

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Mosquitos urbanos (Diptera:
Culicidae) en la ciudad de Tuxtla
Gutiérrez, Chiapas.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

AYLÍN GONZÁLEZ DÍAZ



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Octubre de 2022
1

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y

ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Mosquitos urbanos (Diptera: Culicidae)
en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

AYLÍN GONZÁLEZ DÍAZ

Director(a)

M. C. Carlos Adolfo Espinosa González

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN ENTOMOLÓGICA Y BIOENSAYOS DE CHIAPAS

Asesor (s)

Biol. Eduardo Dávalos Becerril

**CENTRO NACIONAL DE PROGRAMAS PREVENTIVOS Y CONTROL DE
ENFERMEDADES (CENAPRECE)**

Dr. José Antonio De Fuentes Vicente

Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Octubre de 2022





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
SECRETARÍA GENERAL
DIRECCIÓN DE SERVICIOS ESCOLARES
DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN ESCOLAR
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Lugar: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
Fecha: 27 de octubre de 2022

C. Aylin González Díaz

Pasante del Programa Educativo de: Licenciatura en Biología

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:

Mosquitos urbanos (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Dr. Eduardo Estanislao Espinoza Medinilla

Mtro. Reynaldo Moctezuma Román

Dr. José Antonio De Fuentes Vicente

Firmas:

[Firma] [Firma]
[Firma]

Ccp. Expediente



Agradecimientos

Al M. en C. Carlos Adolfo Espinosa González, por todo el apoyo dado a lo largo de la realización de este proyecto, tanto dentro como fuera de la UIEB.

Al Biólogo Lalo, que aún en la distancia me brindó su apoyo y conocimiento en la identificación de larvas.

Al equipo de la UIEB: el Ing. Miguel, al Bio. Luis, al Doc. Roger, a la Ing. Claudia, a la Biol. Cinthia, al Ing. Mario, al Ing. Lalo, a la Biol. Karen y al Lic. César; por el apoyo que me brindaron durante las recolectas y por hacerme sentir parte del equipo.

Al Mtro. Reynaldo, al Dr. De Fuentes y al Dr. Eduardo por tomarse el tiempo para la revisión de este trabajo.

A mis padres, por siempre alentarme y ayudarme a encontrar el camino en todos los aspectos de mi vida (y por los jalones de orejas cuando lo requería); por siempre creer en mí.

Al Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular, por tener las puertas abiertas para mí.

A mis amigos los *jamaicalovers*: Andy, Rubi, Gis, Les y Andresito, por su amistad y cariño a lo largo de los años, por todos los momentos compartidos. Por estar siempre ahí.

A mis amigas: Jenni, Crista y Jhoselin, por ser mi equipo de aventuras, por las risas y por todos los buenos y malos momentos. Dios nos hizo y la universidad nos juntó, y que estemos mucho tiempo juntas.

“Lo más importante es siempre creer en uno mismo, pero una pequeña ayuda de los demás es una gran bendición”

-Tío Iroh

Dedicatoria

A Dios, porque siempre ha puesto a las personas correctas en los tiempos correctos.

A mi papá, mi mamá y mi hermana; por ser fuente interminable de apoyo y cariño, por estar conmigo en los éxitos y en los fracasos. Sin ustedes no sería lo que soy hoy (no es mucho, pero es trabajo honesto).

A Taiga, por ser mi fiel compañera en los desvelos.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
2. 1. ORDEN DIPTERA	4
2. 1. 1. Suborden Nematocera	5
2. 1. 2. Familia Culicidae	5
2. 1. 2. 1. Ciclo de vida.....	6
2. 1. 2. 2. Características principales.....	7
2. 2. DIVERSIDAD	9
2. 2. 1. Subfamilia Culicinae	9
2. 2. 1. 1. Hábitats larvarios.....	11
2. 2. 1. 2. Importancia médica	11
2. 2. 2. Subfamilia Anophelinae.....	12
2. 2. 2. 1. Hábitats larvarios.....	16
2. 2. 2. 2. Importancia médica	16
2. 3. CICLO DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES.....	16
III. ANTECEDENTES.....	18
IV. OBJETIVOS	21
General	21
Específicos.....	21
V. ZONA DE ESTUDIO	22
5.1. Área de estudio	22
5.2. Áreas de muestreo	22

