de este estudio proporcionan información útil en el programa de control, sin embargo, se necesitan realizar más estudios dando seguimiento al efecto subletal de las dosis de larvicidas utilizados por los programas. El manejo integrado de control de vectores es muy complejo y depende de muchos factores, incluyendo la adecuada selección de los plaguicidas.

11. CONCLUSIONES

- En este estudio se demostró que la exposición a dosis subletales de Spinosad, Bti y Temefos presenta un costo para *A. aegypti* que se ve reflejado en su ciclo de vida.
- Se determinó que efectos subletales de Spinosad podría afectar a *A. aegypti* de manera significativa al disminuir la supervivencia en etapa de pupa, así como adultos.
- Se demostró que Spinosad no tiene algún efecto en la proporción de sexo de mosquitos que emergen, pero si un efecto negativo al igual que Temefos, entre el número de huevecillos producidos por hembra.

12. RECOMENDACIONES

- Es necesario tomar en cuenta los efectos subletales de los principales insecticidas utilizados en el control de vectores para los programas de Servicios de Salud de Morelos (SSM) ya que se demuestra que estos mismos podrían tener una influencia negativa en la dinámica de este insecto vector. Se recomienda realizar experimentos de competencia vectorial de mosquitos expuestos a dosis subletales.
- Se observó que diluciones bajas probadas de larvicidas aun ejercen un alto porcentaje de mortalidad. Con esto se puede aportar nueva evidencia de que dosis utilizadas en campo para estos productos esta por arriba de la dosis real necesaria. Se recomienda evaluar la residualidad de estas dosis bajas en condiciones de laboratorio y campo.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albert, L., Alpuche, L., Aranda H., Badillo, F., Bárcenas, P., Chediack, R., Loera, G., Pomares, T., Rendón Von, O. y Viveros, R. (1990). Los plaguicidas, el ambiente y la salud. Centro de Ecodesarrollo; México. pp. 157-173.
- Amaro Osorio, C. (2021). Patógenos y vectores: un dúo no tan favorable para la medicina. RD-ICUAP, 7(21) Pp. 111-125.
- Andrew, J., & Bar, A. (2013). Morphology and morphometry of *Aedes aegypti* adult mosquito. *Annual Research & Review in Biology*, 52-69.
- Bates, M. 1970. La historia natural de los mosquitos. Peter Smith, Gloucester, MA. 378 pp.
- Berticat, C., Boquien, G., Raymond, M., & Chevillon, C. (2002). Insecticide resistance genes induce a mating competition cost in *Culex pipiens* mosquitoes. *Genetical research*, 79(1), 41–47.
- Brogdon, W. G., & McAllister, J. C. (1998). Insecticide resistance and vector control. *Emerging infectious diseases*, 4(4), 605–613.
- Cabezas, C. (2005). Dengue en el Perú: aportes para su diagnóstico y control. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 22(3), 212-228.
- Calva, L. G. y Torres, M.R. (1998). Plaguicidas organoclorados. *Contactos* 30, 35–46.
- CENAPRECE. (2020). Guía metodológica para las acciones de control larvario Secretaria de Salud. Pp: 32.
- Carrasco, M. y De Paz Cruz, J. (2000). Tratado de emergencias médicas. ARAN ediciones S.A. Primera edición. Pp: 1514-1515.

