

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA



**DETERMINACIÓN DEL EFECTO LARVICIDA DE UNA
SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 3% CONTRA
LARVAS DE MOSQUITOS HEMATÓFAGOS IN VITRO.**

JOSÉ ANDRÉS ARRIAGA GUILLÉN

Médico Veterinario

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA



**DETERMINACIÓN DEL EFECTO LARVICIDA DE UNA SOLUCIÓN
DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 3% CONTRA LARVAS DE
MOSQUITOS HEMATÓFAGOS IN VITRO.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD

POR

JOSÉ ANDRÉS ARRIAGA GUILLÉN

Al conferírsele el título profesional de

Médico Veterinario

En el grado de Licenciado

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

DECANO:	M.V. Gustavo Enrique Taracena Gil
SECRETARIO:	M.V. Hugo René Pérez Noriega
VOCAL I:	M. Sc. Juan José Prem González
VOCAL II:	Lic. Zoot. Miguel Ángel Rodenas Argueta
VOCAL III:	Lic. Zoot. Alex Rafael Salazar Melgar
VOCAL IV:	P. Agr. Luis Gerardo López Morales
VOCAL V:	Br. María Fernanda Amézquita Estévez

ASESORES

M.A. MANUEL EDUARDO RODRÍGUEZ ZEA

M.A. JAIME ROLANDO MÉNDEZ SOSA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los reglamentos y normas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

DETERMINACIÓN DEL EFECTO LARVICIDA DE UNA SOLUCIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 3% CONTRA LARVAS DE MOSQUITOS HEMATÓFAGOS IN VITRO.

Que fuera aprobado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Como requisito previo a optar al título de:

MÉDICO VETERINARIO

ACTO QUE DEDICO A:

A DIOS: Porque me permite alcanzar este momento tan anhelado, por ser guía y luz durante toda mi vida y mi carrera universitaria.

A MI FAMILIA: Porque ellos son los pilares más importantes en mi vida, personas con las que compartimos los momentos más cercanos e íntimos, alegrías y tristezas. Por lo que el logro alcanzado se lo dedico ustedes.

A MIS AMIGOS DE LA VIDA: Mario, Leonel, Fernando, Rocío y Juan Andrés, por todos los buenos momentos compartidos, ser personas ejemplares y de éxito, con las que tengo la bendición de tener una amistad.

A MIS AMIGOS DE LA FACULTAD: Leslie, Sofía, Marcela, Claudia, Jennifer, Sebastián, Josué, David y todas las personas con la que compartimos gratos recuerdos a lo largo de la carrera. Gracias por su valiosa amistad y éxitos en su vida profesional.

A MI MISMO: Por todo el esfuerzo realizado durante la carrera. Porque esto me demuestra que tengo la capacidad de conseguir grandes cosas si me lo propongo. Y que sirva de motivación para ser un gran profesional.

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD Especialmente a la FMVZ por ser la casa de estudios donde me he formado como profesional.

A MIS CATEDRÁTICOS: Por todos los conocimientos brindados a lo largo de toda la carrera de Medicina Veterinaria.

A MI ASESORES: M.V. Manuel Eduardo Rodríguez Zea y al M.V. Jaime Rolando Méndez Sosa, por su tiempo, apoyo y orientación en la realización de este trabajo de graduación.

A MIS PADRES: Jorge Arriaga y Karla Guillén, por todo el sacrificio y apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida académica, y formación integral como persona de bien.

A LESLIE DE LEON: Por su compañía, comprensión y apoyo incondicional a lo largo de toda la carrera.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	2
III. OBJETIVOS	3
3.1 Objetivo General:	3
3.2 Objetivos Específicos:	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 ¿Qué son los Mosquitos Hematófagos?	4
4.2 Adaptabilidad de Mosquitos Hematófagos	4
4.3 Enfermedades de Importancia transmitidas por Mosquitos Hematófagos	5
4.3.1 Fiebre Amarilla	5
4.3.2 Paludismo / Malaria	6
4.3.3 Dengue	8
4.3.4 Chikungunya	10
4.3.5 Zika	11
4.4 Enfermedades de los animales transmitidas por Mosquitos	13
4.5 Mosquitos Hematófagos de importancia en Guatemala	13
4.6 Género <i>Aedes</i>	14
4.6.1 Morfología e identificación del mosquito Adulto	15
4.6.2 Ciclo Evolutivo	15
4.7 Género <i>Anopheles</i>	19
4.7.1 Morfología e identificación del mosquito adulto	19
4.7.2 Ciclo Evolutivo	20
4.8 Género <i>Culex</i>	23
4.8.1 Morfología e identificación del mosquito adulto	24
4.8.2 Ciclo Evolutivo	25
4.9 Control de Mosquitos Hematófagos	28
4.9.1 Control por manejo ambiental	28
4.9.2 Control químico	28
4.9.3 Control Biológico	29

4.10 Hipoclorito de Sodio	30
V. MATERIALES Y MÉTODOS	33
5.1 Recursos Humanos	33
5.2 Recursos Biológicos	33
5.2.1 Larvas.....	33
5.3 Recursos de Campo	33
5.3.1 Equipo	33
5.3.2 Reactivos.....	33
5.3.3 Materiales de oficina.....	33
5.4 Recursos de Laboratorio.....	33
5.4.1 Cristalería	33
5.4.2 Instrumental.....	34
5.5 Metodología	34
5.5.1 Diseño del Estudio.....	34
5.5.2 Preparación de recipientes	34
5.5.3 Recolección de larvas.....	34
5.5.4 Preparación del agua de clorada	35
5.5.5 Evaluación de la actividad larvicida	35
5.6 Análisis de Datos	36
5.6.1 Análisis	36
5.6.2 Fórmula	36
5.6.3 Respuesta a medir.....	36
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
6.1 Resultados.....	37
6.2 Discusión	37
VII. CONCLUSIONES.....	40
VIII. RECOMENDACIONES.....	41
IX. RESUMEN.....	42
SUMMARY.....	44
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
XI. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1. Resultados de los cuatro tratamientos empleados.	37
Cuadro No. 2. Gráfica de resultados de tratamiento 1.	53
Cuadro No. 3. Gráfica de resultados de tratamiento 2.	54
Cuadro No. 4. Gráfica de resultados de tratamiento 3.	55
Cuadro No. 5. Gráfica de resultados de tratamiento 4 (control).	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1. Estadios del ciclo de vida del mosquito Anopheles.	51
Figura No. 2. Comparativa de las larvas de los géneros Aedes, Anopheles y Culex.	51
Figura No. 3. Huevecillo de Anopheles con sus flotadores laterales.....	51
Figura No. 4. Depósitos útiles colonizados por la familia Culicidae en Jutiapa, Guatemala: 2009 - 2017. Depósitos con presencia de larvas.	52
Figura No. 5. Depósitos naturales colonizados por la familia Culicidae en Jutiapa, Guatemala: 2009 - 2017. Depósitos con presencia de larvas.	52

I. INTRODUCCIÓN

Los mosquitos hematófagos han tenido gran proliferación debido a su adaptabilidad a los ambientes urbanos, particularmente a viviendas humanas. Dentro de los principales factores que favorecen esto, está la habilidad de los mosquitos para completar su ciclo de vida con ayuda de una gran variedad de recipientes urbanos que contengan agua, como lo son basureros, cementerios, lotes baldíos, etc., y los domésticos como floreros, neumáticos, botellas, bebederos de animales, latas abiertas, depósitos de agua, cisternas, vasijas, todo tipo de recipientes en desuso, y otros recipientes muy pequeños. El déficit de saneamiento básico, cambio climático, cambios demográficos y deforestación, también lo favorecen (Canal & Manrique, 2016).

El presente estudio aborda esta problemática, para lograr un método eficaz con el que se pueda eliminar las larvas de mosquitos hematófagos presentes en la gran variedad de criaderos en los que pueden desarrollarse. Y esto se hará poniendo a prueba diferentes volúmenes de una solución de hipoclorito de sodio al 3% en cierta cantidad de agua determinada. Generando de esta manera, para las personas, el conocimiento del empleo adecuado de esta solución como larvicida.

Además, se hace énfasis sobre la importancia de los métodos de control de los mosquitos, ya que son vectores de enfermedades que afectan al ser humano. Entre las más importantes y que en este estudio se desarrollan están, el dengue, chikungunya, zika, paludismo y fiebre amarilla. Para efectos de este estudio se describen los géneros *Aedes*, *Anopheles* y *Culex*, teniendo gran importancia en el territorio nacional. Se mencionan los métodos de control que anteriormente se han utilizado para disminuir la presencia de estos mosquitos. Y finalmente se recaba información sobre la solución a utilizar como método de control, el hipoclorito de sodio.

II. HIPÓTESIS

- La solución de hipoclorito de sodio al 3% tendrá efecto larvicida in vitro en sus tres volúmenes utilizados.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General:

- Generar conocimiento sobre la efectividad de una solución de hipoclorito de sodio al 3% contra larvas de mosquitos hematófagos.

3.2 Objetivos Específicos:

- Evaluar el efecto larvicida in vitro, de una solución al 3% de hipoclorito de sodio, utilizando tres volúmenes diferentes en una cantidad de agua conocida.
- Determinar cuál de los tres volúmenes de hipoclorito de sodio a utilizar tiene mayor eficacia para el control de mosquitos hematófagos.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 ¿Qué son los Mosquitos Hematófagos?

Mosquito es el nombre genérico con el que se designa al grupo de insectos perteneciente a la familia Culicidae del orden Díptera. Una de las características que presentan estos insectos es que las hembras de la mayoría de las especies son hematófagas, es decir, se alimentan de la sangre de otros animales. De la sangre ingerida obtienen las proteínas necesarias para terminar la maduración de sus huevos (Villacide & Masciocchi, 2013).

4.2 Adaptabilidad de Mosquitos Hematófagos

El manejo inadecuado de los desechos genera un grave impacto al dejar expuestos miles de recipientes descartables no putrescibles y materiales inservibles que son capaces de acumular agua, y en los que algunas especies de insectos, generalmente los mosquitos (*Díptera, Culicidae*), pueden desarrollarse con gran facilidad. Estos depósitos artificiales, cuando contienen agua con carácter temporal, generalmente por efecto de las precipitaciones, constituyen criaderos aptos para diversas especies de culícidos, sobre todo aquellas más oportunistas y que, además, en muchas ocasiones son las más importantes desde el punto de vista sanitario (Borge de Prada, Rodríguez-Sosa, Vásquez-Bautista, Guerrero, & Alarcón-Elbal, 2018).

Los hábitats acuáticos para los mosquitos son contenedores en los que los mosquitos adultos pueden dejar sus huevos. Los mosquitos que transmiten el dengue ponen sus huevos en las paredes de contenedores llenos de agua que están en las casas y patios. Los huevos eclosionan cuando están sumergidos en agua y pueden sobrevivir por meses. Los mosquitos pueden poner docenas de huevos más de cinco veces en su vida (CDC, NCEZID, & DVBD, 2019).

El acúmulo de basuras favorece el incremento de las poblaciones de culícidos. Esto se hace más notable en temporada de lluvias y elevadas

temperaturas, propiciando no solo la acumulación de agua en los residuos, que se convierten en potenciales criaderos, sino también el rápido desarrollo de todas las fases de vida del insecto (Borge de Prada, Rodríguez-Sosa, Vásquez-Bautista, Guerrero, & Alarcón-Elbal, 2018).

4.3 Enfermedades de Importancia transmitidas por Mosquitos Hematófagos

4.3.1 Fiebre Amarilla

La fiebre amarilla es una enfermedad vírica aguda, hemorrágica, transmitida por mosquitos infectados. Su distribución es amplia, encontrándose en América latina, zonas correspondientes al Amazonas y África subsahariana. La enfermedad es producida por el virus de la fiebre amarilla, este es un *arbovirus* del género *Flavivirus* que usa como vector principal a los mosquitos del género *Aedes* que transmiten el virus de un huésped a otro (Canal & Manrique, 2016).

El periodo de incubación es de 3 a 6 días. Muchos casos son asintomáticos, pero cuando hay síntomas, los más frecuentes son fiebre, dolores musculares, sobre todo de espalda, cefaleas, pérdida de apetito y náuseas o vómitos (WHO, Organización Mundial de la Salud, 2019). Aunque, cerca del 15% de los pacientes entran en una segunda fase de la enfermedad, pero más tóxica. En la que regresa la fiebre elevada, y se afectan diferentes sistemas orgánicos. Aparece la ictericia, hemorragias orales, nasales, oculares o gástricas y la función renal puede deteriorarse. Cerca de la mitad de los pacientes que entran a la fase tóxica mueren en un plazo de 10 a 14 días (Canal & Manrique, 2016).

Cada año en el mundo se producen 130 000 casos de fiebre amarilla que causa la muerte de 44 000 personas en países endémicos africanos. Además, el número de casos de fiebre amarilla ha aumentado en los últimos dos decenios, debido a la disminución de inmunidad, la deforestación, la urbanización, los movimientos de población y el cambio climático (Canal & Manrique, 2016).

El diagnóstico de la fiebre amarilla es difícil, sobre todo en las fases tempranas. En los casos más graves puede confundirse con el paludismo grave, la

leptospirosis, las hepatitis víricas (especialmente las formas fulminantes), otras fiebres hemorrágicas, otras infecciones por *flavivirus* (por ejemplo, el dengue hemorrágico) y las intoxicaciones. (WHO, Organización Mundial de la Salud , 2019)

En las fases iniciales de la enfermedad a veces se puede detectar el virus en la sangre mediante la reacción en cadena de la polimerasa con retrotranscriptasa. En fases más avanzadas hay que recurrir a la detección de anticuerpos mediante pruebas de ELISA o de neutralización por reducción de placa. (WHO, Organización Mundial de la Salud , 2019)

No existe un tratamiento para esta enfermedad. Únicamente se pueden y deben instaurar medidas de sostén para combatir la fiebre y la deshidratación. La prevención se basa en la vacunación, que es una de las medidas más importantes para la prevención, una sola dosis es suficiente para conferir inmunidad y protección de por vida (Canal & Manrique, 2016).

4.3.2 Paludismo / Malaria

El paludismo, o malaria, es una enfermedad potencialmente mortal causada por parásitos que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos hembra infectados del género *Anopheles* (WHO, 2018).