VI. MÉTODO	24
6.1. Áreas de muestreo	24
6.2. Recolección y preservación	24
6.3. Identificación	25
6.3.1. Quetotaxia larval de culícidos.....	26
6.3.1.1. Morfología de la larva	26
6.3.2. Especies de importancia médica y su distribución.....	27
6.4. Análisis de resultados.....	30
VII. RESULTADOS	31
7.1. Diversidad de especies.....	31
7.1.1. Especies de importancia médica	38
7.2. Nuevos registros.....	40
VIII. DISCUSIÓN	43
IX. CONCLUSIONES.....	50
X. RECOMENDACIONES	51
XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES	52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Áreas de muestreo	25
Cuadro 2 Especies por área de muestreo.....	36
Cuadro 3 Tipología de criaderos larvarios identificados	37
Cuadro 4 Especies de importancia médica	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ciclo de vida culícidos (Gallichotte, <i>et al.</i> , 2021).....	6
Figura 2 Huevos de Culicidae. A y C pertenecen a la subfamilia Culicinae. En la figura B puede distinguirse los flotadores del huevo (Anophelinae) (Aguirre, <i>et al.</i> , 2005).....	9
Figura 3 Larva de Culicinae, puede observarse la presencia de sifón (rojo) y décimo segmento (amarillo) (Tomado de Weinburgh, s.f.).....	10
Figura 4 Larva de Anophelinae, se observa la ausencia de sifón respiratorio y, en su lugar, se aprecia la placa espiracular	13
Figura 5 Cabezas de larvas de la familia Culicidae. Puede observarse la cabeza alargada de Anophelinae (a) y la cabeza ancha de Culicinae (b) (Becker <i>et al.</i> , 2010; citado en Sánchez, 2018).....	14
Figura 6 Principales diferencias entre Culicinae y Anophelinae adultos (Modificado de World Health Organization, 1995)	15
Figura 7 Distribución de áreas de muestreo en la ciudad. A) Zona Sabinal - Terán, b) Zona Joyyo Mayu-Centro-Libramiento Norte, c) Zona El Aguaje – 24 de Junio, d) Convivencia Infantil – Panteón San Marcos, e) Zapotal zona de amortiguamiento	23
Figura 8 Morfología de larva anofelina. Se puede observar la ausencia del sifón (Tomado de Clark-Gil y F. Darsie, 1983).....	28
Figura 9 Morfología de larva culicina (Tomado de Clark-Gil y F. Darsie, 1983)	29
Figura 10 Total de especies identificadas, las más abundantes fueron <i>Ae. aegypti</i> , <i>Cx. quinquefasciatus</i> y <i>Ae. albopictus</i> ; por el contrario, la especie con menos presencia fue <i>Cx interrogator</i>	31
Figura 11 Número de especies totales identificadas por área de muestreo	32

Figura 12 Áreas de muestreo por especie. <i>Aedes aegypti</i> fue la especie mejor representada, ya que se halló en 15 de las 18 áreas muestreadas. <i>Aedes sp</i> , <i>Culex interrogator</i> y <i>Psorophora confinis</i> se hallaron en un área de muestreo	33
Figura 13 Concentración de especies por área de muestreo. Las especies menos frecuentes fueron <i>Aedes epactius</i> (4), <i>Culex bidens</i> (3), <i>Toxorhynchites sp.</i> (3), <i>Ae. scapularis</i> (2), <i>Cx. coronator</i> (2), <i>Cx. thriambus</i> (2), <i>Cx. interrogator</i> (1) y <i>Psorophora confinnis</i> (1)	34
Figura 14 Distribución de especies de importancia médica. Se puede observar que la mayoría de los sitios presentan al menos una especie de importancia médica (rojo apenas visible)	39
Figura 15 Sifón sin sedas cerca del margen basal, peine del sifón seguido de pelos dispuestos irregularmente.....	40
Figura 16 Sifón con tres pelos 1-S multirramificados	41
Figura 17 Pelos 5-7-C con tres ramas	41
Figura 18 Sedas de la cabeza. a) Antena (A) constreñida a partir del pelo 1-A, b) pelo 4-C simple	42

RESUMEN

Los culícidos tienen una gran importancia médica y veterinaria debido a que son reservorio y vectores biológicos de enfermedades, entre las que se destacan son la Malaria, el Dengue, la Fiebre amarilla, el Virus del Oeste del Nilo, Zika, el Chikungunya, la Filariasis y diversas Encefalitis que anualmente afectan a millones de personas en todo el mundo. Las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV) representan un importante problema de salud pública mundial, pues registran altas tasas de morbilidad y mortalidad. Sin embargo, al no haber tratamientos preventivos o de control para estas enfermedades, se requieren de estudios que permitan tanto a la población como a las autoridades correspondientes conocer las especies que son principales vectores de estas enfermedades, tanto su biología como ecología ya que esto permitirá el establecimiento de mejores estrategias para el control de los vectores y las ETV's.