- Carvalho, F. D., & Moreira, L. A. (2017). Why is *Aedes aegypti* Linnaeus so Successful as a Species?. *Neotropical entomology*, 46(3), 243–255.
- Costa, E. A. P. D. A., Santos, E. M. D. M., Correia, J. C., & Albuquerque, C. M. R. D. (2010). Impact of small variations in temperature and humidity on the reproductive activity and survival of *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Revista Brasileira de Entomología*, 54, 488-493.
- Cutler, G.C. 2013. Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. Dose-response: a publication of International Hormesis Society, 11: 154– 77.
- Cutler, G.C. y Scott-Dupree, C.D. 2007. Novaluron: prospects and limitations in insect pest management. *Pest Technology*, 1.1: 38-46.
- Curtis, C. J. Lines, P. Carnevale, V. Robert. C. Boudin, J. Halna, L. Pazart, P. Gazin, A. Richard, J. Mouchet. J. Charlwood. P. Graves, M. Hossain, T. Kurihara, K. Ichimori, Z. Li, B. Lu, G. Majori. G. Sabatinelli, M. Coluzzi, K. Njunwa, T. Wilkes, R. Snow, S. y Lindsay. (1990). Mosquiteros y cortinas impregnados contra los mosquitos de la malaria. En: Curtis CF, ed. *Adecuado tecnología en el control de vectores*. Boca Ratón, Florida: CRC Press.p5-46.
- Córdoba, D. (1991). Piretrinas y piretroides. *Toxicología. Medellín, Colombia: Darío Córdoba*.
- Dávalos-Becerril, E., Correa-Morales, F., González-Acosta, C., Santos-Luna, R., Peralta-Rodríguez, J., Pérez-Rentería, C., Ordoñez-Álvarez, J., Huerta, H., Carmona-Perez, M., Díaz-Quiñonez, J. A., Mejía-Guevara, M. D., Sánchez-Tejeda, G., Kuri-Morales, P., González-Roldán, J. F., y Moreno-García, M. (2019). Mosquitos urbanos y semiurbanos de la Ciudad de México: un riesgo de transmisión de enfermedades endémicas transmitidas por mosquitos.
- Desneux, N., Decourtye, A., & Delpuech, J. M. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual review of entomology*, 52, 81–106.

- DGE-Dirección General de Epidemiología. (2020). Manual de procedimientos estandarizados para la vigilancia epidemiológica de las enfermedades transmitidas por vector (ETV). Secretaría de Salud Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. Mexico. Pp: 290.
- DGPS- Dirección General de Promoción a la Salud. Guía de acciones anticipatorias de Promoción de la Salud para Dengue, Chikungunya. México: Dirección General de Promoción a la Salud, (2016).
- Dong, J., Wang, K., Li, Y., y Wang, S. (2017). Lethal and sublethal effects of cyantraniliprole on *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 136: 58–63.
- Eiras, A. E. y Resende, MC (2009). Evaluación preliminar de la tecnología "Dengue-MI" para el monitoreo y control de *Aedes aegypti*. *Cadernos de Saúde Pública*, 25, S45-S58.
- Eizaguirre, M., Tort, S., López, C., y Albajes, R. (2005). Effects of sublethal concentrations of *Bacillus thuringiensis* on larval development of *Sesamia nonagrioides*. *Journal of Economic Entomology*, 98(2): 464–470.
- Elzen, G. W., Maldonado, S. N., & Rojas, M. G. (2000). Lethal and sublethal effects of selected insecticides and an insect growth regulator on the boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) ectoparasitoid *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of economic entomology*, 93(2), 300–303.
- Fernández, I. (2009). Biología y control de *Aedes aegypti*. Manual de operaciones. *Universidad Autónoma de Nuevo León*. Primera Edición. Monterrey, Nuevo León. 133p.
- Focks, D. A., Brenner, R. J., Hayes, J., & Daniels, E. (2000). Transmission thresholds for dengue in terms of *Aedes aegypti* pupae per person with discussion of their utility in source reduction efforts. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 62(1), 11–18.
- García-Gutiérrez, C., y Rodríguez-Mesa, G. D. (2012). Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, 8(3), 1-10.

- Gressel J. (2011). Low pesticide rates may hasten the evolution of resistance by increasing mutation frequencies. *Pest management science*, 67(3), 253–257.
- Gonzalez, C. y Gómez, I. (2005). Biología y métodos diagnósticos del dengue. *Rev. Biomed.* Pp:113-137.
- González-Acosta, C., Cime-Castillo, J. y Correa-Morales F. (2020). Control integrado de vectores en México. *Ciencia*, 71: 52-93
- Gubler, D. (1989). Dengue. In Monath, T. P. (ed.), *Los Arbovirus: Epidemiología y Ecología*, Vol. II. CRC Press, Boca Ratón, F. L. 223-260p.
- Harwood, R. y James. T. (1987). *Entomología Médica y Veterinaria*. Primera Edición, Limusa, México. Pp.203
- He, Y., Zhao, J., Zheng, Y., Weng, Q., Biondi, A., Desneux, N., & Wu, K. (2013). Assessment of potential sublethal effects of various insecticides on key biological traits of the tobacco whitefly, *Bemisia tabaci*. *International journal of biological sciences*, 9(3), 246.
- Hemingway, J., & Ranson, H. (2000). Insecticide resistance in insect vectors of human disease. *Annual review of entomology*, 45(1), 371–391.
- Hill, E. F. (2002). Wildlife toxicology of organophosphorus and carbamate pesticides. In *Handbook of ecotoxicology* (pp. 305-336). CRC Press.
- Horowitz, A. R., & Ishaaya, I. S. A. A. C. (2004). Biorational insecticides—mechanisms, selectivity, and importance in pest management. *Insect pest management: field and protected crops*, 1-28.
- Horowitz, A. R., Kontsedalov, S., Denholm, I., & Ishaaya, I. (2002). Dynamics of insecticide resistance in *Bemisia tabaci*: a case study with the insect growth regulator pyriproxyfen. *Pest management science*, 58(11), 1096–1100.