El paludismo es la enfermedad parasitaria más importante en el mundo. El organismo que produce el paludismo es un protozoario del género *Plasmodium* perteneciente al subfilo *Apicomplexa* y son cuatro las especies de *Plasmodium* que parasitan al hombre: *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malarie*, *Plasmodium ovale* y *Plasmodium falciparum*. Las tres primeras especies se han descrito en América Latina. El hombre es el único hospedero de las especies de *Plasmodium* mencionadas (Alvarado, 2011).

El esporozoíto inoculado por la vector llega por la sangre hasta el hígado, donde se introduce en los hepatocitos, desarrollándose los esquizontes y reproduciéndose por fisión binaria, bajo la forma de merozoítos. Este desarrollo en el hígado produce una hepatomegalia discreta que generalmente no provoca

sintomatología local; sin embargo, en raras ocasiones, hay manifestaciones de insuficiencia hepática y sintomatología de un proceso infeccioso generalizado con fiebre y malestar general (Alvarado, 2011).

Los glóbulos rojos alterados por el parásito, las sustancias liberadas, principalmente el pigmento malárico, la hemozoína, son captados por el sistema reticuloendotelial, determinando que órganos ricos en dichas células, como son el hígado y el bazo aumentan de tamaño. La destrucción sistemática de los glóbulos rojos determina su disminución, con la consiguiente anemia (Alvarado, 2011).

Durante los primeros días de la infección los síntomas son tan inespecíficos que es imposible distinguir si lo que el paciente está sufriendo es una enfermedad viral, bacteriana o parasitaria. Pero a pesar de que la expresión clínica es tan inespecífica se debe sospechar la presencia de malaria en aquellos individuos que después de estar en zonas palúdicas presenten fiebres elevadas acompañadas de escalofríos. El período de incubación de la parasitosis oscila entre 8 días para *Plasmodium falciparum* y 30 días para *Plasmodium malariae*. En los últimos días del período de incubación pueden presentarse síntomas inespecíficos como mialgias, fotofobia, artralgias, anorexia, náuseas o vómitos. También pueden aparecer otros síntomas no definitorios como esplenomegalia, anemia con o sin trombocitopenia, hipoglucemia y alteraciones inmunológicas. El cuadro clínico se presenta con la aparición de una crisis febril muy característica que se anuncia con fiebre muy alta que puede alcanzar los 41°C. A continuación, el paciente comienza a sudar copiosamente y se empieza a sentir mejor; después de estas fases el paciente queda exhausto y duerme, sintiéndose bien hasta el comienzo del nuevo paroxismo que comienza entre las 36 y 72 horas posteriores dependiendo de la especie que cause el paludismo. (Pereira & Pérez, 2002)

Las técnicas de frotis y gota gruesa son las más utilizadas para el diagnóstico. La forma en la que aparece el parásito dependerá de la fase del ciclo en que se tome la muestra. El examen de sangre en gota gruesa es el paso inicial para el diagnóstico de esta parasitosis. Se coloca en un portaobjetos una gota de sangre lo

suficientemente voluminosa y se tiñe con colorante Giemsa. En caso de que exista la parasitosis, al examinar la muestra al microscopio se observan en el interior de los eritrocitos unos anillos característicos. (Pereira & Pérez, 2002)

El tratamiento del paludismo es complejo y el arsenal terapéutico del que disponemos es muy amplio, si bien han aparecido resistencias a distintos principios activos utilizados en la lucha contra la enfermedad. Un medicamento efectivo frente a las fases exoeritrocíticas no tiene por qué serlo frente a las fases eritrocíticas; por tanto, es muy importante conocer la fase en la que se encuentra la parasitosis para poder actuar sobre ella. El arsenal terapéutico es muy amplio y dentro de él destacamos la quinina, la cloroquina, amodiaquina, las sulfonamidas, clorguanidina, pirimetamina y laprimaquina. (Pereira & Pérez, 2002)

4.3.3 Dengue

El dengue es una enfermedad causada por un virus que se transmite a través de la picadura de un mosquito perteneciente al género *Aedes*, principalmente el *Aedes aegypti*, vector de la enfermedad. Este mosquito tiene hábitos domiciliarios, por lo que la transmisión es predominantemente doméstica (MSAL, 2013).

La enfermedad puede observarse desde procesos asintomáticos hasta cuadros severos. Esta enfermedad generalmente se presenta en climas tropicales y subtropicales de todo el planeta, sobre todo en zonas urbanas y semiurbanas (Canal & Manrique, 2016).

El dengue es un problema creciente para la Salud Pública mundial, debido a varios factores: el cambio climático, el aumento de la población mundial en áreas urbanas de ocurrencia rápida y desorganizada, la insuficiente provisión de agua potable que obliga a su almacenamiento en recipientes caseros habitualmente descubiertos, la inadecuada recolección de residuos y la gran producción de recipientes descartables que sirven como criaderos de mosquitos al igual que los neumáticos desechados. A esto se suman el aumento de viajes y migraciones, fallas

en el control de los vectores y la falta de una vacuna eficaz para prevenir la enfermedad (MSAL, 2013).

Generalmente la primera manifestación clínica es la fiebre de intensidad variable, aunque puede ser antecedida por diversos pródromos. La fiebre se asocia a cefalea y vómitos, así como dolores en el cuerpo que es el cuadro de “dengue clásico” mejor llamada fiebre dengue. En los niños, es frecuente que la fiebre sea la única manifestación clínica o que la fiebre está asociada a síntomas digestivos bastante inespecíficos. La fiebre puede durar de 2 a 7 días y asociarse a trastornos del gusto bastante característicos. Puede haber enrojecimiento de la faringe, aunque otros síntomas y signos del aparato respiratorio no son frecuentes ni importantes. Puede existir dolor abdominal discreto y diarreas, esto último más frecuente en los pacientes menores de dos años y en los adultos (Martínez, 2008).

El dengue grave, antiguamente denominado dengue hemorrágico, se caracteriza por la extravasación severa de plasma, llevando al paciente a shock, o pueden presentarse otras complicaciones como el compromiso intenso de un órgano o sistema (Canal & Manrique, 2016).

El agente etiológico es el virus del dengue, de la familia *Flaviviridae*, del género *Flavivirus*, pertenecientes a los *arbovirus*. Este virus tiene 4 serotipos DEN-1, DEN2, DEN-3 Y DEN-4. Si una persona se recupera de la infección adquiere inmunidad de por vida del serotipo en particular, pero esto no asegura una protección cruzada hacia los otros serotipos (Canal & Manrique, 2016).

Para obtener un diagnóstico indiscutible de la infección por dengue se requiere la confirmación del laboratorio, ya sea por el aislamiento del virus o por la detección de anticuerpos específicos. Para el aislamiento del virus se debe obtener una muestra de suero tan pronto sea posible (dentro de los tres primeros días después de la fecha del comienzo de los síntomas) que permite determinar el serotipo infectante. Para el diagnóstico serológico (IGM dengue) se requiere una muestra de suero en la etapa convaleciente obtenida al menos seis días después

de la fecha de comienzo del primer síntoma. Estas muestras pueden ser analizadas en el laboratorio para detectar anticuerpos anti-dengue por la prueba ELISA (Bacallao & Quintana, 2013)

Cerca de la mitad de la población mundial corre el riesgo de contraer la enfermedad. Y las últimas décadas ha aumentado la incidencia de dengue en el mundo. Se producen 390 millones de infecciones por dengue cada año, de los cuales 96 millones se manifiestan clínicamente (Canal & Manrique, 2016).

4.3.4 Chikungunya

Es una enfermedad emergente, causada por el alfa virus chikungunya (CHIKV) y transmitida por la picadura de mosquitos infectados del género *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*. Los individuos desarrollan inmunidad prolongada que los protege contra la reinfección. Ambos mosquitos también son transmisores del virus del dengue (MSPAS, 2015)

La fiebre chikungunya, es una infección arboviral, causada por un virus ARN del género *alfavirus* de la familia *Togaviridae*. La enfermedad ha afectado a millones de personas y sigue causando epidemias en muchos países. A finales del 2013 se registró la primera transmisión local en las Américas (Canal & Manrique, 2016).

Generalmente esta enfermedad se da en África, Asia y el subcontinente indio. En febrero de 2005, comenzó un importante brote en las islas del océano Índico, importándose casos a Europa. En 2007 se notificó por primera vez casos en Europa; pero no fue hasta diciembre de 2013 que Francia notificó dos casos autóctonos confirmados. Hasta abril de 2015 se registraron 1.379.788 casos sospechosos en las islas del Caribe, los países de América Latina y los Estados Unidos (Canal & Manrique, 2016).

Después de la picadura de un mosquito infectado con CHIKV, la mayoría de los individuos presentarán síntomas tras un período de incubación de tres a siete días (rango: 1–12 días). Sin embargo, no todos los individuos infectados desarrollarán síntomas. Estudios serológicos indican que entre el 3% y el 28% de

las personas con anticuerpos para el CHIKV tienen infecciones asintomáticas. Los individuos con infección aguda por CHIKV con manifestaciones clínicas o asintomáticos, pueden contribuir a la diseminación de la enfermedad si los vectores que transmiten el virus están presentes y activos en la misma zona (OPS, 2011)

Los síntomas comunes que pueden presentarse son fiebre, artralgia, poliartritis, dolor de espalda, cefalea, erupciones cutáneas, etc. Esta enfermedad afecta a todos los grupos de edad y a ambos géneros. Su periodo de incubación es de 3-7 días y puede durar el mismo tiempo en la fase aguda (Canal & Manrique, 2016).

El CHIKV puede causar enfermedad aguda, subaguda y crónica. La enfermedad aguda generalmente se caracteriza por inicio súbito de fiebre alta (típicamente superior a 39°C) y dolor articular severo. Otros signos y síntomas pueden incluir cefalea, dolor de espalda difuso, mialgias, náuseas, vómitos, poliartritis, rash y conjuntivitis. La fase aguda dura entre 3 y 10 días (OPS, 2011)

Actualmente no existe ninguna vacuna o antivírico para tratar esta enfermedad. El tratamiento consiste en aliviar los síntomas. Lo que se recomienda es reducir los números de depósitos de aguas naturales y artificiales que puedan servir como criadero para los mosquitos; uso de repelentes, larvicidas e insecticidas, etc. (Canal & Manrique, 2016).

4.3.5 Zika

Es una enfermedad causada por el virus Zika del género *Flavivirus*, es transmitida por la picadura de los mosquitos del género *Aedes*, principalmente el *Aedes aegypti*. Fue detectada por primera vez en 1947 en monos en la selva de Zika en Uganda (África) mediante una red de monitoreo de fiebre amarilla selvática; hacia 1952 fue detectada en humanos en Uganda y la República unida de Tanzania, desde entonces se han registrado brotes de la enfermedad por este virus en África, las Américas, Asia y el Pacífico. Los primeros brotes se describieron en Yap en el Pacífico en 2007, en la Polinesia francesa en 2013, en Brasil, Colombia y África en

2015. Conjuntamente más de 13 países de las Américas han notificado infecciones por el virus de Zika evidenciando la rápida expansión geográfica del virus principalmente en países tropicales (Canal & Manrique, 2016).

Se reconocen actualmente cinco modos de transmisión, aunque existen reportes de transmisión por otras secreciones corporales: vectorial (vía principal de transmisión), sexual, perinatal, congénita, por transfusión sanguínea y trasplante de órganos y contacto con saliva, orina o sudor (Espinoza, 2017).

Según los primeros reportes de la Organización Mundial de la Salud y de los posteriores de la comunidad médica brasileña, se trata de una enfermedad viral autolimitada, de leve intensidad y evolución benigna, caracterizada por fiebre, cefalea, erupción cutánea maculopapular pruriginosa, hiperemia conjuntival (conjuntivitis) no pruriginosa y no purulenta, artralgia/artritis (con edema, especialmente de las pequeñas articulaciones de las manos y de los pies), mialgias, cefalea, dolor de espalda y manifestaciones digestivas (dolor abdominal, diarrea, estreñimiento); con antecedente de permanencia o viaje a regiones endémicas dentro de los últimos 15 días antes del inicio de síntomas (Espinoza, 2017).

Actualmente, para el diagnóstico del zika se cuenta con métodos directos para determinar el ARN viral, como es el RTPCR en tiempo real, las pruebas de amplificación de ácidos nucleicos (NAAT) y el aislamiento viral, los cuales se constituyen en el estándar para el diagnóstico definitivo, aunque más comúnmente se viene usando el RT-PCR en tiempo real. Además, se cuenta con pruebas serológicas para determinar anticuerpos IgM e IgG mediante la técnica de ELISA y la de neutralización en placas (Cabezas & García, 2017)

Actualmente no existe ninguna vacuna y no existe tratamiento curativo para tratar la enfermedad, el manejo es sintomático y puede llevarse a cabo en casa, guardado reposo y teniendo muy en cuenta la hidratación dado que de ésta principalmente depende que se desencadenen complicaciones o no. Actualmente se encuentra en estudio la relación que existe entre el virus zika y los efectos

congénitos a recién nacidos o su relación con la presencia de síndromes neurológicos, así como la posibilidad de que este virus pueda causar la muerte (Canal & Manrique, 2016)

4.4 Enfermedades de los animales transmitidas por Mosquitos

Las enfermedades, infecciones e infestaciones por especie, de la lista de la OIE, que son transmitidas por mosquitos son las siguientes. Bovinos: fiebre del valle del Rift, enfermedad hemorrágica epizootica. Ovinos/Caprinos: lengua azul, fiebre del valle del Rift, enfermedad hemorrágica epizootica. Equinos: encefalitis equina del oeste, encefalitis equina venezolana, encefalitis japonesa, encefalitis equina del este, fiebre del Nilo occidental. Suinos: encefalitis japonesa. Conejos: mixomatosis, tularemia. Venados: lengua azul, enfermedad hemorrágica epizootica. Aves: fiebre del Nilo occidental, viruela aviar (OIE, 2019). Según Arocha (2019) parasitosis como *Plasmodium*, *Haemoproteus* y *Leucocytozoon*. Perros/Gatos: leishmaniasis, dirofilariasis.

4.5 Mosquitos Hematófagos de importancia en Guatemala

Debe destacarse que el *Aedes aegypti*, sigue siendo el principal mosquito incriminado en la transmisión de los agentes virales de las enfermedades por arbovirus en Guatemala y en la mayor parte de los países de las Américas (Monzón, Rodríguez, Diéguez, Yax, & Iannacone, 2018).

Según Monzón et al. (2018) el registro de géneros de mosquitos de prioridad sanitaria es un primordial elemento a considerar, en el diseño e implementación de estrategias de vigilancia y control más acertadas. Estos datos que son inéditos para el territorio constituyen punto de partida para profundizar en las adaptaciones y requerimientos ecológicos que cada una de las especies reportadas están aprovechando con éxito.