En este trabajo se realizó la colecta de larvas de 4° estadio de mosquitos entre los meses de abril y octubre del 2021 en los principales parques y panteones de Tuxtla Gutiérrez, con el fin de establecer las especies presentes en la ciudad e identificar aquellas que son de importancia médica y que representan un riesgo para la población. Se colectaron un total de 839 larvas distribuidos en cuatro géneros y 11 especies, entre los que se halló *Culex bidens*, una especie cuya presencia no se había vuelto a reportar hasta ahora. Los análisis de diversidad se realizaron con los índices de Margaleff (D_{Mg}) y Shannon (H'), cuyo resultado demostró que los lugares con mayor diversidad de culícidos fueron el Parque del Oriente (D_{Mg} :1.71, H' :1.59), Joyyo Mayu (D_{Mg} :1.54, H' :1.82) y el Centro de Convivencia Infantil (D_{Mg} :1.19, H' :1.43). Por otro lado, los panteones representan zonas de riesgo ya que proveen refugio, alimento, y sitios de cría a los mosquitos, especialmente a las especies de importancia médica. Se encontraron al menos ocho especies que son de importancia médica humana y veterinaria, entre ellas *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*. La presencia de estas especies representa un riesgo a la salud poblaciones ya que se encuentran en sitios de alta concurrencia como parques y panteones.

Palabras clave: Culícidos, ETV, larvas.

ABSTRACT

Culicidae have great medical and veterinary importance because they are a reservoir and biological vectors of diseases, among which are Malaria, Dengue, Yellow Fever, West Nile Virus, Zika, Chikungunya, Filariasis and various Encephalitis that annually kills millions of people around the world. Vector-Borne Diseases represent a major global public health problem, as they have high rates of morbidity and mortality. However, since there are no preventive or control treatments for these diseases, studies are required that allow both the population and the corresponding authorities to know the species that are the main vectors of these diseases, both their biology and ecology, since this will allow the establishment of better strategies for the control of vectors and the diseases.

In this work, the collection of larvae of the 4th stage of mosquitoes was carried out between the months of April and October 2021 in the main parks and cemeteries of Tuxtla Gutiérrez, in order to establish the species present in the city and identify those that are of medical importance and that represents a risk for the population. A total of 839 larvae distributed in four genera and 11 species were collected, including *Culex bidens*, a species whose presence had not been reported until now. The diversity analyzes were carried out with the Margaleff (D_{Mg}) and Shannon (H') indices, the result of which was that the places with the greatest diversity of culicids were Parque del Oriente (D_{Mg} :1.71, H' :1.59), Joyyo Mayu (D_{Mg} :1.54, H' :1.82) and Centro de Convivencia Infantil (D_{Mg} :1.19, H' :1.43). On the other hand, cemeteries represent risk areas since they provide shelter, food, and breeding sites for mosquitoes, especially species of medical importance. At least eight species were found that are of human and veterinary medical importance, including *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* and *Cx. quinquefasciatus*. The presence of these species represents a risk to the health of the populations since they are found in places of high concurrence such as parks and cemeteries.

Keywords: Culicids, ETV, larvae.

I. INTRODUCCIÓN

La familia Culicidae se encuentra conformada por más de 3 000 especies de mosquitos distribuidos en todo el mundo. Estos insectos pertenecen al orden Diptera, mismo que se divide en dos subórdenes en función de sus características morfológicas: Nematocera, con antenas multisegmentadas, y Brachycera, con antenas cortas, fuertes y menos segmentadas. La familia Culicidae se ubica dentro del suborden Nematocera, junto a otras familias de importancia como Phlebotomidae, Simuliidae y Ceratopogonidae. En la familia Culicidae se incluyen dos subfamilias: Culicinae y Anophelinae, que se distribuyen en 11 tribus, 113 géneros y 3 563 especies (Ulloa-García, 2019). Sin embargo, algunas de las especies más importantes son aquellas que se encuentran en los géneros *Anopheles*, *Aedes* y *Culex*. En México se tienen identificados entre 18 y 20 géneros y entre 225 y 247 especies de mosquitos, lo que representa alrededor del 6.4 % del total mundial (Ortega-Morales y Reyes-Villanueva, 2020).