- Iftner, D. C., Hall, F. R., & Sturm, M. M. (1986). Effects of residues of fenvalerate and permethrin on the feeding behaviour of *Tetranychus urticae* (Koch). *Pesticide science*, 17(3), 242-248.
- Kettle, D. S. 1993. Entomología Médica y Veterinaria. Taxi Internacional. *REINO UNIDO*: 125-131, 451-471.
- Lacey, E. S., Ray, A., & Cardé, R. T. (2014). Close encounters: contributions of carbon dioxide and human skin odour to finding and landing on a host in *Aedes aegypti*. *Physiological entomology*, 39(1), 60–68.
- Lambrechts, L., & Failloux, A. B. (2012). Vector biology prospects in dengue research. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 107, 1080-1082.
- Lashkari, MR, Sahragard, A. & Ghadamyari, M. (2007). Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of the cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L. *Insect Science*, 14(3), 207-212.
- Lee, C.Y., Yap, H.H. y Chong, N.L. (1998). Efectos subletales de deltametrina y propoxur sobre la longevidad y reproducción de cucarachas alemanas, *Blattella germanica*. *Entomologia experimentalis et applicata*, 89 (2), 137-145.
- Lindenbach, B., Thiel, H., Rice, C. (2017). Flavivirus: El virus y su replicación En: Knipe D, Howley Peter (eds). *Virología de Campos*. Filadelfia: Lippincott Williams y Wilkins. Pp: 1101-52.
- Lozano-Fuentes, S., Hayden, M. H., Welsh-Rodriguez, C., Ochoa-Martinez, C., Tapia-Santos, B., Kobylinski, K. C., Uejio, C. K., Zielinski-Gutierrez, E., Monache, L. D., Monaghan, A. J., Steinhoff, D. F., & Eisen, L. (2012). The dengue virus mosquito vector *Aedes aegypti* at high elevation in Mexico. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 87(5), 902.
- Magdalena, C. M., Coto, R., María, I., Terán, C., Juan, I. I. C., Bisset, A., y Leyva, I. Y. R. (2013). Eficacia del pyriproxifeno en cepas de referencia de *Aedes aegypti* susceptible y resistente a temefos. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 65: 339–349.

- Marinho, R. A., Beserra, E. B., & Bezerra-Gusmao, M. A. (2016). Porto Vde S, Olinda RA, Dos Santos CA. Effects of temperature on the life cycle, expansion, and dispersion of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in three cities in Paraiba, Brazil. *J Vector Ecol*, 41(1), 1-10.
- Mejía-Guevara, María D., Correa-Morales, Fabián, González-Acosta, Cassandra, Dávalos-Becerril, Eduardo, Peralta-Rodríguez, Jorge L., Martínez-Gaona, Andrés, Hernández-Nava, Mariela, Ramírez-Huicochea, Carlos, Rosas-Trinidad, Leopoldo, Carmona-Pérez, Mariana, Salazar-Bueyes, Víctor, Tapia-Olarte, Fernando, y Moreno-García, Miguel. (2020). El mosquito del dengue en la Ciudad de México. Invasión incipiente de *Aedes aegypti* y sus potenciales riesgos. *Gaceta Médica de México*, 156(5), 388-395.
- Mundim-Pombo, A. P. M., Carvalho, H. J. C. D., Rodrigues Ribeiro, R., León, M., Maria, D. A., y Miglino, M. A. (2021). *Aedes aegypti*: morfología del huevo y desarrollo embrionario. *Parásitos y vectores*, 14 (1), 1-12.
- Muñoz, A. (1993). La fiebre amarilla en México, erradicación del *Aedes Aegypti*. *Salud Publica Mex*, 37 Suppl: 103-10.
- Naumann, K., & Haug, G. (1990). *Synthetic pyrethroid insecticides: structures and properties* (Vol. 4). Berlin: Springer-Verlag.
- Nelson, M. (1986). *Aedes aegypti*: Biología y Ecología. *Organización Panamericana de la Salud. REF: PNSP/86-93*. Washington, D.C: 50.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-032-SSA2-2014. Para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vector. *Diario Oficial de la Federación*.
- OPS-Organización Panamericana de la salud. (2022). Boletín arbovirus 2022: actualización epidemiológica semanal para dengue, chikunguña y zika en 2022. *Washington, D.C.:* Organización Panamericana de la Salud.