Aedes y *Culex* son dos géneros de mosquitos de importancia epidemiológica, destacándose en las zonas urbanas las especies *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus*, las cuales presentan requerimientos ecológicos notablemente

diferentes para su cría como lo es la predilección por *Cx. quinquefasciatus* de aguas poluídas y ricas en materia orgánica y las aguas limpias y estancadas por *Ae. aegypti*; sin embargo, en varios países es común encontrarlas asociadas en los mismos criaderos compartiendo un gran número de recursos (Leyva, Marquetti, & Montada, 2012).

Culex quinquefasciatus es considerada una especie acentuadamente antropofílica y es el mosquito del género *Culex* que se encuentra asociado con mayor frecuencia al hábitat humano tanto urbano como rural (Salazar & Moncada, 2004).

Los mosquitos son vectores de patógenos que causan enfermedades en humanos y animales; estos patógenos incluyen virus (arbovirus), filarias y protozoos. Los arbovirus se clasifican en las familias *Togaviridae* y *Flaviviridae*. El ciclo natural de transmisión de estos virus involucra, principalmente, mosquitos de los géneros *Culex*, *Aedes*, *Anopheles*, *Psorophora* y *Haemagogus* (Parra-Henao & Suárez, 2012).

Aunque existan diversos géneros de mosquitos hematófagos, para efectos de este estudio se describirán los siguientes tres géneros (*Aedes*, *Anopheles* y *Culex*), debido a su importancia como vectores en la transmisión de las enfermedades descritas anteriormente y su adaptabilidad tanto en sitios urbanos como rurales, pudiendo afectar a gran parte de la población guatemalteca que tiene un deficiente control de los criaderos donde realizan gran parte de su desarrollo.

4.6 Género *Aedes*

Este género está constituido por más de 500 especies, la de mayor trascendencia en el hemisferio occidental es *Aedes aegypti* (Alvarado, 2011)

En el nuevo mundo *A. aegypti* es una especie predominantemente doméstica que se desarrolla en recipientes naturales o artificiales de las viviendas y alrededores. La hembra se alimenta de sangre humana o de animales domésticos. Es raro encontrar el mosquito a más de 100 m de las casas. Debido a esta estrecha

relación con el hombre se dice que es un mosquito urbano. La capacidad de resistencia de los huevos a la desecación es uno de los principales obstáculos para su control, esta condición permite que los huevos puedan transportarse a grandes distancias en recipientes secos. Por lo tanto, la eliminación de los mosquitos adultos y larvas en una localidad no imposibilita la reinfestación a través de huevos. (Sánchez, s.f.)

4.6.1 Morfología e identificación del mosquito Adulto

Aedes aegypti es un mosquito de coloración oscura, con franjas plateadas en sus patas y dorsalmente una estructura en forma de lira, también plateada, sobre el tórax. Es un mosquito huidizo y silencioso, de hábitos diurnos, que reposa habitualmente sobre superficies oscuras y pica preferentemente durante las últimas horas del atardecer y las primeras del amanecer. Cuando una hembra completa su alimentación (2 a 3 cm³ de sangre) desarrollará y pondrá huevos dispersos en distintos lugares lo que asegura la viabilidad de la especie. La hembra es atraída hacia recipientes oscuros o sombreados con paredes duras y lisas, prefiere aguas relativamente limpias con poco contenido de materia orgánica, sin embargo, a la hora de colocar sus huevos, utilizará cualquier recipiente que tenga disponible, independientemente del estado de contaminación del agua (Eiman, Introini, & Ripoll, 2016)

4.6.2 Ciclo Evolutivo

Su ciclo evolutivo se caracteriza por su capacidad de desarrollo en pequeñas colecciones de agua, como son estanques de agua, barriles, floreros, parte interna de neumáticos en desuso, etc. Según la temperatura ambiente, en alrededor de 10 días completa su desarrollo, la mayoría de las especies de *Aedes* tiene actividad diurna o crepuscular (Alvarado 2011)

Su ciclo de vida consiste en cuatro etapas de desarrollo: huevo, cuatro estadios larvales (L1, L2, L3 Y L4), pupa y adulto. Las tres primeras etapas se consideran las etapas inmaduras que se desarrollan en el agua, mientras que la

etapa madura se caracteriza por la aparición del adulto, el cual sobrevive en un medio aéreo- terrestre. En este ciclo se realiza una metamorfosis completa, en condiciones óptimas, puede durar entre 7 y 14 días (Canal & Manrique, 2016)

4.6.2.1 Huevo

Los huevos de *A. aegypti* miden aproximadamente 1 mm de longitud, tienen forma de cigarro y son más tersos que los huevos de la mayoría de las especies que se crían en recipientes. Los huevos son depositados individualmente por encima del nivel del agua en las paredes del recipiente. En el momento de la postura los huevos son blancos, pero muy rápidamente adquieren un color negro brillante. Los huevos son fecundados durante la postura y el desarrollo embrionario generalmente se completa en 48 horas si el ambiente es húmedo y cálido, pero puede prolongarse hasta por 5 días a temperaturas más bajas. Una vez que se ha completado el desarrollo embrionario, los huevos son capaces de resistir largos periodos de desecación, que pueden prolongarse por más de un año en algunas ocasiones. Cuando los huevos son eventualmente mojados, la acción bacteriana de la materia orgánica contenida en el agua disminuye la tensión del oxígeno y proporciona un estímulo para la eclosión (Nelson, 1986).

4.6.2.2 Larva

Los huevos eclosionan de 48 a 72 horas posteriores a su postura dando lugar a formas larvarias, acuáticas, nadadoras, de respiración aérea, que se alimentan por filtración de material en suspensión o acumulado en paredes y fondo del recipiente, para lo cual utilizan las cerdas bucales en forma de abanico. Se asemejan a otras larvas de mosquitos por la cabeza y tórax ovoides y el abdomen con 9 segmentos. El segmento posterior (anal) del abdomen tiene 4 branquias lobuladas para la regulación osmótica y un sifón corto (que las distingue de otras especies de mosquitos) para la respiración en la superficie del agua. La posición en reposo en el agua es casi vertical y se desplazan en el medio líquido con un movimiento serpenteante característico (Eiman, Introini, & Ripoll, 2016)

La larva elongada, sin patas, con pelos enrollados y ramificaciones transversales o simples, distribuidos en todo su cuerpo, pasa a través de cuatro etapas hasta alcanzar la longitud de 10 mm. La cabeza tiene ojos compuestos, antenas hirsutas y partes bucales masticadoras. Los ocho segmentos abdominales llevan dos espiráculos. La abertura anal está rodeada por cuatro procesos papilares flexibles, las branquias anales, su función probablemente sea absorción de agua más que respiración (Alvarado, 2011).

Las larvas mudan tres veces de exoesqueleto, a esto le llamamos los estadios larvales, se diferencia uno del otro por su tamaño; el tiempo de permanencia en esta etapa por lo general se relaciona con la disponibilidad de alimento, la temperatura y la densidad larvaria, si las condiciones son favorables pueden tardar de 8 a 10 días. Las larvas son móviles, la mayoría del tiempo se están alimentando de material orgánico y/o microorganismos disponibles en el agua; son muy sensibles a la luz por lo que se desplazan al fondo de los recipientes, y con sus movimientos serpentinos, característicos de este género, se desplazan a la superficie para tomar aire (Canal & Manrique, 2016)

4.6.2.3 Pupa

El ciclo larvario en condiciones óptimas dura un poco más de 3 semanas. La larva en su cuarta etapa se transforma en una pupa megalocéfala, curva, que semeja un signo de puntuación. Tiene trompas respiratorias en el tórax, una vesícula aérea situada entre las futuras alas del adulto, y un par de aletas superpuestas con pelos terminales en el último segmento abdominal. La etapa de pupa que no se alimenta, dura de dos a cinco días. Al madurar, la piel de la pupa es rota por la vesícula aérea y la actividad del insecto al escapar (Alvarado, 2011).

4.6.2.4 Adulto

El último estado es el adulto alado. Inmediatamente luego de emerger de la pupa permanecen en reposo para lograr el endurecimiento del exoesqueleto y de las alas. Dentro de las 24 horas siguientes, machos y hembras se aparean,

generalmente por única vez en el caso de las hembras y se inicia la etapa reproductora. El apareamiento se realiza por lo general durante el vuelo, una sola inseminación del macho es suficiente para fecundar todos los huevos que una hembra produce durante toda su vida (Eiman, Introini, & Ripoll, 2016).

Su apariencia es aplanada, de insecto pequeño, por lo general son delgados y de largas patas, se caracterizan por ser de color oscuros con franjas blancas-plateadas en el dorso del tórax y en sus patas. Miden cerca de 0.5 a 2 cm, aunque los machos por lo general son más pequeños que las hembras. Además de su tamaño se pueden diferenciar por sus antenas, las de los machos son plumosas y cuentan con largos palpos, mientras que las hembras cuentan con antenas casi desnudas (con pelos cortos y escasos) y palpos muy cortos (Canal & Manrique, 2016).

Los machos son más pequeños que las hembras y viven la mitad de tiempo que ellas, aproximadamente de 7 a 15 días, se alimentan de exudados de frutos, néctar o en general sustancias azucaradas. Las hembras también consumen sustancias azucaradas, pero son hematófagas (su principal fuente de alimentación es la sangre), la sangre les proporciona la energía y proteínas necesarias para desarrollar y depositar los huevos; pueden llegar a vivir más de 30 días (Canal & Manrique, 2016).

Una hembra, ovipositando cada tres o cuatro días en condiciones óptimas, puede llegar a poner alrededor de 700 huevos en el curso de su vida. (Eiman, Introini, & Ripoll, 2016).

Por lo general los adultos no se alejan mucho de su sitio de cría, a menos que les falte algún requerimiento vital. Las hembras son atraídas por los humanos, es por eso que *Aedes aegypti* es considerado un mosquito de hábitos domésticos, pudiéndose encontrar en criaderos poco convencionales como recipientes plásticos, y es que la mayor protección suele brindárselas la vivienda humana pasando

inadvertidos y proliferando grandes poblaciones, esto gracias a los hábitos de descuido y la falta de saneamiento en los hogares (Canal & Manrique, 2016).

4.7 Género *Anopheles*

Estos mosquitos se reproducen depositando sus huevos en diferentes cuerpos de agua con sustratos orgánicos. Así, los criaderos pueden ser naturales (charcos, pantanos, aguajales, etc.) o artificiales (campos de cultivo de arroz bajo riego, piscigranjas, piscinas, estanques, canales, etc.). El proceso biológico del nacimiento de las larvas a partir de los huevos, y su crecimiento y maduración hacia las formas adultas, requieren de condiciones especiales de temperatura y humedad que se encuentran en los climas tropicales, sean valles o selvas, y en las zonas templadas pantanosas (Tineo, y otros, 2003).

4.7.1 Morfología e identificación del mosquito adulto

Los anofelinos adultos se distinguen por la forma del escutelo (un lóbulo transversal en el dorso del tórax, posterior al escudo), el cual es curvo en toda su extensión en vez de trilobulado como en el género *Chagazia* y en los culicinos (Reyes & Sánchez, 2014).

En todos los mosquitos adultos, los machos pueden diferenciarse de las hembras por la presencia de pelos a manera de plumeros en las antenas. Las hembras de los anofelinos pueden distinguirse fácilmente de los otros géneros de mosquitos por los palpos maxilares, que son casi tan largos como la probósis, mientras que, en los otros géneros, generalmente, no tienen más de un quinto del largo de la probósis (Reyes & Sánchez, 2014).

Los anofelinos de ambos sexos se reconocen fácilmente cuando reposan o se alimentan, ya que sus cuerpos, generalmente adoptan una posición formando un ángulo de 30 grados o más con la superficie, mientras que los cuerpos de los otros géneros se mantienen casi paralelos a la misma. Además, la mayoría de los anofelinos poseen las alas moteadas mientras que los culicinos no (Reyes & Sánchez, 2014).

4.7.2 Ciclo Evolutivo

Durante el ciclo de vida, los anofelinos al igual que todos los culícidos experimentan una metamorfosis completa, pasando por las etapas de huevo, la larva y pupa antes de llegar a ser adulto. (Reyes & Sánchez, 2014)

Las hembras adultas de *Anopheles* copulan una vez y continúan poniendo huevos a lo largo de su vida. Estas deben tomar una ingesta sanguínea cada 2-3 días. La sangre es necesaria para el desarrollo de los huevos y ponen una tanda antes de la siguiente alimentación con sangre. Los huevos son depositados en el agua (pozas de lluvia, lagunas, riberas de ríos, lagos, etc.) en tandas de 50 a 200 huevos (Williams & Pinto, 2012).

4.7.2.1 Huevo

Las hembras de los anofelinos ovipositan sobre la superficie del agua, dejando caer los huevecillos mientras revolotean sobre el criadero o bien mientras reposan sobre los detritos y la vegetación marginal (Reyes & Sánchez, 2014).

Los huevecillos son colocados de forma individual y se mantienen a flote por medio de unas cámaras de aire llamadas flotadores las cuales varían en tamaño, forma y patrón de acuerdo con la especie, aunque en ocasiones pueden presentarse variaciones entre las formas de los flotadores en una misma especie (Reyes & Sánchez, 2014)

El tiempo que transcurre para que los huevos eclosionen en larvas depende en gran parte de la temperatura: A unos 30°C, los huevos eclosionan en larvas en unos 2-3 días. En zonas templadas (16°C), en unos 7-14 días (Williams & Pinto, 2012). Pero a diferencia de los aedínos los huevecillos de *Anopheles* no resisten la desecación, algunas especies exhiben cierta tolerancia a ella por espacio de unas cuantas horas (Reyes & Sánchez, 2014).

4.7.2.2 Larva

Al igual que otros mosquitos las larvas de anofelinos presentan cuatro fases de muda denominados "instar" morfológicamente similares excepto por el incremento secuencial de tamaño (Reyes & Sánchez, 2014).

La larva tiene una cabeza bien desarrollada con cepillos bucales utilizados para la alimentación (filtradores). Se alimenta de microorganismos (algas, bacterias) y materia orgánica en el agua donde se crían. La larva de *Anopheles* no tiene sifón respiratorio. Se coloca paralelo a la superficie del agua para respirar. Hay cuatro etapas en el desarrollo de larva, conocidos como instares de L1 a L4 (Williams & Pinto, 2012).