- Sistemática

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Suborden: Nematocera

Familia: Culicidae

Subfamilia: Culicinae

Subfamilia: Anophelinae

Los culícidos tienen una gran importancia médica y veterinaria debido a que son reservorio y vectores biológicos de enfermedades que se transmiten al ser humano y a los animales (Ruiz-López, *et al.*, 2016); los vectores biológicos más comunes son los insectos hematófagos que al alimentarse de la sangre de un portador infectado,

ingieren microorganismos patógenos que, posteriormente, inoculan a otro individuo; como ocurre con las hembras de mosquito.

Dentro de las enfermedades que transmiten los mosquitos, las que se destacan son la Malaria, el Dengue, la Fiebre amarilla, el Virus del Oeste del Nilo, el Chikungunya, Zika, la Filariasis y diversas Encefalitis que anualmente afectan a millones de personas en todo el mundo (Chordá-Olmos, 2014). Las Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV) representan un importante problema de salud pública mundial, pues registran altas tasas de morbilidad y mortalidad; y son provocadas principalmente por bacterias, parásitos o virus (Organización Mundial de la Salud, 2020). Los virus transmitidos por artrópodos vectores son conocidos “arbovirus”, que la Organización Mundial de la Salud (OMS) describe como <<un grupo de virus que existen en la naturaleza principalmente, debido a la transmisión biológica entre huéspedes vertebrados susceptibles por artrópodos hematófagos>>; desde 1992, fueron registrados 535 especies de virus pertenecientes a 14 familias en el Catálogo Internacional de Arbovirus.

De las especies registradas, al menos 100 son causantes de enfermedades zoonóticas, principalmente los que se encuentran en las familias Togaviridae, Flaviviridae, Bunyaviridae y Reoviridae. Si bien los artrópodos vectores son varios, los virus mejor conocidos son aquellos que son transmitidos por los mosquitos y las garrapatas (Arredondo-García, *et al.*, 2016; Weger-Lucarelli, *et al.*, 2018). Según la OMS, las enfermedades por arbovirosis representan el 17% del total de las enfermedades infecciosas en el mundo, con 1 000 millones de casos y un millón de defunciones anuales.

Las ETV's representan un problema importante para México, ya que se encuentran en la gran mayoría del territorio mexicano, principalmente en zonas agrícolas, ganaderas, industriales, pesqueras, petroleras y turísticas; donde se propician las condiciones para la existencia de estos vectores. En México se estima que alrededor del 60% del territorio nacional presenta las condiciones medioambientales, sociales y demográficas necesarias para que las enfermedades

transmisibles por vector puedan propagarse, tal cual es el caso del dengue, zika y chikungunya, transmitidas por el mosquito *Ae. aegypti*, donde se ha visto un aumento de casos y brotes desde los últimos años (Torres-Castro, *et al.*, 2007).

En México, la ETV más común es la del Dengue, transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*, que es un insecto asociado al ambiente urbano doméstico, a los hábitos de la población y a la falta de servicios básicos (Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, 2017). No obstante, el dengue no es la única ETV que circula en el país, pues también se encuentran otras como el paludismo, la oncocercosis, chagas y leishmaniosis.

Pese a que las instituciones de salud mantienen vigilancia sobre los vectores y aplican programas de control, los casos de ETV's se mantienen en México, y particularmente en Chiapas, tanto en ciudades como en zonas rurales; aunado a esto son pocos los estudios que se realizan sobre la identificación de mosquitos presentes en ciudades, y más aún en la etapa larvaria; por lo que el presente estudio se centra en establecer las especies que se hallan en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas , México, y el riesgo que éstas podrían representar para la salud de la población de la ciudad capital.

II. MARCO TEÓRICO

2. 1. ORDEN DIPTERA

El orden Diptera es uno de los grupos de organismos más grandes, reuniendo más de 150 000 especies conocidas (Yeates y Wiegmann, 1999). Los Dípteros han colonizado todos los continentes, incluyendo la Antártica y prácticamente todos los ambientes, excluyendo el mar abierto. Los Dípteros son un grupo monofilético bien definido que se apoya en dos caracteres, alas posteriores reducidas (halteres) y piezas bucales adaptadas para succionar líquidos. Los Dípteros, al igual que todos los insectos, presentan su cuerpo dividido en tres regiones corporales (tagmas), cabeza, tórax y abdomen (McAlpine, 1981).