- OMS-Organización Mundial de la Salud. (2022). Dengue y dengue grave. *Washington, D.C.:* Organización Panamericana de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (1997). Informe sobre la salud en el mundo. *Washington, D.C.:* Organización Mundial de la Salud. Ginebra, Suiza. 199p
- OMS-Organización Mundial de la Salud. (2016). *Monitoreo y manejo de la resistencia a los insecticidas en las poblaciones de mosquitos Aedes: orientación provisional para entomólogos. Ginebra, Suiza.*
- OPS-Organización Panamericana de la salud. (2019). Documento operativo de aplicación del manejo integrado de vectores adaptado al contexto de las Américas. *Washington, D.C.:* Organización Panamericana de la Salud.
- OPS-OMS: Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud. (2010). Dengue: Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control: nueva edición. La Paz. Bolivia. OPS/OMS.
- OPS-OMS :Organización Panamericana de la Salud-Organización Mundial de la Salud. 2022. Vectores: Manejo integrado y entomología en salud pública.
- Paul, A., Harrington, L. C., & Scott, J. G. (2006). Evaluation of novel insecticides for control of dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of medical entomology*, 43(1), 55–60.
- Paulson, S. L., & Hawley, W. A. (1991). Effect of body size on the vector competence of field and laboratory populations of *Aedes triseriatus* for La Crosse virus. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 7(2), 170–175.
- Philip, C.B., y Rozeboom, L.E. (1973). Entomología médico-veterinaria: una generación de progreso. *Historia de la entomología.*
- Platt, K. B., Linthicum, K. J., Myint, K. S., Innis, B. L., Lerdthusnee, K., & Vaughn, D. W. (1997). Impact of dengue virus infection on feeding behavior of *Aedes aegypti*. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 57(2), 119–125.

- Ponce García, G. (1999). Efecto de concentraciones subletales de *Bacillus thuringiensis israelensis* H-14 Vectobac (R) AS en parámetros biológicos de *Aedes aegypti*. L (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Pullicino, P., & Aquilina, J. (1989). Opsoclonus in organophosphate poisoning. *Archives of neurology*, 46(6), 704-705.
- Ranson, H., Claudianos, C., Ortell, F., Abgrall, C., Hemingway, J., Sharakhova, M. V., ... & Feyereisen, R. (2002). Evolution of supergene families associated with insecticide resistance. *Science*, 298(5591), 179-181.
- Reiner, E. (1971). Reactivación espontánea de colinesterasas fosforiladas y carbamiladas. *Boletín de la Organización Mundial de la Salud*, 44 (1-2-3), 109.
- Reyes-Villanueva, F., de la Garza-Garza, H., & Leal, J. A. F. (1992). Efecto de concentraciones subletales de Abate sobre algunos parámetros biológicos de *Aedes aegypti*. *Salud Pública de México*, 34(4), 406-412.
- Ritchie, S. A., Asnicar, M., & Kay, B. H. (1997). Acute and sublethal effects of (S)-methoprene on some Australian mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 13(2), 153–155.
- Rodríguez, M. M., Bisset, J. A., Hernández, H., Ricardo, Y., French, L., Pérez, O., & Fuentes, I. (2012). Caracterización parcial de la actividad de esterasas en una cepa de *Aedes aegypti* resistente a temefos. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 64(3), 256-267.
- Sawby, R., Klowden, M. J., & Sjogren, R. D. (1992). Sublethal effects of larval methoprene exposure on adult mosquito longevity. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 8(3), 290-292.
- Pineda, S., Schneider, M. I., Smagghe, G., Martínez, A. M., Del Estal, P., Viñuela, E., Valle, J., & Budia, F. (2007). Lethal and sublethal effects of methoxyfenozide and spinosad on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of economic entomology*, 100(3), 773–780.