La parte torácica de la larva frecuentemente posee pelos o cerdas largas, que le ayudan a lograr balance y a romper la tensión superficial del cuerpo agua para mantenerse a flote (Reyes & Sánchez, 2014).

El abdomen posee diez segmentos; morfológicamente las larvas de los anofelinos se distinguen fácilmente de otros culicinos por la ausencia del sifón respiratorio el cual es reemplazado por un aparato espiracular situado en el dorso del noveno segmento abdominal que no se proyecta visiblemente del cuerpo. Las larvas también pueden identificarse con facilidad por su característica posición de reposo, paralela a la superficie del agua, en contraste con la de los culícidos que reposan en un ángulo de 45 a 90 grados (Reyes & Sánchez, 2014).

4.7.2.3 Pupa

El desarrollo de larva a pupa tarda cerca de 5-10 días en temperaturas tropicales normales, dependiendo de la especie. La temperatura del agua afecta el tiempo necesario para el desarrollo, el cual es más corto en aguas más cálidas (Williams & Pinto, 2012).

Las pupas se presentan en forma de coma, resultado de la fusión de la cabeza y el tórax para formar un cefalotórax, mientras que el abdomen cuelga debajo. En esta etapa es activamente móvil, capaz de nadar vigorosamente si algo las molesta, usando un par de paletas ubicadas sobre la parte apical del abdomen. Ellas flotan en la superficie cuando están en reposo y respiran aire atmosférico por medio de un par de estructuras llamadas trompetillas, que se proyectan hacia arriba desde el cefalotórax (Reyes & Sánchez, 2014).

Durante esta etapa las pupas no se alimentan y esta fase dura por lo general, de 2 a 3 días. Morfológicamente, son muy similares a las de los culicinos, pero pueden diferenciarse por la presencia de la cerda 9, que es una espina rígida en el margen lateral posterior en el dorso de los segmentos abdominales III al VII, y por la forma y longitud de las trompetillas (Reyes & Sánchez, 2014).

4.7.2.4 Adulto

El adulto usualmente emerge de la pupa al atardecer. Después de emerger de la pupa, el mosquito adulto reposa por un corto período de tiempo con el fin de endurecer su cuerpo. Los mosquitos se aparean poco después de emerger y al atardecer los machos forman grandes enjambres, las hembras vuelan dentro de los enjambres para aparearse (Williams & Pinto, 2012).

La copula dura aproximadamente un minuto, y luego la hembra es liberada. Ambos sexos pueden aparearse varias veces durante su vida, pero los huevos puestos por las hembras son generalmente fecundados por el esperma del primer macho. Casi todas las hembras se aparean antes de su primera alimentación sanguínea. Las partes bucales de los machos no están adaptadas para perforar y chupar sangre, pero sí lo están para alimentarse de néctar, jugos de frutas y de otros fluidos vegetales (Reyes & Sánchez, 2014).

Tanto los mosquitos machos como las hembras se alimentan de néctar para obtener energía. Después de aparearse, los mosquitos hembra salen en búsqueda una ingesta sanguínea, necesaria para el desarrollo de sus huevos. Para algunas

especies una alimentación es suficiente para desarrollar los huevos. En otras especies se requieren dos alimentaciones, al menos para el desarrollo de la primera tanda de huevos. El tiempo que transcurre en *Anopheles* de huevo a adulto puede variar entre 7 días a 31°C y 20 días a 20°C (Williams & Pinto, 2012).

4.8 Género *Culex*

Los miembros de este grupo se distribuyen a lo largo y ancho del planeta, principalmente con dos especies: *Culex pipiens*, presente en zonas templadas y *Cx. quinquefasciatus*, que habita en regiones tropicales y subtropicales y abarca hasta las isothermas de 20 grados centígrados, abunda principalmente en América y África tropical, Medio y Lejano Oriente, sur de Asia, Nueva Guinea, Australia y el sur de Estados Unidos (García & Londoño, 2007).

Culex quinquefasciatus se relaciona de manera importante con la transmisión de la Fiebre del Nilo Occidental. Es una especie que coloniza con notable facilidad un amplio y variado número de sitios de cría, los que pueden ser naturales y artificiales, permanentes o temporales, pero sobre todo aquellos en los que hay abundante materia orgánica en descomposición. Esta especie es una de las más asociadas con *Aedes aegypti* (Diéguez, Mentor, Peña, & Rivero, 2004).

Culex quinquefasciatus es un mosquito que presenta una gran importancia médica, ya que además de las exacerbantes picaduras que infringe a los humanos, es el vector de una amplia gama de enfermedades alrededor del mundo, entre ellas la filariasis linfática humana. *Cx. quinquefasciatus* es vector en alguna parte del mundo de los siguientes virus: Las encefalitis Equina del Este. Oeste, venezolana y San Luis, además de Chikungunya, Río Ross, Umatilla, Oropouche. Park Hart y el Virus del Oeste del Nilo (VON) (Elizondo, 2005).

4.8.1 Morfología e identificación del mosquito adulto

4.8.1.1 Descripción de *Culex quinquefasciatus*.

Hembra adulta: Presenta las bandas basales blancas de los terguitos abdominales ligeramente unidas o enteramente desconectados a los parches laterales. Cabeza: probóscide con escamas oscuras; palpos cortos, oscuros. Occipucio con pocas escamas doradas y escamas bifurcadas erectas en el dorso (escamas bifurcadas de la parte central usualmente blancas, otras café oscuro), con escamas blancas anchas lateralmente. Tórax: Integumento del escudo café: escudo revestido con escamas café doradas curvadas (más toscas que en *Cx. restuans*, *salinarius* y *nigripalpus*), más claro en el espacio prescutelar. Escutelo con escamas y setas café en los lóbulos. Pleura con pequeños parches de escamas blancas. Abdomen: Primer terguito con un parche mediano de escamas café-oscuras; manteniéndose los terguitos con escamas oscuras con reflejos azul verde metálico a bronce, con bandas basales de parches laterales de escamas blancas; cada banda redondeada en el margen posterior ampliamente y estrechamente donde se une a los parches laterales. Vientre con escamas blancas, generalmente con unas pocas escamas de color café. Palas: con escamas oscuras con reflejos bronce a azul-verdoso metálico, superficie superior del fémur y tibia blancos; fémur y tibia apicalmente con escamas blancas. Ala: longitud 3.5 a 4.0 mm, con escamas reducidas y oscuras (Elizondo, 2005).

Macho adulto: Coloración similar a la de la hembra, pero tiene las bandas basales blancas de los terguitos abdominales ampliamente unidos a los parches laterales y no muy redondeadas en los márgenes posteriores. Lóbulos del noveno terguito ampliamente separados, ligeramente elevados cada uno portando varias setas cortas; brazo basal variable en longitud, pero usualmente representado por una protuberancia corta. Falosoma que consiste de dos largas placas esclerotizadas conectados cerca de la base, cada placa con un brazo ventral grande, curvado hacia fuera, estrechándose en un punto; el brazo dorsal largo, esbelto, estrecho, redondeando hasta la punta, dirigida posteriormente y cruzando

sobre el brazo ventral. La distancia entre los puntos de los brazos ventrales y dorsales es corta. Clasper ausente. Basostilo cerca de dos veces y media tan largo como la mitad del tamaño, revestido con numerosas setas, más largo en el aspecto exterior. Lóbulo subapical sin división, portando los siguientes apéndices: dos largas y fuertes varillas y una varilla larga y delgada y las puntas ligeramente en forma de gancho. Dos setas fuertes con las puntas ligeramente en forma de gancho. Dos setas fuertes con las puntas un tanto recurvadas; una varilla gruesa, cerca de dos tercios tan larga como las primeras tres varillas, a menudo con la punta un poco en forma de gancho; un largo y ancho filamento; y una seta estrecha y fuerte. Dististilo cerca de la mitad del tamaño del Basostilo, portando dos pequeñas setas antes del ápice (Elizondo, 2005).

4.8.2 Ciclo Evolutivo

4.8.2.1 Huevo

Los huevos de mosquitos exhiben diferencias generales en la manera en que son depositados y la estrategia empleada para su eclosión. Las hembras grávidas depositan los huevos por encima de la superficie del agua; en estos casos, los huevos embrionan inmediatamente y eclosionan en un corto período y para el caso de *Cx. quinquefasciatus* se depositan en forma grupal formando una especie de balsa que flota, los huevos no presentan movilidad y están sujetos a las variaciones del medio ambiente y pueden presentar adaptaciones diferentes. La hembra deposita los huevos en agua estancada, preferiblemente en horas nocturnas, al principio son blanquecinos, pero al cabo de 1-2 horas se tornan oscuros debido a la oxidación del exocórrion (García & Londoño, 2007).

Para *Cx. quinquefasciatus*, los huevos están unidos formando una balsa de entre 50 y 500 huevos en promedio por hembra, son alargados, 25 dispuestos a un lado uno del otro y con una extremidad más dilatada dirigida hacia abajo. Debido a eso se observa una concavidad en el extremo superior de las balsas que forman. El

periodo de desarrollo embrionario y consecuentemente la incubación de los huevos para *Culex* es de aproximadamente 1 a 1.5 días (García & Londoño, 2007).

4.8.2.2 Larva

La fase larval es esencialmente acuática y dotada de gran movilidad, la alimentación es a base de microorganismos como bacterias, hongos, protozoarios y detritos orgánicos animales o vegetales. Las larvas pueden triturar y morder diferentes alimentos raspar superficies de objetos e ingerir cuerpos voluminosos como crustáceos. La duración de los diferentes estadios larvales no es la misma. De acuerdo a las variaciones específicas de cada fase se puede decir que el segundo y el tercer estadio son más breves que el primero y el periodo más largo corresponde al cuarto, esto se debe a que en la última fase ocurren las transformaciones titulares destinadas a la formación del futuro adulto. En líneas generales la duración del ciclo del periodo larval de culicinos varía alrededor de 8 a 10 días en condiciones normales (García & Londoño, 2007).

4.8.2.3 Pupa

El estadio pupal corresponde a un periodo de transición en el cual ocurren profundas transformaciones que llevan a la formación del adulto y al cambio del hábitat acuático al terrestre. La duración en general es de 2 días bajo condiciones normales. Durante esta etapa ciertos órganos son destruidos como el canal digestivo y otros son reemplazados y reconstruidos por diferentes tipos de células indiferenciadas. Al cabo de dos días en promedio, el caparazón de la pupa se rompe (denominado exuvia) y sale el mosquito adulto (García & Londoño, 2007).

4.8.2.4 Adulto

Los adultos de Culicinos son de hábitat terrestre. En cuanto a que la función primaria de las larvas es alimentación para el crecimiento, la de los adultos reside en la reproducción y dispersión. Entran en una etapa inicial denominada de abrigo en la cual son débiles, buscan sitios para refugiarse y permanecen en reposo. Posteriormente desarrollan su cuerpo elongado, largas patas que le dan estabilidad

aerodinámica y largas alas para que puedan desarrollar los movimientos aéreos (García & Londoño, 2007).

El ciclo de vida desde la eclosión del huevo (alrededor de 48 h. después de puesto) es en promedio de 10 días, a las pocas horas (>24) la hembra está en condiciones de picar y ovipositar dos a tres días después. *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. pipiens* son unas especies originalmente ornitófilas, aunque se pueden alimentar de animales, incluido el hombre. La conducta alimentaria de estos insectos está determinada por su fisiología, requiriéndose un alto contenido proteico en la ingesta para la oviposición de las hembras grávidas. Los huevos se depositan en el agua o en las paredes de recipientes que la contengan, por lo que la asociación al medio acuático obliga a este grupo a permanecer en lugares que provean de estas condiciones en las inmediaciones (García & Londoño, 2007).

Los adultos son de hábitos nocturnos, la alimentación de las hembras es de tipo sanguíneo, por lo tanto, buscan mamíferos y mediante una adaptación que tienen en su anatomía bucal pueden romper la piel y extraer sangre del vertebrado. En la mayoría de las especies, las hembras buscan sitios adecuados que les permitan la postura y eclosión de huevos para la continuidad la colonia. La saliva de la hembra contiene una sustancia que previene la hemostasia y la agregación plaquetaria sanguínea que es la primera línea de defensa del huésped ante la laceración de pequeños vasos sanguíneos. El olor corporal y el dióxido de carbono estimulan los receptores sensitivos de las antenas y los palpos de las hembras para su alimentación. Después de ingerida la sangre se continua el proceso de desarrollo y maduración de huevos. Los machos en general se alimentan de productos de la naturaleza azucarados, extractos frutales y de sustancias que aporten glucosa en general. Si las condiciones de fotoperíodo, temperatura y humedad son adecuadas, el apareamiento entre adultos hembra y macho se lleva a cabo de forma tal que una gran proporción de hembras inseminadas estarán disponibles para alimentación sanguínea. Luego del apareamiento, la mayoría de las hembras se tornan ávidas de sangre y listas para la producción y oviposición (García & Londoño, 2007).

4.9 Control de Mosquitos Hematófagos

4.9.1 Control por manejo ambiental

Trata de minimizar el contacto hombre-vector a través de transformaciones, esto incluye el ordenamiento territorial, promulgación de reglas ambientales que hagan aportes a nivel social y, sobre todo, trata de evitar los efectos negativos de controles químicos.

- Abastecimiento adecuado de agua potable: lo ideal es suministrar el agua con continuidad, cantidad, calidad y precio, esto para evitar el almacenamiento en recipientes y así mismo reducir los criaderos artificiales (Canal & Manrique, 2016).
- Tratamiento adecuado de residuos sólidos: se busca un almacenamiento, recolección, eliminación adecuada, pero sobre todo evitar su generación con reciclaje, reutilización y aprovechamiento. Con esto se intenta reducir la producción de basureros y criaderos endémicos (Canal & Manrique, 2016).
- Modificación de criaderos artificiales: es una estrategia que busca disminuir al máximo los criaderos artificiales, estos pueden ser tanques de agua, baldes, botellas, agujeros de los arboles e inclusive las tapas de recipientes (Canal & Manrique, 2016).
- Mejoramiento del diseño de viviendas: intenta evitar la acumulación de aguas lluvias, entre otros tipos de estancamientos, esto se realiza construyendo adecuados drenajes. Además, para evitar el contacto hombre-vector se deben colocar mosquiteros en puertas, ventanas e inclusive en el sitio de dormir (Canal & Manrique, 2016).

4.9.2 Control químico

El control químico únicamente es recomendado para emergencia, por ejemplo, evitar brotes o epidemias; su principal objetivo es la destrucción rápida y masiva del vector, aunque estas son acciones que se deberían tomar como último recurso (Canal & Manrique, 2016).