La cabeza presenta áreas y, en algunas familias, desarrolladas cerdas que tienen importancia en la taxonomía del grupo; las antenas y las piezas bucales son los apéndices de este tagma, destacando entre éstas los palpos maxilares, particularmente importantes en los dípteros hematófagos ya que éstos llevan receptores capaces de detectar la temperatura, ácido láctico y el CO₂ de un hospedero. El tórax está formado por tres segmentos (protórax, mesotórax y metatórax), siendo el mesotórax el más desarrollado ya que aloja, internamente, los músculos del vuelo del único par de alas. Cada segmento lleva un par de patas, el mesotórax el primer par de alas y el metatórax los halteres. El único par de alas exhibe distintas características, entre las que destaca la venación y la setulación de éstas. El abdomen está constituido primitivamente, al igual que el resto de los insectos, por 11 segmentos. Sin embargo, existe una tendencia al acortamiento de esta tagma por coalescencia, reducción o retracción de los segmentos terminales hacia el interior de los segmentos proximales. El tamaño y disposición de la pilosidad y las cerdas de los tergitos o esternitos entregan útiles caracteres de valor taxonómico (González, *et al.*, 2016).

2. 1. 1. Suborden Nematocera

El orden Diptera ha sido clasificado en al menos 130 familias, entre 22-32 superfamilias, ocho a diez infraórdenes y dos subórdenes (Yeates y Wiegmann, 1999). El suborden Brachycera presenta las características de antenas cortas, aunque también varios otros caracteres, e incluyen más de 82 000 especies y sus larvas se encuentran en variados ambientes. Se subdividen en cuatro infraórdenes, destacando Tabanomorpha que reúne especies de las familias Tabanidae y Athericidae, ambas con representantes hematófagos. En cambio, el suborden Nematocera, hoy en día llamados “Diptera Inferiores”, se distinguen, entre otros caracteres de los adultos por presentar patas largas y delgadas además de antenas multisegmentadas. Las larvas presentan una bien desarrollada cápsula cefálica, siendo la gran mayoría de ellas acuáticas o semiacuáticas. Se destacan Culicomorpha y Psychodomorpha que incluyen especies de familias de Diptera de hábitos hematófagos tales como Culicidae (mosquitos), Ceratopogonidae (polvoritas), Simuliidae (jerjeles) y Psychodidae y, por consiguiente, de importancia médica y veterinaria (González, *et al.*, 2016)

2. 1. 2. Familia Culicidae

Los culícidos son insectos cuyo desarrollo post-embriionario es holometábolo, es decir, implica una metamorfosis completa, por lo que su ciclo vital involucra cambios en su forma a través de la muda de cutícula. En la metamorfosis, la muda es inducida por hormonas ecdisteroidales segregadas por las glándulas protorácicas, mientras que el tipo de muda, es decir, de larva-larva, larva-pupa o pupa-adulto, es controlada por hormonas juveniles que reprimen la metamorfosis y que son segregadas por los *corpora allata*, que son glándulas en posición retrocerebral (Andreu, 1997). En estos insectos se presentan varias etapas sucesivas, a saber, huevo, larva, pupa y adulto, de las cuales de huevo a pupa son etapas acuáticas y la última fase (adulto) es terrestre (Ibáñez-Bernal, *et al.*, 2011).

2. 1. 2. 1. Ciclo de vida

Hay cuatro etapas en el ciclo de vida de un mosquito: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1). Ocurrida la cópula, las hembras deben tomar una ingesta sanguínea cada 2-3 días, ya que la sangre es necesaria para el desarrollo de los huevos; las hembras ovipositan antes de la siguiente alimentación con sangre. Los huevos son depositados en el agua (pozas de lluvia, lagunas, riberas de ríos, lagos, etc.) en grupos de 50 a 200 huevos. 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 y Pinto, 2012; Chordá-Olmos, 2014).