- Schneider, M.I., Smagghe, G., Pineda, S. y Viñuela, E. (2004). Acción de los insecticidas reguladores del crecimiento de insectos y el spinosad sobre los parámetros del ciclo de vida y la absorción en larvas de tercer estadio del endoparásito *Hiposote didymator*. *Biol Control*, 31(2): 189-198.
- Silver, K. S., Du, Y., Nomura, Y., Oliveira, E. E., Salgado, V. L., Zhorov, B. S., & Dong, K. (2014). Voltage-Gated Sodium Channels as Insecticide Targets. *Advances in insect physiology*, 46, 389–433.
- Sivaratnam, L., Wong, C. M., Selimin, D. S., Hod, R, Abu-Bakar, S., Ghazi, H., & Hassan, M. R. (2022). Impact of climate change on abundance, distribution, and survival of *Aedes* species: systematic review. *Global Journal of Public Health Medicine*, 4(1), 579–607.
- Secretaría de Salud. (2011). Manual para la Vigilancia, Diagnóstico, Prevención y Control del Dengue. México. p.9-10.
- Smegal, D. C. (2000). Human health risk assessment chlorpyrifos. *US Environmental Protection Agency, Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances, Office of Pesticide Programs, Health Effects Division, US Government Printing Office: Washington, DC*, 1-131.
- Soderlund, D. M., & Bloomquist, J. R. (1989). Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annual review of entomology*, 34, 77–96.
- SSM-Secretaría de Salud de Morelos. (2008). Registro epidemiológico semanal de dengue. Cuernavaca, Morelos: Servicios de Salud de Morelos.
- Sparks, T. C., & Nauen, R. (2015). IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide biochemistry and physiology*, 121, 122–128.
- Stark, J. D., & Banks, J. E. (2003). Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annual review of entomology*, 48(1), 505-519.
- Terriere, L. C. (1984). Induction of detoxication enzymes in insects. *Annual review of Entomology*, 29(1), 71-88.

- Thiri6n, J. (2002). *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) como transmisor del dengue en M6xico. *Tesis UNAM Facultad de Ciencias*: 134.
- Thirion, I. J. (2003). El mosquito *Aedes aegypti* y el dengue en M6xico. *Bayer Environmental Science. Mexico*. Pp. 151.
- Torres Zapata, R. (1993). *Susceptibilidad de Culex pipens quinquefasciatus Say (Diptera: Culicidae) a larvicidas organofosforados y efecto de dosis-subletales sobre el potencial reproductivo* (Doctoral dissertation, Universidad Aut6noma de Nuevo Le6n).
- Platt, K. B., Linthicum, K. J., Myint, K. S., Innis, B. L., Lerdthusnee, K., & Vaughn, D. W. (1997). Impact of dengue virus infection on feeding behavior of *Aedes aegypti*. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 57(2), 119–125.
- Wang, D., Wang, Y., Liu, H., Xin, Z., Wang, D., Wang, Y., Liu, H., Xin, Z., y Xue, Y. M. (2012). Lethal and sublethal effects of spinosad on *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of economic entomology*, 106 (4), 1825–1831.
- Wigglesworth, V. B., & Wigglesworth, V. B. (1972). Digestion and nutrition. *The principles of insect physiology*, 476-552.
- Wilke, A. B. B., Vasquez, C., Carvajal, A., Medina, J., Chase, C., Cardenas, G., ... & Beier, J. C. (2020). Proliferation of *Aedes aegypti* in urban environments mediated by the availability of key aquatic habitats. *Scientific Reports*, 10(1), 12925.
- Xu, C., Zhang, Z., Cui, K., Zhao, Y., Han, J., Liu, F., & Mu, W. (2016). Effects of sublethal concentrations of cyantraniliprole on the development, fecundity and nutritional physiology of the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). *PLoS One*, 11(6), e0156555.