- Mosquiteros insecticidas: por lo general son insecticidas piretroides de acción residual que se aplican a los mosquiteros o mallas de protección convencionales, este incluye la acción de barrera y repelente, así como la acción letal del insecticida (Canal & Manrique, 2016).
- Uso de repelentes: esta es una acción complementaria al uso de mosquiteros. Por lo general son cremas, aerosoles o lociones, este es un control individual, y sus costos en relación con su eficacia son muy altos (Canal & Manrique, 2016).
- Dispensadores de insecticida fumigantes: son dispensadores que emiten fumigantes en forma serpentinas, estos además de utilizar sustancias químicas usan electricidad para su funcionamiento, siendo de esta forma muy costosos y poco amigables con el ambiente (Canal & Manrique, 2016).
- Aplicación de larvicidas: este tipo de control busca disminuir en masa la cría de larvas. Incluye el uso de insecticidas químicos en criaderos temporales que son de gran importancia epidemiológica, el problema de estos larvicidas es el corto efecto residual, además requieren de aplicaciones frecuentes. Algunos de los productos más utilizados son: Temephós (ABATE®) (insecticida orgánico fosforado residual), Metoprene, Pyriproxifen (análogos de la hormona juvenil, produce que las larvas se mueren de viejas siendo larvas), Diflubenzuron, Novaluron, Triflumuron (son inhibidores de la síntesis de la quitina) (Canal & Manrique, 2016).

4.9.3 Control Biológico

En este tipo de control se utilizan organismos vivos que sirven como depredadores del vector, entre estos se pueden encontrar:

- *Poecilia reticulata* (guppy), es un pez que resulta eficiente como control de larvas, además no se requieren de otros métodos de control, inclusive los peces pueden alimentarse de microorganismo disminuyendo el costo y siendo más sustentable (Canal & Manrique, 2016).

- El *Bacillus thuringiensis*, es una bacteria Gram-positiva, entomopatógena, que cuenta con d-endotoxina, estas son tóxicas para este tipo de vectores, pero no afecta otros organismos ni al medio ambiente (Canal & Manrique, 2016).

En este tipo de control también se encuentran las plantas, que, básicamente, son la alternativa al uso de sustancias sintéticas. Se ha demostrado que poseen una fuente de metabolitos secundarios o bioactivos químicos para el control de microorganismos, moluscos, nematodos e insectos. Cada especie vegetal ha desarrollado un complejo de sustancias químicas único, que protege contra sus depredadores naturales; y, reduciendo de esta forma los riesgos de resistencia cruzada (Canal & Manrique, 2016).

4.10 Hipoclorito de Sodio

Es un compuesto químico resultante de la mezcla de cloro, hidróxido de sodio y agua. Fue desarrollado por el francés Berthollet en 1787 para blanquear telas. Luego, a finales del siglo XIX, Luis Pasteur comprobó su poder de desinfección, extendiendo su uso a la defensa de la salud contra gérmenes y bacterias (Balandrano, 2007).

El hipoclorito de sodio ha sido definido por la Asociación Americana de Endodoncia como un líquido claro, pálido, verde-amarillento, extremadamente alcalino y con fuerte olor a cloro, que presenta una acción disolvente sobre el tejido necrótico y restos orgánicos, además de ser un potente agente antimicrobiano (Cárdenas, Sánchez, Tinajero, González, & Baires, 2012).

Las acciones del hipoclorito de sodio operan mediante tres mecanismos: Saponificación, donde actúa como un solvente orgánico que degrada los ácidos grasos hacia sales ácidas grasas (jabón) y glicerol (alcohol), reduce la tensión superficial de la solución remanente. Neutralización, donde el hipoclorito de sodio neutraliza aminoácidos formando agua y sal. Y cloraminación. La reacción entre el cloro y el grupo amino forma cloraminas que interfieren en el metabolismo celular.

El cloro posee una acción antimicrobiana inhibiendo enzimas esenciales de las bacterias por medio de oxidación (Balandrano, 2007).

Se ha estudiado la efectividad de diferentes concentraciones de hipoclorito de sodio con respecto a su acción solvente y bactericida. Varios investigadores están de acuerdo que las soluciones con una concentración más alta de hipoclorito de sodio son más efectivas que las soluciones con concentraciones más bajas. La única concentración capaz de remover físicamente la capa de biofilm y volver no viables las bacterias es hipoclorito de sodio al 6%; se estudiaron, in vitro, las zonas de inhibición bacteriana de varias soluciones y se llegó a la conclusión de que la solución de hipoclorito de sodio al 6% es más efectiva que al 3%. Se encontró que la solución al 5% disuelve los tejidos pulpares necróticos más rápido que la solución al 2,5%. Sin embargo, se encontró que la concentración de la solución de hipoclorito de sodio no es tan importante como el cambio constante de la solución y su uso en cantidades significativas (Balandrano, 2007).

La temperatura es un factor importante, ya que, si ésta aumenta, la acción del hipoclorito de sodio se incrementa de manera significativa. Se encontró que el calentamiento del hipoclorito de sodio aumenta bastante la capacidad antibacteriana y de disolución de tejidos, se concluyó que la solución de hipoclorito de sodio al 1% a 45°C es tan efectiva como la solución al 5,25% a 20°C (Balandrano, 2007).

El hipoclorito de sodio es una solución alcalina que posee un pH de aproximadamente 11,6; es importante conservar esta alcalinidad. Se observó que al disminuir el pH del hipoclorito de sodio de 11,6 a 9, con el consecuente cambio en el equilibrio químico con la formación de ácido hipocloroso, disminuyó la velocidad de disolución de tejidos en un rango importante (Balandrano, 2007).

Un factor importante a considerar relacionado con la utilización del hipoclorito de sodio es que con el paso del tiempo se pierde la concentración de cloro dependiendo del tipo de almacenamiento. Se encontró que la solución pierde un 4,6% de cloro cuando se almacena a temperatura ambiente durante 60 días y conforme aumenta el tiempo de almacenamiento también aumenta la pérdida de cloro (Balandrano, 2007).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Recursos Humanos

5.1.1 Br. José Andrés Arriaga Guillén, estudiante de la carrera de Medicina Veterinaria.

5.1.2 Asesores: M.V. Manuel Rodríguez Zea y Jaime Méndez Sosa.

5.1.3 Evaluador: M.V. Carlos Alfaro

5.2 Recursos Biológicos

5.2.1 Larvas

Larvas en conjunto de los géneros *Aedes*, *Anopheles* y *Culex* en sus diferentes estadios larvales (L1, L2, L3 y L4).

5.3 Recursos de Campo

5.3.1 Equipo

Tonel plástico de 105 litros, bomba sumergible, contador de mano metálico, red de pesca pequeña, 4 cajas plásticas de 15 litros, 9 cajas plásticas de 2.1 litros, electrocautín y cedazo.

5.3.2 Reactivos

Hipoclorito de sodio al 3%, test de cloro y agua.

5.3.3 Materiales de oficina

Hojas de papel, lápiz, lapicero, libreta de anotaciones, cinta adhesiva, marcador.

5.4 Recursos de Laboratorio

5.4.1 Cristalería

Beaker de 1000ml.

5.4.2 Instrumental

Pinzas, espátula, pipetas de 3 ml.

5.5 Metodología

5.5.1 Diseño del Estudio

Experimental: cuatro tratamientos.

- Tratamiento 1: 15 ml de hipoclorito de sodio al 3% en 15 litros de agua.
- Tratamiento 2: 30 ml de hipoclorito de sodio al 3% en 15 litros de agua.
- Tratamiento 3: 45 ml de hipoclorito de sodio al 3% en 15 litros de agua.
- Tratamiento 4: 0 ml de hipoclorito de sodio al 3% en 15 litros de agua.

5.5.2 Preparación de recipientes

Se prepararon los recipientes plásticos utilizados para la experimentación y recolección de las larvas. Con un electro cautín, se abrieron agujeros en las tapas de los recipientes, tanto de colecta como los de la experimentación y a cada tapa se le colocó cedazo por la parte interna.

5.5.3 Recolección de larvas

Se identificó por distintos medios, lugares con presencia de mosquitos hematófagos. Una vez identificados los lugares de mayor presencia, se buscaron los sitios probables de ovoposición de los mismos.

En donde se encontraron sitios de oviposición, ya sean, recipientes, charcos, macetas, empozamientos, fuentes, pilas de lavado, etc., se buscó presencia de larvas de mosquitos. Si en algún sitio de oviposición había presencia de larvas, se procedió a llenar un recipiente plástico con el agua de ese sitio.

Se recolectaron larvas en cualquiera de sus estadios, L1, L2, L3 y L4 con la ayuda de una red de pesca pequeña y un colador, siendo depositadas en el recipiente plástico, lleno con el agua del sitio de recolección.

En cada sitio de recolección se llenó un recipiente plástico con el agua de donde se extraerían las larvas, posteriormente las larvas extraídas fueron

depositadas en ese recipiente y se contaron con la ayuda de un contador de mano. Luego se le puso la tapadera a cada recipiente plástico para poder ser transportado.

Se recolectaron un total de 550 larvas, tomando en cuenta que 500 se utilizaron en el estudio, y las 50 extras fueron por si algunas murieran al ser recolectadas y transportadas.

5.5.4 Preparación del agua declorada

Con cinco días de anticipación antes de la experimentación, se llenó el tonel plástico con agua de grifo y se dejó expuesto al sol sin tapadera. Se le colocó una bomba sumergible en el fondo del tonel para que el agua estuviese en movimiento. Al final de los cinco días, se corrió un test rápido de cloro para asegurar que el agua estuviera completamente libre del mismo.

Las soluciones de cloro no deben conservarse en envases destapados por más de 12 horas debido a la evaporación del producto activo, haciendo que las concentraciones de cloro disponible disminuyan. Las formulaciones líquidas a temperatura ambiente; (23°C) pueden conservar sus propiedades cuando se almacenan en contenedores cerrados, en oscuridad y a capacidad completa por un período de un mes. Sin embargo, si se abre y cierra el contenedor durante este período, la concentración original puede disminuir entre 40 y 50% (Arredondo, 2006).

Y según Guerra (2005) la luz solar contribuye a la pronta degradación del cloro.

5.5.5 Evaluación de la actividad larvívora

Se tomaron las cuatro cajas plásticas de 15 litros y estas se llenaron en su totalidad con el agua declorada anteriormente, utilizando como ayuda el beaker de 1000 ml para medir la cantidad exacta de agua.

Con ayuda del contador de mano y la red de pesca pequeña, se colocaron 125 larvas en cada una de las cajas plásticas de 15 litros con agua declorada.

Posteriormente se procedió a colocar 15 ml, 30 ml y 45 ml de la solución de hipoclorito de sodio al 3% en tres de las cajas experimentales respectivamente. La cuarta caja se quedó como grupo control. Cada caja fué titulada con rotulador permanente para poder ser identificada con facilidad.

Se dejaron las unidades experimentales a temperatura ambiente y en un lugar obscuro durante 24 horas.

Al concluir el lapso de 24 horas luego de haber colocado la solución de hipoclorito de sodio al 3% en cada una de las unidades experimentales, se procedió a contar las larvas muertas en cada caja.

5.6 Análisis de Datos

5.6.1 Análisis

Mediante estadística descriptiva se resumió la información obtenida mediante la experimentación; conteniendo los datos de cada unidad experimental, cantidad de larvas, cantidad de hipoclorito de sodio al 3% utilizado y porcentaje de larvas muertas en cada tratamiento. Esto a través de gráficas para una fácil comparativa.

5.6.2 Fórmula

Se evaluó de manera porcentual la cantidad de larvas muertas en cada unidad experimental con la siguiente formula.

$$\% = \frac{\# \text{ Larvas Muertas}}{\# \text{ Total de Larvas en cada unidad experimental}} \times 100$$

5.6.3 Respuesta a medir

Porcentaje de larvas muertas mediante comparativa de graficas en cada tratamiento utilizado, para determinar cual tuvo mayor eficacia.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados

La presente investigación se llevó a cabo con el fin de determinar el efecto larvicida de una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 3%. En este estudio se muestrearon un total de 500 larvas de mosquitos hematófagos, perteneciendo su mayoría a los géneros *Aedes*, *Anopheles* y *Culex* en sus diferentes estadios larvarios. Posteriormente se puso a prueba de manera in vitro, tres tratamientos con diferente cantidad de NaClO y un grupo control.

Cuadro No. 1. Resultados de los cuatro tratamientos empleados.

TRATAMIENTO	NUMERO DE LARVAS MUERTAS	PORCENTAJE DE MORTALIDAD
Tratamiento 1	29	23.20%
Tratamiento 2	54	43.20%
Tratamiento 3	83	66.40%
Tratamiento 4	0	0.00%

6.2 Discusión

El tratamiento con menor efectividad fue el tratamiento 1, en donde se utilizó 15ml de NaClO al 3%, dándonos una mortalidad de 23.20% del total de las 125 larvas utilizadas. Seguido por el tratamiento 2, en el cual se utilizaron 30ml de NaClO al 3%, con una mortalidad de 43.20% en las 125 larvas utilizadas en el tratamiento. Por último, el tratamiento 3, fue el más efectivo, utilizándose 45ml de NaClO al 3%, dando una mortalidad del 66.40% de las 125 larvas utilizadas en ese tratamiento.

Según Arredondo (2006) los compuestos clorados, como el hipoclorito de sodio, tienen cierto nivel de toxicidad al entrar en contacto con la piel y mucosas, lo que podría extrapolarse a éste estudio, ya que pudiera tener el mismo efecto sobre el exoesqueleto de las fases larvarias.

Del total de los tres tratamientos en los que fue utilizado, se pudo determinar que la solución de NaClO al 3% tuvo efecto larvicida sin importar la cantidad empleada, mostrándose una diferencia notable en cada tratamiento, teniendo más mortalidad al incrementar la cantidad de NaClO al 3% utilizado.

Otro indicio del por qué en el presente estudio, hubo efecto larvicida en los tres tratamientos en los que el NaClO fue utilizado, podría estar orientado en lo que describe Balandrano (2007), en donde se menciona que el hipoclorito de sodio tiene gran capacidad para disolver tejidos junto con una acción antibacteriana. Esto podría causar la muerte de las larvas al tener la capacidad de disolver estructuras vitales para las larvas como lo son, exoesqueleto, sifones respiratorios y aparatos espiraculares.