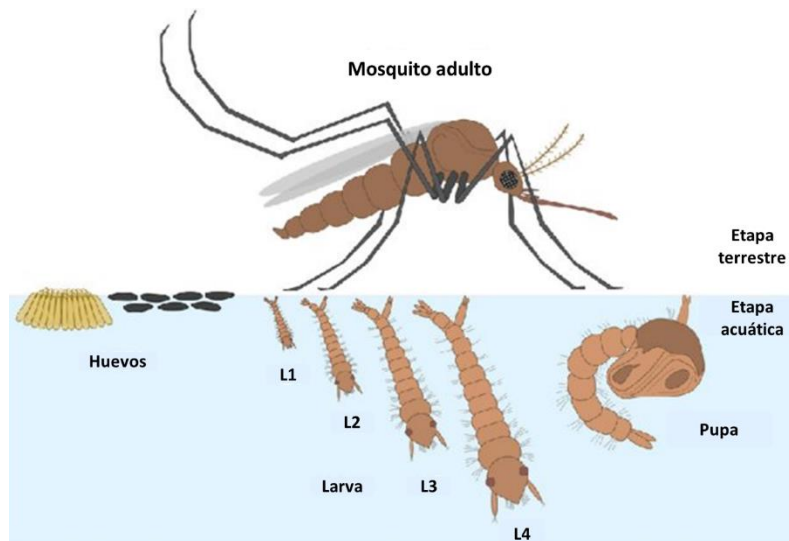


Figura 1 Ciclo de vida culícidos (Gallichotte, *et al.*, 2021)

La larva tiene una cabeza bien desarrollada con "cepillos bucales" utilizados para la alimentación (filtradores); durante esta etapa se alimenta de microorganismos (p. ej. algas, bacterias) y materia orgánica en el agua donde se crían. 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 y Pinto, 2012).

Una vez que emerge la pupa, permanece en la superficie del agua. Tiene un par de trompetas respiratorias a través de las cuales respira cuando está en la superficie. Aunque no se alimenta, la pupa es móvil y responde a los estímulos. Esta es la fase de reposo o inactividad durante la cual ocurre una gran transformación de vivir en el agua para emerger a vivir fuera del agua (Williams y Pinto, 2012). El adulto usualmente emerge de la pupa al atardecer, donde reposa por un corto de tiempo con el fin de endurecer su cuerpo. Los mosquitos se aparean poco después de emerger, los machos forman grandes enjambres, y las hembras vuelan dentro de los enjambres para aparearse. Tanto los mosquitos machos como las hembras se alimentan de néctar para obtener energía, las dos subfamilias se distinguen entre sí principalmente por la longitud y forma de los palpos (Williams y Pinto, 2012).

2. 1. 2. 2. Características principales

Los adultos de culícidos son pequeños de entre 3.0 a 9.0 mm de largo, cuerpo, patas y alas alargadas, con colores variables; superficie corporal cubierta de escamas, setas y fina pilosidad lo que otorga patrones de ornamentación característicos para cada especie. La cabeza es pequeña, con forma globular y con ojos reniformes, pero carecen de ocelos. La antena presenta el escapo muy pequeño, seguido de un pedicelo globular grande y 13 flagelómeros largos y delgados; cada flagelómero presenta sedas que son más numerosas y largas en el macho. Las piezas bucales conforman una probóscide mucho más larga que la cabeza y bastante delgada. Se observa un par de palpos (maxilares) que en el macho son iguales o más largos que la probóscide y en la hembra muy cortos o tan largos como la probóscide. El tórax está cubierto por escamas en la parte dorsal. El ala es delgada y tiene al menos diez venas que alcanzan el margen, estando siempre recubiertas por escamas. El abdomen es largo y delgado, con forma casi cilíndrica. Los segmentos terminales del macho están muy modificados y rotan 180°, lo que permite la cópula al vuelo. En la hembra los segmentos terminales del abdomen nunca sufren esa rotación y sólo se observa un par de cercos pequeños en su extremo terminal (Ibáñez-Bernal, *et al.*, 2011).

La larva pasa por cuatro estadios durante los cuales se observa un aumento en el tamaño de larva, sin embargo, este incremento viene acompañado del cambio en algunos caracteres diagnósticos tales como el tamaño de la cápsula cefálica, el número de dientes del peine o el incremento en el número de ramificaciones de ciertas sedas, que son usados para su identificación diagnóstica cuando la larva se encuentra en el cuarto estadio larval (Sánchez Romero, 2018).