Zanuncio, T. V., Serrão, J. E., Zanuncio, J. C., & Guedes, R. N. C. (2003). Permethrin-induced hormesis on the predator *Supputius cincticeps* (Stål, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae). *Crop Protection*, 22(7), 941-947.

14. APÉNDICES.

Diluciones utilizadas para la determinación de las dosis subletales usadas en los experimentos.

Larvicida	Dosis	Dilución	% Mortalidad R1	% Mortalidad R2	% Mortalidad R3	% Mortalidad R4
Temefos		3 mg / litro	100	100	100	100
Temefos	1.5 mg/litro	500 ml TMF + 500 ml H2O	70	80	70	70
Temefos	1.2 mg/litro	400 ml TMF + 600 ml H2O	70	65	65	60
Temefos	0.9 mg/litro	300 ml TMF + 700 ml H2O	30	25	35	35
Temefos	0.6 mg/litro	200 ml TMF + 800 ml H2O	10	15	30	30
Temefos	0.3 mg/litro	100 ml TMF + 900 ml H2O	55	25	20	20
Temefos	0.27 mg/litro	90 ml TMF + 910 ml H2O	5	10	0	0
Temefos	0.24 mg/litro	80 ml TMF + 920 ml H2O	10	5	0	0
Temefos	0.21 mg/litro	70 ml TMF + 920 ml H2O	0	0	0	0

Larvicida	Dosis	Dilución	% Mortalidad R1	% Mortalidad R2	% Mortalidad R3	% Mortalidad R4
Spinosad		3 mg / litro	100	100	100	100
Spinosad	1.5 mg/litro	500 ml SPI + 500 ml H2O	100	95	100	100
Spinosad	1.2 mg/litro	400 ml SPI + 600 ml H2O	100	95	100	100
Spinosad	0.9 mg/litro	300 ml SPI + 700 ml H2O	95	100	100	100
Spinosad	0.6 mg/litro	200 ml SPI + 800 ml H2O	100	100	100	100
Spinosad	0.3 mg/litro	100 ml SPI + 900 ml H2O	100	100	100	100
Spinosad	0.15 mg/litro	50 ml SPI + 950 ml H2O	25	10	0	0
Spinosad	0.09 mg/litro	30 ml SPI + 920 ml H2O	25	60	55	60
Spinosad	0.03 mg/litro	10 ml SPI + 990 ml H2O	20	5	10	5
Spinosad	0.015	5ml SPI + 995 ml H2O	5	5	0	5

Larvicida	Dosis	Dilución	% Mortalidad R1	% Mortalidad R2	% Mortalidad R3	% Mortalidad R4	% Mortalidad R5	% Mortalidad R6
BTI		5mg / litro	100	100	100	100	100	100
BTI	2.5 mg/litro	500 ml BTI + 500 ml H2O	95	100	100	100	100	100
BTI	2 mg/litro	400 ml BTI + 600 ml H2O	85	100	100	90	100	100
BTI	1.5 mg/litro	300 ml BTI + 700 ml H2O	90	95	100	100	100	100
BTI	1 mg/litro	200 ml BTI + 800 ml H2O	60	80	85	95	95	100
BTI	0.5 mg/litro	100 ml BTI + 900 ml H2O	10	50	95	90	90	100
BTI	0.4 mg/litro	80 ml BTI + 920 ml H2O	80	85	90	70	90	95
BTI	0.3 mg/ litro	60 ml BTI + 940 ml H2O	25	60	55	60	85	90
BTI	0.25 mg/litro	50 ml BTI + 950 ml H2O	70	80	75	75	80	70
BTI	0.15 mg/litro	30 ml BTI + 970 ml H2O	55	65	70	65	60	70
BTI	0.05 mg/litro	10 ml BTI + 990 ml H2O	25	30	30	30	20	25
BTI	0.025 mg/litro	5ml BTI + 995 ml H2O	0	5	5	0	5	5



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Morelos a 2 de mayo de 2023

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. CABRERA AYLLÓN LUIS ALEXIS**, con el título del trabajo: **“Efectos de la exposición a dosis subletales de larvicidas en características de historia de vida de *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae)”**.