Según Balandrano (2007), la cloraminación, como mecanismo de acción del hipoclorito de sodio, puede interferir en el metabolismo celular, lo que sería otro posible factor letal agregado a la toxicidad y la disolución de tejidos que podría ocurrir al entrar en contacto con las larvas.

En el estudio que realizaron Canal & Manrique (2016), describen un efecto larvicida positivo en el uso de extracto acetónico de *Rosmarinus officinalis* (romero), siendo una alternativa viable para el control de los vectores. El estudio con NaClO, tiene objetivos similares, pero su uso es más práctico debido a que no necesita procesos de extracción y que puede estar al alcance de cualquier persona particular.

En el presente estudio, cada tratamiento se dejó actuar durante 24 horas. Para posteriormente realizar el conteo y determinar la mortalidad total. Pero en estudios como el de Canal & Manrique (2016), se dejó actuar el extracto acetónico frío durante un período de 48 horas, dando una mortalidad del 100%. Para efectos de otros estudios con hipoclorito de sodio, no sería factible realizar una exposición más prolongada debido a que el cloro se evapora con el tiempo.

Alvarado (2011), en su investigación donde evaluó el efecto larvicida de extractos y aceites de plantas del genero *Lippia*, concluye que sólo *L. graveolens*

(orégano) posee un efecto larvicida significativo y su extracto diclorometánico tiene la menor CL_{50} del estudio. En comparación con los resultados obtenidos de este estudio, el único tratamiento que sobrepasa la CL_{50} es el tratamiento 3. El cual alcanza un 66.40% de mortalidad, en cualquiera de los estadios larvarios, dejando en evidencia que es el tratamiento más efectivo del estudio, utilizándose 45ml de NaClO al 3%.

Existen varios métodos de control de vectores, como lo son: por manejo ambiental, control químico con insecticidas, repelentes, fumigantes y control biológico con *Poecilia reticulata* y *Bacillus thuringiensis*, como lo describe Alvarado (2011). El presente estudio demuestra que el hipoclorito de sodio es un compuesto a considerar como método de control ya que actúa como larvicida y podría emplearse contra larvas de vectores, debido a su practicidad, accesibilidad y eficacia.

VII. CONCLUSIONES

7.1 Conclusiones

- La solución de hipoclorito de sodio al 3% tiene efecto larvicida in vitro, en los tres tratamientos utilizados.
- La menor mortalidad (23.20%) se presentó con el tratamiento 1, en el cual se utilizaron 15ml de NaClO al 3% en 15 litros de agua.
- El tratamiento 3, en donde se utilizaron 45ml de NaClO al 3% en 15 litros de agua, fue el único en sobrepasar la CL50, siendo el de mayor eficacia con una mortalidad de 66.40%.

VIII. RECOMENDACIONES

8.1 Recomendaciones

- Investigar la actividad larvica del hipoclorito de sodio con diferentes concentraciones de la solución y en diferentes volúmenes de agua con el fin de encontrar un tratamiento que alcance una mortalidad de 100%.
- Evaluar la efectividad del hipoclorito de sodio contra la fase pupal de los mosquitos hematófagos.
- Investigar si las larvas de mosquitos hematófagos podrían generar resistencia a este método de control.
- Evaluar el efecto larvica del hipoclorito de sodio con un distinto número de horas de exposición a los tratamientos.
- Evaluar el efecto larvica del hipoclorito de sodio contra larvas de mosquitos hematófagos, en presencia de materia orgánica.
- Evaluar el efecto larvica de la clorhexidina como método de control de vectores.
- Informar y difundir a las personas que el hipoclorito de sodio es un método eficaz y accesible para eliminar las larvas de mosquitos hematófagos de los recipientes cotidianos presentes en sus viviendas.

IX. RESUMEN

Los mosquitos hematófagos son un riesgo latente debido a que son vectores de enfermedades que afectan con gravedad tanto a seres humanos como a los animales. Pero la proliferación de los mosquitos puede ser controlada atacando sus formas larvales, las cuales se encuentran de forma más delimitada y pueden ser más vulnerables.

El propósito de la investigación es encontrar un método de control eficaz, práctico y económico, que se pueda utilizar en las viviendas para evitar grandes poblaciones de mosquitos. Ya que estos completan su ciclo biológico con la ayuda de aguas en su mayoría estancadas, tanto en depósitos naturales como artificiales.

Este estudio busca atacar ese factor poniendo a prueba la actividad larvicida que una solución de hipoclorito de sodio al 3% puede tener.

Lo anterior se justifica debido a que los mosquitos hematófagos han tenido gran proliferación debido a su adaptabilidad a los ambientes urbanos, particularmente a viviendas humanas.

El uso del hipoclorito de sodio se fundamenta en que presenta una acción disolvente sobre el tejidos necróticos y restos orgánicos (Cárdenas, Sánchez, Tinajero, González, & Baires, 2012). Además, es un potente agente antimicrobiano inhibiendo enzimas esenciales de las bacterias por medio de oxidación (Balandrano, 2007).

La metodología de esta investigación es de carácter cuantitativo. La información se obtuvo utilizando como larvicida la solución de hipoclorito de sodio al 3%, aplicándola como tres diferentes tratamientos. Se dejó actuar durante 24 horas y al final se contó el número de larvas muertas en cada unidad experimental para ser expresado de manera porcentual.

Los resultados evidencian que el hipoclorito de sodio tiene efecto larvicida sobre larvas de mosquitos hematófagos, dando una mayor mortalidad mientras más cantidad se utilice.

Balandrano (2007) menciona que el hipoclorito de sodio tiene gran capacidad para disolver tejidos junto con una acción antibacteriana. Esto podría causar la muerte de las larvas al tener la capacidad de disolver estructuras vitales para las larvas como lo son, exoesqueleto, sifones respiratorios y aparatos espiraculares.

Se concluye que la solución de hipoclorito de sodio al 3% tiene efecto larvicida in vitro, en los tres tratamientos utilizados. Pero el tratamiento 3, en donde se utilizaron 45ml de NaClO al 3% en 15 litros de agua, fue el único en sobrepasar la CL_{50} , siendo el de mayor eficacia con una mortalidad de 66.40%.

SUMMARY

The blood-sucking mosquitoes are a latent risk because they are vectors of diseases that severely affect humans and animals. But the proliferation of mosquitoes can be controlled by attacking their larval forms, which are more delimited and may be more vulnerable.

The purpose of the research is to find an effective, practical and economical control method that can be used in homes to avoid large populations of mosquitoes. Since these complete their biological cycle with the help of mostly stagnant waters, both in natural and artificial deposits.

This study seeks to attack this factor by testing the larvicidal activity that a 3% sodium hypochlorite solution can have.

This is justified because blood-sucking mosquitoes have had a great proliferation due to their adaptability to urban environments, particularly human dwellings.

The use of sodium hypochlorite is based on the fact that it presents a solvent action on necrotic tissues and organic remains (Cárdenas, Sánchez, Tinajero, González, & Baires, 2012). Furthermore, it is a powerful antimicrobial agent, inhibiting essential bacteria enzymes by means of oxidation (Balandrano, 2007).

The methodology of this research is quantitative. The information is obtained using the 3% sodium hypochlorite solution as a larvicide, applying three different treatments. It was left to act for 24 hours and at the end the number of dead larvae in each experimental unit was counted to be expressed as a percentage.

The results show that sodium hypochlorite has a larvicidal effect on blood-sucking mosquito larvae, giving greater mortality the more it is used.

Balandrano (2007) mentions that sodium hypochlorite has a great capacity to dissolve tissues together with an antibacterial action. This could cause larval death by having the ability to dissolve vital structures for larvae such as exoskeleton, respiratory siphons, and spiracular jigger.

It is concluded that the 3% sodium hypochlorite solution has an in vitro larvicidal effect in the three treatments used. But treatment 3, where 45 ml of 3% NaClO was used in 15 liters of water, was the only one to exceed the LC₅₀, being the most effective with a mortality of 66.40%.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, B. (Marzo de 2011). *Biblioteca USAC*. Obtenido de Determinación de actividad larvívora de seis extractos de planta Lippia contra Aedes aegypti: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3093.pdf
- Arocha, J. (Mayo de 2019). *Repositorio USAC*. Obtenido de Determinación de la presencia de hemoprotosorios, a través del método de frote sanguíneo en gallinas de traspatio y reproductoras de granja en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, en el período de abril a julio, 2018: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11952/1/Tesis%20Med.%20Vet%20Rafael%20Arocha%20L%C3%B3pez.pdf>
- Arredondo, D. (2006). *Repositorio Universidad de Chile*. Obtenido de Aplicación de métodos de asepsia y desinfección en la práctica de la radiología intraoral: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140247/Aplicaci%C3%B3n-de-m%C3%A9todos-de-asepsia-y-desinfecci%C3%B3n-en-la-pr%C3%A1ctica-de-la-radiolog%C3%ADa-intraoral.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bacallao, G., & Quintana, O. (2013). *Medigraphic*. Obtenido de Dengue. Revisión Bibliográfica: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medicadelcentro/mec-2013/mec131r.pdf>
- Balandrano, F. (Abril de 2007). *Revista Científica Odontológica*. Obtenido de Soluciones para irrigación en endodoncia: hipoclorito de sodio y gluconato de clorhexidina: <https://www.redalyc.org/pdf/3242/324227906004.pdf>
- Borge de Prada, M., Rodríguez-Sosa, M., Vásquez-Bautista, Y., Guerrero, K., & Alarcón-Elbal, P. (Septiembre de 2018). *Salud Jalisco*. Obtenido de Mosquitos (Diptera, Culicidae) de importancia médica asociados a residuos sólidos urbanos en Jarabacoa, República Dominicana: <https://www.medigraphic.com/pdfs/saljalisco/sj-2018/sj18Ed.pdf>
- Cabezas, C., & García, P. (Enero de 2017). *Scielo*. Obtenido de Diagnóstico de la infección por el virus zika: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v78n1/a15v78n1.pdf>
- Canal, A., & Manrique, E. (2016). *Universidad Distrital Francisco José de Caldas*. Obtenido de Evaluación del efecto larvívora del extracto acetónico de *Rosmarinus officinalis* (Romero) sobre *Aedes aegypti*, mediante dos métodos de extracción:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4001/1/CanalAlejandraManriqueEsteicy2016.pdf>

- Cárdenas, Á., Sánchez, S., Tinajero, C., González, V., & Baires, L. (2012). *Medigraphic*. Obtenido de Hipoclorito de sodio en irrigación de conductos radiculares: Sondeo de opinión y concentración en productos comerciales: <https://www.medigraphic.com/pdfs/odon/uo-2012/uo124d.pdf>
- CDC, NCEZID, & DVBD. (15 de Enero de 2019). *Centers for Disease Control and Prevention*. Obtenido de Mosquitoes Main Aquatic Habitats: https://www.cdc.gov/Dengue/entomologyEcology/m_habitats.html
- Diéguez, L., Mentor, V., Peña, J., & Rivero, M. (6 de Agosto de 2004). *Scielo*. Obtenido de Presencia de la familia culicidae en el enclave turístico de Santa Lucía, Camagüey y su relación con enfermedades de importancia médico-veterinaria: <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v9n2/amc010205.pdf>
- Eiman, M., Introini, M., & Ripoll, C. (2016). *MSAL*. Obtenido de Directrices para la prevención y control de *Aedes aegypti*: <http://www.msal.gob.ar/images/stories/bes/graficos/0000000235cnt-01-directrices-dengue-2016.pdf>
- Elizondo, A. (Febrero de 2005). *Universidad Autonoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas*. Obtenido de Bionomía de *Culex p. quinquefasciatus* SAY, 1823 y detección del virus del Oeste del Nilo (VON) en los mosquitos (Diptera: culicidae) en municipios del área metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México: <http://eprints.uanl.mx/5823/1/1020150541.PDF>
- Espinoza, M. (18 de enero de 2017). *Scielo*. Obtenido de Aspectos clínicos de la infección por el virus zika: <http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v78n1/a13v78n1.pdf>
- García, O., & Londoño, Y. (2007). *Universidad de La Salle*. Obtenido de Adaptación de *Culex quinquefasciatus* (Díptera: Culicidae) a tres diferentes pisos termicos bajo condiciones de laboratorio: <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/5955/T14.07%20G165a.pdf?sequence=1>
- Guerra, D. (2005). *Redalyc*. Obtenido de Uso de Antisépticos y Desinfectantes : <https://www.redalyc.org/pdf/912/91204113.pdf>
- Leyva, M., Marquetti, M., & Montada, D. (2012). *Scielo*. Obtenido de Segregación de nicho de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) en condiciones de laboratorio: <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v64n2/mtr10212.pdf>

- Martínez, E. (2008). *Scielo*. Obtenido de Dengue: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n64/a04v2264.pdf>
- Monzón, M., Rodríguez, J., Diéguez, L., Yax, P., & Iannacone, J. (2018). *Biotempo (Lima)*. Obtenido de Culicids with medical and veterinary relevance in Jutiapa, Guatemala 2009 - 2017: https://www.researchgate.net/profile/Jose_Iannacone/publication/328175624_Culicids_with_medical_and_veterinary_relevance_in_Jutiapa_Guatemala_2009-2017/links/5bbd0ad5a6fdcc9552dcfa8d/Culicids-with-medical-and-veterinary-relevance-in-Jutiapa-Guatemala-2009
- MSAL. (2013). *Enfermedades Infecciosas Dengue*. Obtenido de Guía para el equipo de salud: <http://www.msal.gob.ar/images/stories/epidemiologia/pdf/guia-dengue.pdf>
- MSPAS. (2015). *Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social*. Obtenido de Guía práctica para el manejo clínico de Dengue y Chikungunya: [http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202016/Manuales/GUIA%20MANEJO%20DENGUE%20GUATEMALA%20\(VIRTUAL\).pdf](http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Publicaciones%202016/Manuales/GUIA%20MANEJO%20DENGUE%20GUATEMALA%20(VIRTUAL).pdf)
- Nelson, M. (1986). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de Aedes Aegypti: Biología y Ecología : http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/28513/PNSP8663_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- OIE. (2019). *Organización Mundial de Sanidad Animal*. Obtenido de Enfermedades, infecciones e infestaciones de la Lista de la OIE en vigor en 2019: <https://www.oie.int/es/sanidad-animal-en-el-mundo/oie-listed-diseases-2019/>
- OPS. (2011). *Organización Panamericana de la Salud*. Obtenido de Preparación y Respuesta ante la eventual introducción del Virus Chikungunya en las Américas: <http://www.paho.org/hq/dmdocuments/Preparacion-respuesta-introduccion-virus-chikungunya-Americas-2011.pdf?ua=1>
- Parra-Henao, G., & Suárez, L. (Junio de 2012). *Scielo*. Obtenido de Mosquitos (Díptera: Culicidae) vectores potenciales de arbovirus en la región de Urabá, noroccidente de Colombia: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-41572012000200013
- Pereira, Á., & Pérez, M. (Junio de 2002). *Elsevier*. Obtenido de Epidemiología y Tratamiento del Paludismo: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-pdf-13033516>