Durante esta fase, presenta su cuerpo ornamentado con numerosas setas, las cuales son importantes para la clasificación e identificación a nivel específico. Tienen el cuerpo dividido en tres partes: la cápsula cefálica completamente esclerotizada, un tórax aplastado formado por tres segmentos fusionados, claramente más ancho que las otras regiones del cuerpo en los estadios completamente desarrollados, y el abdomen formado por 10 segmentos. Para respirar, la larva se dirige constantemente a la superficie del agua, no obstante, mientras está sumergida, este mismo proceso se lleva a cabo a través del tegumento. En el extremo posterior del abdomen se sitúan un par de espiráculos, que en algunas especies se ubica dorsalmente en el octavo segmento (como sucede en *Anopheles*) o en otras en el extremo del sifón dorsal. Por otro lado, las larvas de *Mansonia* se fijan a estructuras vegetales sumergidas mediante el sifón, por lo que obtienen el oxígeno directamente de la planta (Rossi y Almirón, 2004). Las larvas de mosquito se distinguen de las demás larvas de dípteros por la combinación de los siguientes caracteres: la presencia de brochas bucales, con excepción de las larvas carnívoras, por ejemplo, *Toxorhynchites*, el tórax expandido y el tubo respiratorio tubular o cilíndrico, el sifón (aunque no está presente en todas las especies) (Sánchez Romero, 2018).

Durante la etapa de pupa el cuerpo tiene forma de “coma” cuando se observa en vista lateral, y está compuesto por el cefalotórax y el abdomen. El cefalotórax es una unidad compacta ancha y oval, dorsalmente presenta un par de estructuras tubulares esclerotizadas con forma de trompeta, que le permiten respirar el aire atmosférico; en las trompetas se distinguen dos partes, una basal con aspecto tubular llamada meatus y otra distal que se comunica con el exterior llamada pinna. El

abdomen de la pupa es largo, delgado y curvo, estando compuesto por ocho segmentos, en cuyo ápice se encuentra un par de paletillas caudales anchas con función natatoria (Ibáñez-Bernal, *et al.*, 2011). En este periodo se producen cambios que llevan a la formación del adulto y al cambio del hábitat acuático por el terrestre, la pupa tampoco se alimenta por lo que los cambios se efectúan con la energía acumulada de la etapa larval (Rossi y Almirón, 2004).

2. 2. DIVERSIDAD

La familia Culicidae se divide en dos subfamilias: Culicinae y Anophelinae; ambas comprenden una gran variedad de tribus y géneros. Solo Culicinae se divide en 11 tribus, de las cuales nueve se encuentran distribuidas en México (Ortega-Morales y Reyes-Villanueva, 2020).

2. 2. 1. Subfamilia Culicinae

La subfamilia Culicinae se divide en 11 tribus: Aedeomyiini, Aedini, Culicini, Culisetini, Ficalbiini, Hodgesiini, Mansoniini, Orthopodomyiini, Sabethini, Toxorhynchitini y Uranotaeniini que se distribuyen en 41 géneros y más de 3 000 especies. Esta subfamilia puede distinguirse de Anophelinae en la etapa de huevo por la forma que presentan, pues no poseen flotadores (Figura 2) y tienen una forma elipsoide (Vargas, 1998; Berenguer, 2007). También suelen ovipositar de manera individual o en pequeños grupos llamados navicelos (Chordá-Olmos, 2014).



Figura 2 Huevos de Culicidae. A y C pertenecen a la subfamilia Culicinae. En la figura B puede distinguirse los flotadores del huevo (Anophelinae) (Aguirre, *et al.*, 2005)

Las larvas de culicinos presentan tres tagmas principales que son: la cabeza, el tórax y el abdomen (Berenguer, 2007; Sánchez Romero, 2018). Sin embargo, su principal característica diagnóstica es la que se encuentra en el abdomen. El tercer tagma, el abdomen, se encuentra dividido en ocho segmentos distinguibles, de los cuales en el octavo se encuentra el sifón y el esclerito anal (Figura 3). El sifón respiratorio presenta una fila de espinas dorsal y ventral que forman los peines sifónicos, acompañados de uno o varios pelos, durante este periodo, las larvas se disponen en posición oblicua con respecto a la superficie para adquirir oxígeno. En esta fase, se observa el incremento de tamaño (Vargas, 1998; Chordá-Olmos, 2014; Sánchez Romero, 2018).



Figura 3 Larva de Culicinae, puede observarse la presencia de sifón (rojo) y décimo segmento (amarillo) (Tomado de Weinburgh, s.f.)

En la fase de pupa, la región cefálica y torácica se encuentran unidas, por lo que reciben el nombre de cefalotórax; el abdomen se compone de ocho segmentos que, durante el reposo, se encuentran recogidos debajo del cefalotórax de la pupa, y cuyo movimiento permite el desplazamiento de la pupa en el agua, aunque generalmente se mantiene cerca de la superficie. Poseen un par de trompetas respiratorias en el cefalotórax en las que se aprecian dos partes, el meatus y la pinna y que, a diferencia de Anophelinae, la pinna es estrecha y el meatus alargado (Sánchez Romero, 2018).