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 26° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DRA. MARIA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ

SECRETARIO: M. EN C. VERÓNICA CHÁVEZ LÓPEZ

VOCAL: M. EN C. CASSANDRA GONZÁLEZ ACOSTA

SUPLENTE: DR. CELSO RAMOS GARCÍA

SUPLENTE: M. EN C. WALTER EDUARDO QUEZADA YAGUACHI



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

MARIA LUISA CASTREJON GODINEZ | Fecha:2023-05-06 09:57:10 | Firmante

p7wci/d5izof/L9vJZ28EgKKKkOyrmIhyJ+Xrgr7rtMQTpNvGM9GvkGHScp2w1P68R7w/jZsVlaReFXEU0uDvCvwZep3EyfCKkGoQgKGkwEgo0v2enAKXo5Wx9AIWRQAcS4HFu
mFSSzDjwGKguCdwTOuZYySVEBnoTHR1d6mc5Q6P7etNRxCcuKjKanbk4vsi/VZmAc4w1b/3yS9+EbhwYqzcWnwknudsudYUv7m8hOSpyjjGvOP3UvRGqLqmr9GBQ8dz443y8
ZxalhmN3oQ1F4bD+x6xTPJMKohZY/CQLqnZsg3ir7npPPaWolgtycG1ar5rimyVBSCMIk5izgwQ==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[DYrLZjd6i](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/THw3L0U1h4KKPC7ihg7oGNz7Q5wwflZx>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Morelos a 2 de mayo de 2023

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. CABRERA AYLLÓN LUIS ALEXIS**, con el título del trabajo: **“Efectos de la exposición a dosis subletales de larvicidas en características de historia de vida de *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae)”**.

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 26° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DRA. MARIA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ

SECRETARIO: M. EN C. VERÓNICA CHÁVEZ LÓPEZ

VOCAL: M. EN C. CASSANDRA GONZÁLEZ ACOSTA

SUPLENTE: DR. CELSO RAMOS GARCÍA

SUPLENTE: M. EN C. WALTER EDUARDO QUEZADA YAGUACHI



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

VERONICA CHAVEZ LOPEZ | Fecha:2023-05-13 09:49:12 | Firmante

Ow+f6RSTBUJTQ0BJLK0dg6uv/O11VkwDRPLK1EbkG5YDmaAIDvAX6CAIgzB31qTXZ9RFpAs7eYdZGGE2Kcs0CWI2TBgltJR3uKseUTU8RHvC+s4qrwf7QQcny4SGNrShYFS
p6W0PF5g4UUL6LYHEkVlg7kMZfWG3i9F3EJw5LDNI1/B6xRdJwBqgzQ7iDjTqKRuI6yON2hvwFDrvGYFWMmVwdrONwK6oiDV4+0ir1SHW27D3pw+j7fRiStHHV2GPM8aXurB
ARUnPf57KjCWWhQd6g4SWLxNOgf7I4eU9bKRfIkDxe/U0CdH0QfuUln+6AJ4KTDFEqljlxTnSfqrA==



Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:

[sD4ktdpN3](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/tlffFpYXAEWYCe1DRRUrgUUiXx7O1A7>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Morelos a 2 de mayo de 2023

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. CABRERA AYLLÓN LUIS ALEXIS**, con el título del trabajo: **“Efectos de la exposición a dosis subletales de larvicidas en características de historia de vida de *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae)”**.

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 26° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DRA. MARIA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ

SECRETARIO: M. EN C. VERÓNICA CHÁVEZ LÓPEZ

VOCAL: M. EN C. CASSANDRA GONZÁLEZ ACOSTA

SUPLENTE: DR. CELSO RAMOS GARCÍA

SUPLENTE: M. EN C. WALTER EDUARDO QUEZADA YAGUACHI



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

CASSANDRA GONZALEZ ACOSTA | Fecha:2023-05-08 08:10:47 | Firmante

X5HR9sjFgjypwKl0QxZrZ0sD+hp6ILDmKkJKzWD7AamtuHSSRoKZtTfc7zFrO2btIzEfiiYrsqurwo0ioXSyPbsRfyg6m0d/fk9Z4odRmxNfh2HesuNQV4gcXukFFvVlWciCVheudJuVA
aBcUCvnrRrc1+UDPwS+LWIWEBu/v7y8QdqC0OMhWrte9oHVTqbiiR0wnyq9BAIL25abe8Ji3i6bh8f7D43oE+v0C8ak8KAqFswjmheE7kMwWFzaEFj+jEQZgDuH46KRuFQKM
gPhZJnJxoWDaNHegYrS7Bq7Eq+IKkm11ASqT9B2+83ARqt+mmgfX1nGycaL6EKIQPgJw==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o
escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[qiA3IFmQU](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/xBMMnyHgrn3wF7AEI8LYKOHejlZ0pyvA>