- Reyes, G., & Sánchez, R. (Julio de 2014). *CENAPRECE* . Obtenido de Manual técnico de entomología para el programa de paludismo: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/manual_entomologia_paludismo.pdf
- Rojas, E., García, R., & Morales, A. (Noviembre de 2010). *Repositorio USAC*. Obtenido de Actividad de Extractos Vegetales Sobre Larvas de Insectos de Importancia en Entomología Médica. : http://www.repositorio.usac.edu.gt/11/1/06_2997.pdf
- Salazar, M., & Moncada, L. (2004). *Scielo*. Obtenido de Ciclo de vida de *Culex quinquefasciatus* Say, 1826 (Diptera:Culicidae) bajo condiciones no controladas en Bogotá: <http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v24n4/v24n4a07.pdf>
- Sánchez, L. (s.f.). *Facultad de Farmacia Universidad Complutense*. Obtenido de Papel vectorial del mosquito *Aedes*: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/LAURA%20SANCHEZ%20REAL.pdf>
- Tineo, E., Medina, A., Fallaque, C., Chávez, L., Quispe, S., Mercado, M., . . . Palomino, M. (2003). *Scielo*. Obtenido de Distribución Geográfica y comportamiento estacional de la picadura del *Anopheles (nyssorhynchus) darlingi* root 1926 en localidades de la frontera Perú-Bolivia, Madre de Dios, Perú: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v20n2/a04v20n2>
- Villacide, J., & Masciocchi, M. (2013). *Serie de divulgación sobre insectos de importancia ecológica, económica y sanitaria*. Obtenido de Mosquitos: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-boletin_mosquitos.pdf
- WHO. (11 de Junio de 2018). *Organizacion Mundial de la Salud*. Obtenido de Paludismo: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malaria>
- WHO. (2019). *Organizacion Mundial de la Salud* . Obtenido de Fiebre Amarilla: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever>
- Williams, J., & Pinto, J. (Septiembre de 2012). *PAHO*. Obtenido de Manual de Capacitación en Entomología de la Malaria Para Técnicos en Entomología y Control Vectorial : <https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2012/2012-cha-manual-capacitacion-entomologia-malaria.pdf>

XI. ANEXOS

Figura No. 1. Estadios del ciclo de vida del mosquito *Anopheles*.

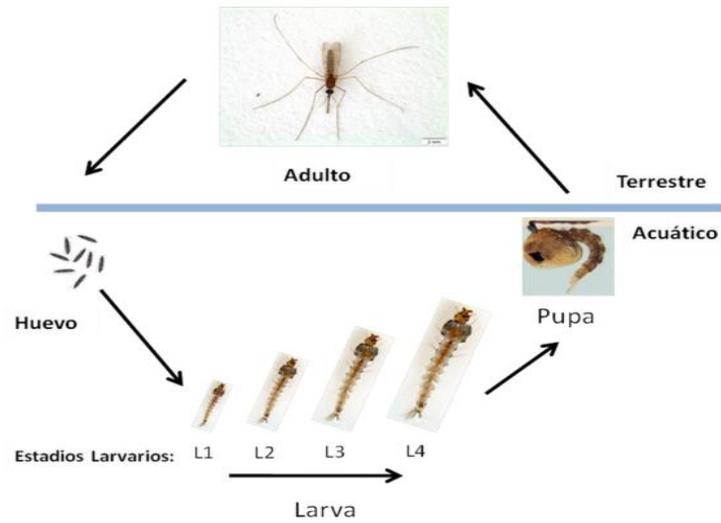


Figura No. 2. Comparativa de las larvas de los géneros *Aedes*, *Anopheles* y *Culex*.

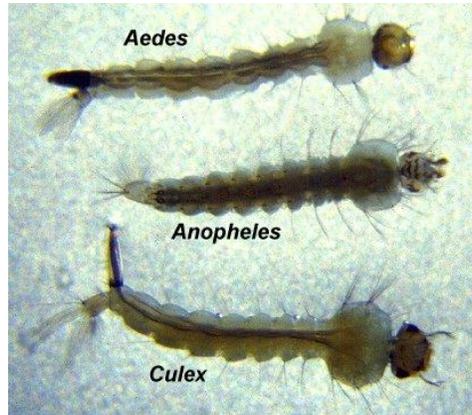


Figura No. 3. Huevecillo de *Anopheles* con sus flotadores laterales.



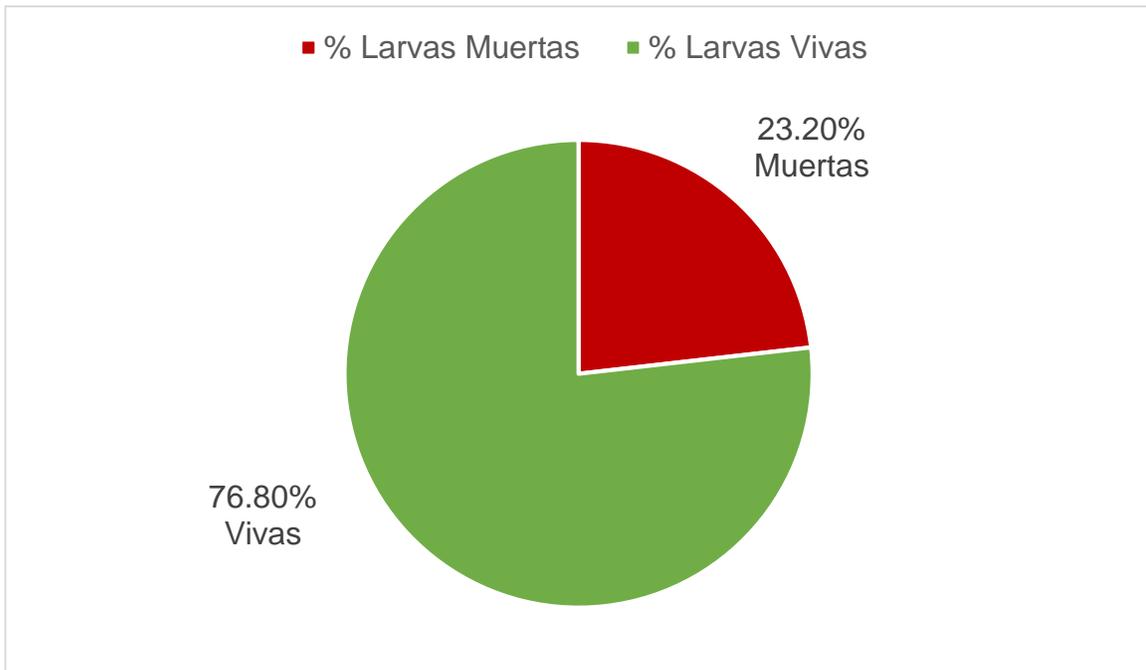
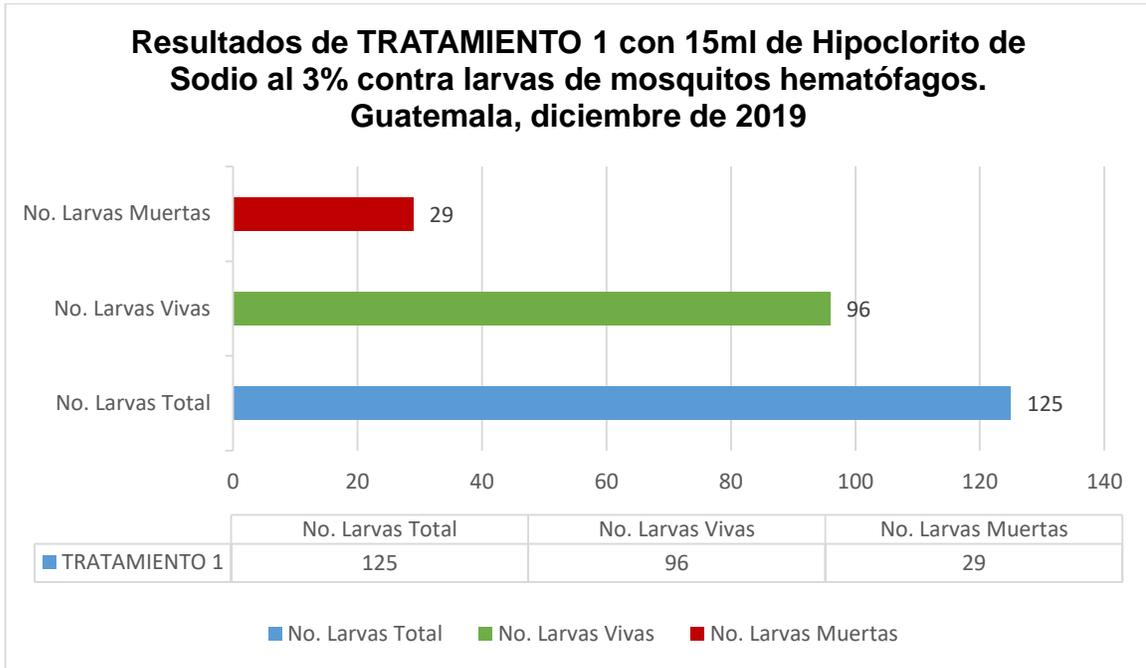
Figura No. 4. Depósitos útiles colonizados por la familia *Culicidae* en Jutiapa, Guatemala: 2009 - 2017. Depósitos con presencia de larvas.

Especies	Pila estándar	Tanque de cemento	Tanque cemento	Tonel metal	Tonel plástico	Florero	Bebedero	Cubeta plástica	Guacal plástico	Palangana	Cántaro de barro	Cántaro plástico	Pileta	Fosa	Total
<i>Aedes aegypti</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		13
<i>Aedes albopictus</i>	X	X		X	X			X				X			6
<i>Aedes atropalpus</i>	X			X		X									3
<i>Anopheles albimanus</i>	X	X		X											3
<i>Anopheles pseudopunctipennis</i>	X	X													2
<i>Culex corniger</i>		X		X					X						3
<i>Culex coronatus</i>	X	X		X	X	X		X							6
<i>Culex interrogator</i>		X						X							2
<i>Culex nigripalpus</i>		X		X				X							3
<i>Culex quinquefasciatus</i>	X	X		X	X	X	X	X	X					X	9
<i>Ochlerotatus scapularis</i>							X								1
<i>Ochlerotatus taeniorhynchus</i>	X			X											2
<i>Psorophora confinnis</i>	X														1
<i>Toxorrynchites theobald</i>				X				X							2
<i>Uranotaenia geométrica</i>		X													1
Total	9	11	1	10	4	4	3	7	3	1	1	2	1	1	

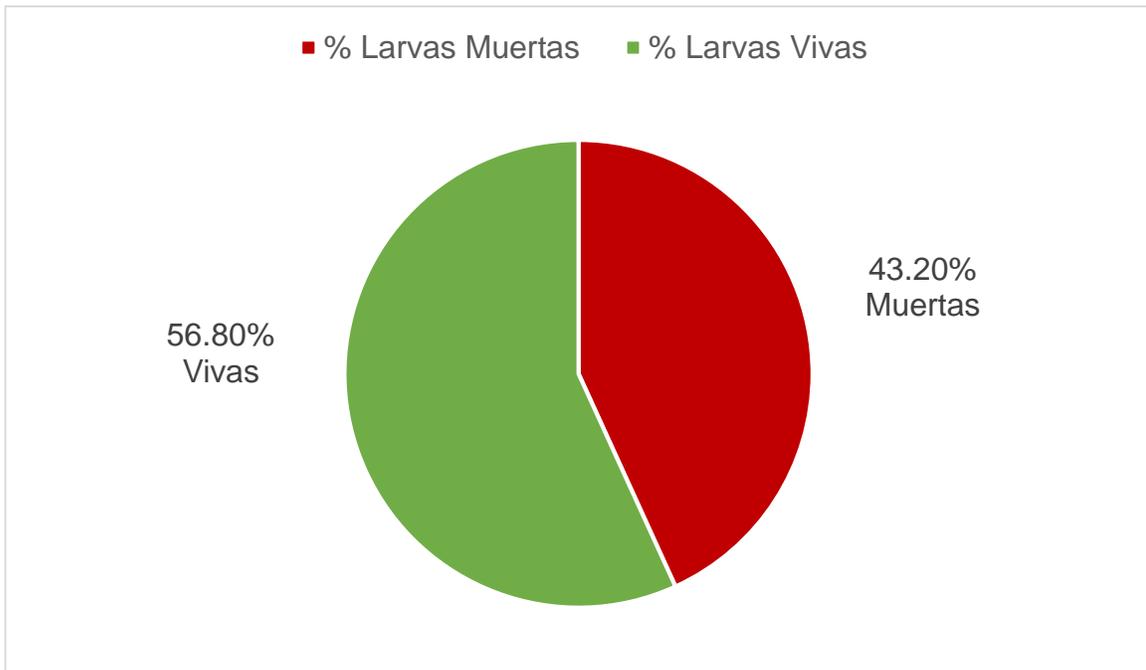
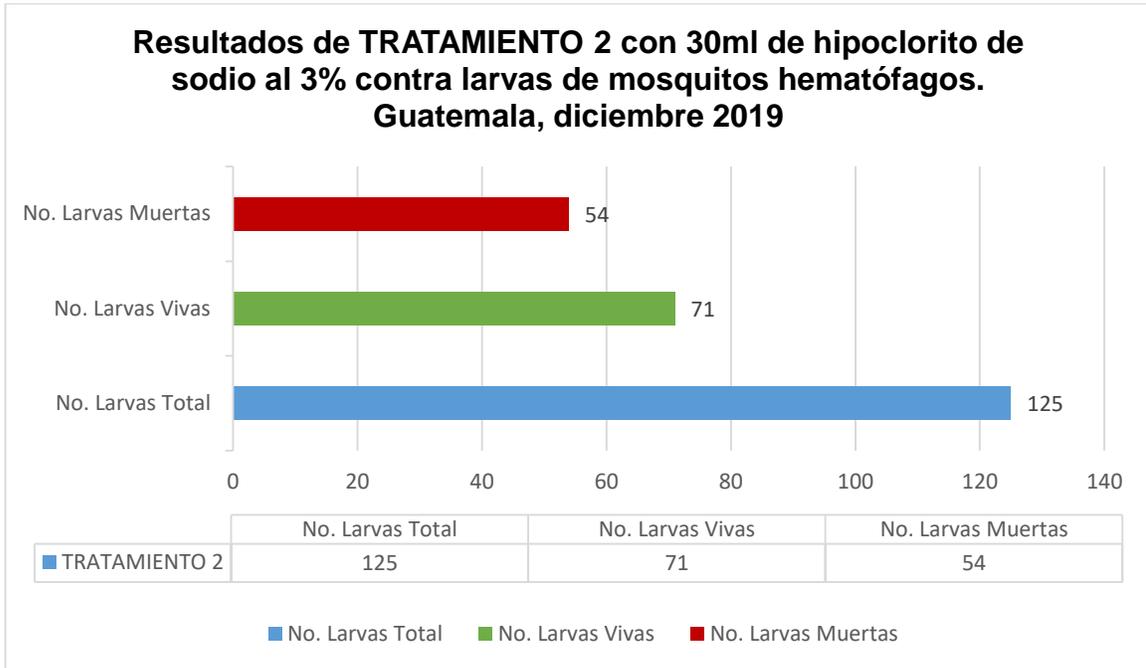
Figura No. 5. Depósitos naturales colonizados por la familia *Culicidae* en Jutiapa, Guatemala: 2009 - 2017. Depósitos con presencia de larvas.