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD
DE CIENCIAS
BIOLÓGICAS

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Licenciatura en Biología

Programa Educativo de Calidad *Acreditado* por el CACEB 2018-2023

Cuernavaca, Morelos a 2 de mayo de 2023

DRA. DULCE MARÍA ARIAS ATAIDE
DIRECTORA GENERAL DE SERVICIOS ESCOLARES
P R E S E N T E.

Por este conducto, los catedráticos suscritos comunicamos a Usted, que hemos revisado el documento que presenta la Pasante de Biólogo: **C. CABRERA AYLLÓN LUIS ALEXIS**, con el título del trabajo: **“Efectos de la exposición a dosis subletales de larvicidas en características de historia de vida de *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae)”**.

En calidad de miembros de la comisión revisora, consideramos que el trabajo reúne los requisitos para optar por la Modalidad de Titulación por Tesis Profesional por Etapas como lo marca el artículo 26° del Reglamento de Titulación Profesional vigente de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

A T E N T A M E N T E
Por una humanidad culta

JURADO REVISOR

FIRMA

PRESIDENTE: DRA. MARIA LUISA CASTREJÓN GODÍNEZ

SECRETARIO: M. EN C. VERÓNICA CHÁVEZ LÓPEZ

VOCAL: M. EN C. CASSANDRA GONZÁLEZ ACOSTA

SUPLENTE: DR. CELSO RAMOS GARCÍA

SUPLENTE: M. EN C. WALTER EDUARDO QUEZADA YAGUACHI

Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, C.P. 62209. Tel-fax: (777) 329 7047

www.uaem.mx/organizacion-institucional/unidades-academicas/facultades/ciencias-biologicas



Una universidad de excelencia

RECTORÍA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

Se expide el presente documento firmado electrónicamente de conformidad con el ACUERDO GENERAL PARA LA CONTINUIDAD DEL FUNCIONAMIENTO DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS DURANTE LA EMERGENCIA SANITARIA PROVOCADA POR EL VIRUS SARS-COV2 (COVID-19) emitido el 27 de abril del 2020.

El presente documento cuenta con la firma electrónica UAEM del funcionario universitario competente, amparada por un certificado vigente a la fecha de su elaboración y es válido de conformidad con los LINEAMIENTOS EN MATERIA DE FIRMA ELECTRÓNICA PARA LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE MORELOS emitidos el 13 de noviembre del 2019 mediante circular No. 32.

Sello electrónico

WALTER EDUARDO QUEZADA YAGUACHI | Fecha:2023-05-05 10:58:06 | Firmante

aiEU/oQkHeLYlxwCMfRjNnaDjdih6Oiv0Of//XI5dCcNB7DhmMrwATH/27jdRBBm8uCFrih4ejaFS34CmPpfGCRhTSOyMG9IKMXukyK5U4HpOiPjDn/aRsBuEd9Gw6gMgeW7r/U/104/k4e60zGgkWuS9ukwtAJdRUfrWR2j1i0HLJb6oV7GMY+eNtPhJ+/gQKz4oIYONbIINHaiV8G69Zy/MNUEu47DZCQbhrfOQTo/11fsWT+CeBdS47+sjcWbSD/nqIFL+PzyUFFXu0sG4LV7Dlw7nyBhZ7r6nwcBBdzR1PGSCLRIK7mAK5iDqbOsbk0XK05Pg7r7sKL8ax3uig==

Puede verificar la autenticidad del documento en la siguiente dirección electrónica o escaneando el código QR ingresando la siguiente clave:



[hUQWj6Rr](#)

<https://efirma.uaem.mx/noRepudio/vuM4fpk1OnnyVAddNdFbI349k6NKWZY>