Especies	Cascarón de coco	Laguna	Ciénaga	Arroyo	Aguada	Zanjón	Río	Riachuelo	Árbol	Total
<i>Aedes aegypti</i>	X								X	2
<i>Aedes albopictus</i>	X								X	1
<i>Anopheles albimanus</i>		X	X	X	X		X	X		6
<i>Anopheles pseudopunctipennis</i>					X	X	X			3
<i>Culex corniger</i>						X				1
<i>Culex coronator</i>		X			X		X			3
<i>Culex pilosus</i>		X					X			2
<i>Culex nigripalpus</i>		X				X				2
<i>Culex quinquefasciatus</i>					X	X	X	X		4
<i>Ochlerotatus taeniorhynchus</i>							X			1
<i>Psorophora confinnis</i>					X					1
<i>Toxorrynchites theobald</i>		X								1
<i>Uranotaenia geométrica</i>		X	X		X					3
<i>Uranotaenia sapphirina</i>		X								1
Total	1	7	2	1	6	4	6	2	2	

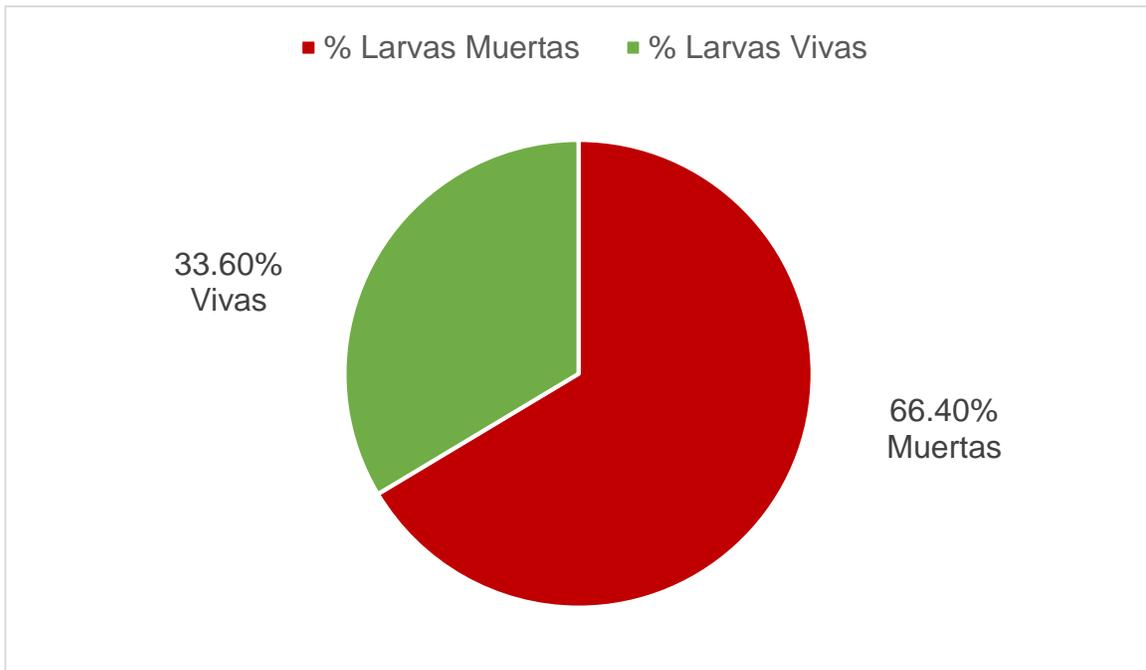
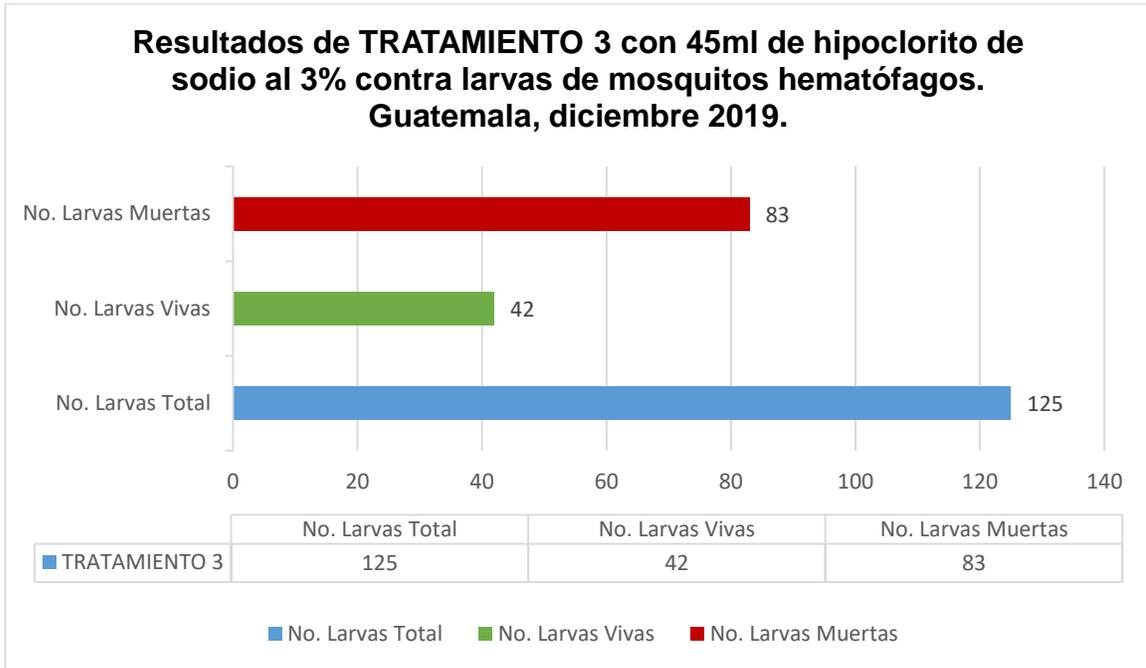
Cuadro No. 2. Gráfica de resultados de tratamiento 1.



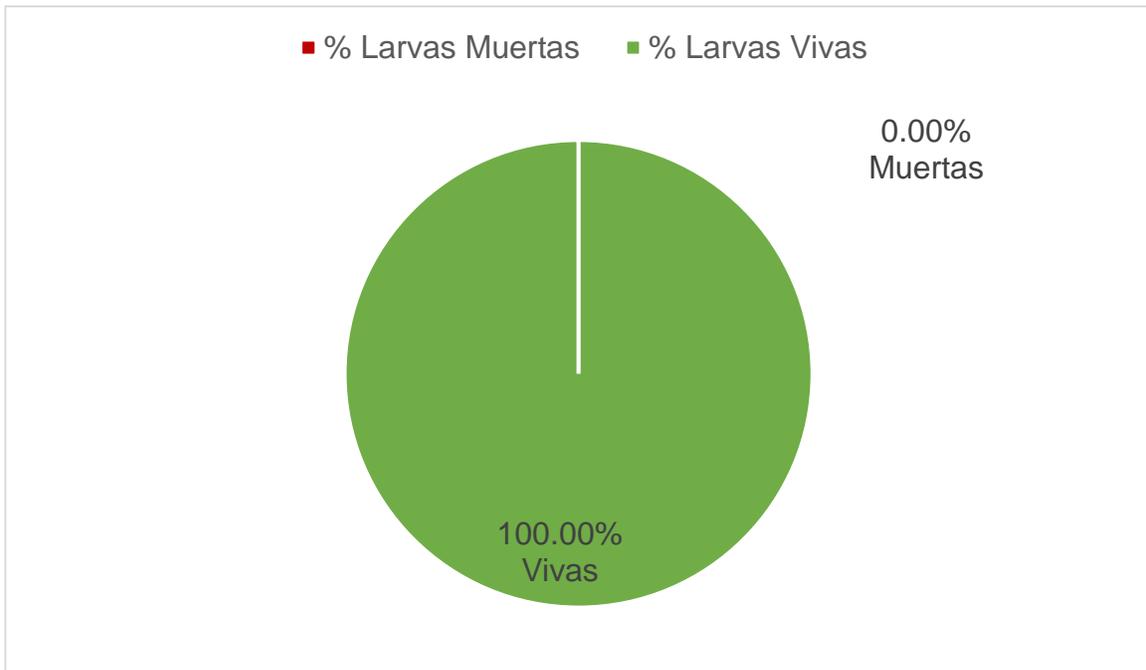
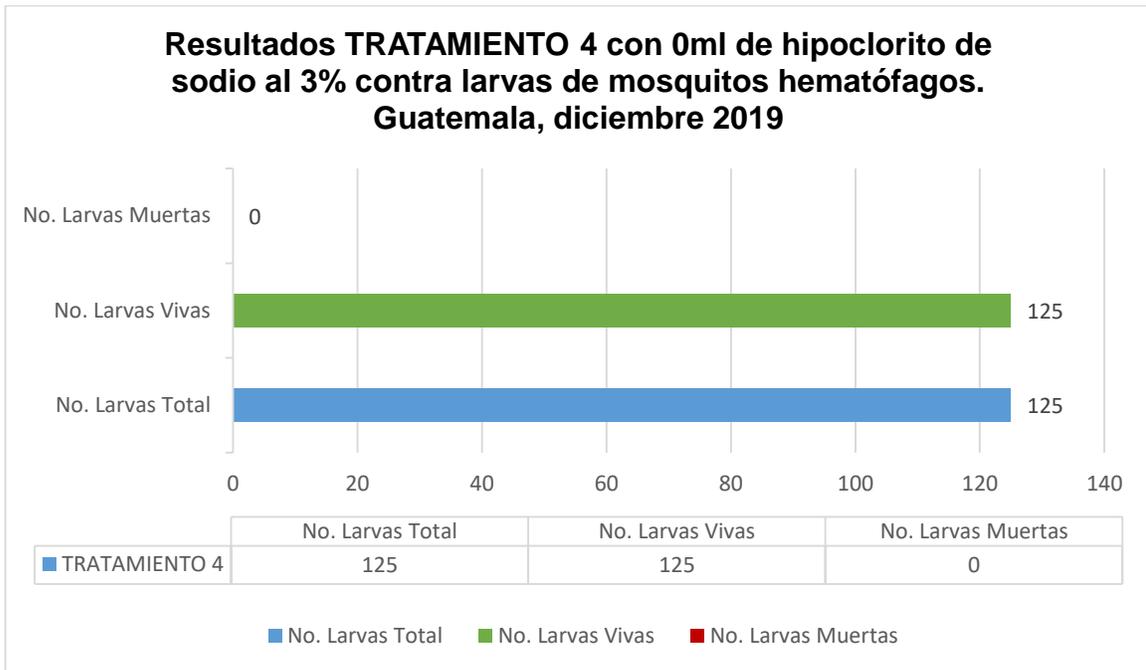
Cuadro No. 3. Gráfica de resultados de tratamiento 2.



Cuadro No. 4. Gráfica de resultados de tratamiento 3.



Cuadro No. 5. Gráfica de resultados de tratamiento 4 (control).



Control de Datos

Tratamiento 1 15ml Hipoclorito de Sodio al 3% en 15 litros de agua	Anotaciones:	
No. Larvas	No. Larvas Vivas	No. Larvas Muertas
125	96	29

Tratamiento 2 30ml Hipoclorito de Sodio al 3% en 15 litros de agua	Anotaciones:	
No. Larvas	No. Larvas Vivas	No. Larvas Muertas
125	71	54

Tratamiento 3 45ml Hipoclorito de Sodio al 3% en 15 litros de agua	Anotaciones:	
No. Larvas	No. Larvas Vivas	No. Larvas Muertas
125	42	83

Tratamiento 4 0 ml Hipoclorito de Sodio al 3% en 15 litros de agua	Anotaciones:	
No. Larvas	No. Larvas Vivas	No. Larvas Muertas
125	125	0

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA

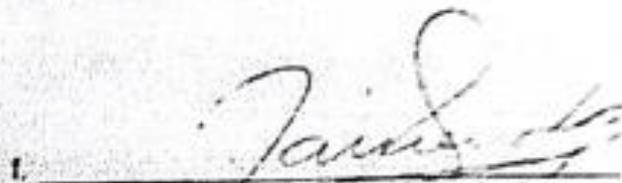
DETERMINACIÓN DEL EFECTO LARVICIDA DE UNA SOLUCIÓN
DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 3% CONTRA LARVAS DE
MOSQUITOS HEMATÓFAGOS IN VITRO.



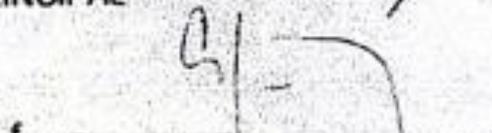
JOSE ANDRÉS ARRIAGA GUILLÉN



M.A. Manuel Eduardo Rodríguez Zea
ASESOR PRINCIPAL



M.A. Jaime Rolando Méndez Sosa
ASESOR



M.V. Carlos Efraín Alfaro Argueta
EVALUADOR

IMPRIMASE



M.A. Gustavo Enrique Taracena Gu
DECANO