Finalmente, durante la fase de adulto, las especies de esta subfamilia se distinguen por la longitud y forma de los palpos; pues en las hembras éstos son más cortos que la probóscide. En esta etapa se puede apreciar otra característica distintiva, debido a que los culicinos reposan contra las superficies de forma paralela, mientras que los anofelinos lo hacen formando un ángulo con ésta (Berenguer, 2007; Chordá-Olmos, 2014; Sánchez Romero, 2018).

2. 2. 1. 1. Hábitats larvarios

El ciclo biológico de los culicinos se desarrolla mayormente en el agua, y existen distintos factores que influyen sobre la presencia de larvas en un cuerpo de agua, como, por ejemplo: salobridad del agua, cantidad de luz o sombra, vegetación superficial o circundante, agua corriente o estancada, si el cuerpo es grande o pequeño. Sin embargo, para estos insectos, incluso los cuerpos de agua temporales como huecos en las superficies (rocas o troncos de árboles) o en contenedores dentro o cercanos a los hogares pueden ser un potencial criadero larval (Berenguer, 2007).

Algunas especies de la subfamilia, como *Culex quinquefasciatus* y *Aedes aegypti*, muestran cierta preferencia por los criaderos artificiales, es decir, aquellos manufacturados por el hombre como botellas, cubetas, latas, floreros, neumáticos y otros recipientes que, según diversos estudios, se encuentran cercanos o dentro de los domicilios. No obstante, hay especies que prefieren los criaderos naturales, tal es el caso de *Ae. sollicitans*, o incluso llegan depositar sus huevos en desagües, como *Ae. scapularis* (Stein, *et al.*, 2002; Zapata-Peniche, *et al.*, 2007).

2. 2. 1. 2. Importancia médica

La subfamilia Culicinae se considera de gran importancia médica ya que posee a varios de los vectores de distintos patógenos que provocan enfermedades como la fiebre amarilla, dengue, encefalitis equina venezolana, virus del oeste del Nilo, Mayaro (Rubio-Palis, *et al.*, 2014). En América, según la Organización Panamericana de la Salud (OPS), los vectores de mayor importancia son aquellos que se encuentran en los géneros *Culex* y *Aedes*, pues son transmisores de filariasis linfática y de zika,

dengue, chinkungunya y fiebre amarilla, respectivamente. Estas enfermedades presentan altas carga de morbilidad y mortalidad para las familias y comunidades, además de que representan altos costos y sobrecargas de los sistemas de salud de los países, y se considera que al menos el 80% de la población se encuentra en riesgo de contraer alguna de estas enfermedades (Organización Panamericana de la Salud, 2020).

2. 2. 2. Subfamilia Anophelinae

La subfamilia Anophelinae incluye tres géneros: *Anopheles*, *Bironella* Theobald, 1905 y *Chagasia* Cruz, 1906. El género *Bironella* incluye aproximadamente nueve especies presentes en Europa, África y Oceanía (Knight y Stone, 1977); mientras que el género *Chagasia* tiene una distribución limitada a la región Neotropical donde se han descrito cuatro especies: *Ch. bathana* (Dyar, 1928), *Ch. bonnae* Root, 1927, *Ch. fajardo* (Lutz, 1904) y *Ch. rozeboomi* Causey, Deane y Deane, 1944 (Knight y Stone, 1977). El género *Anopheles* contiene unas 430 especies distribuidas en seis subgéneros, a saber: *Anopheles* Meigen, 1818, *Cellia* Christophers, 1902, *Kerteszia* Theobald, 1905, *Lophopodomys* Antunes, 1937, *Nyssorhynchus* Blanchard, 1902 y *Stethomyia* Theobald, 1902 (Rubio-Palis, 2005).

A diferencia de las especies de Culicinae, en su lugar, en el octavo segmento abdominal poseen una placa espiracular que les permite respirar (Figura 4) y por tener la cabeza más larga que ancha, respecto a Culicinae (Figura 5) (Berenguer, 2007; Sánchez Romero, 2018). Otra diferencia presente en Anophelinae, es la manera en que reposan las larvas en el agua; mientras que en Culicinae éstas se encuentran en posición vertical, las larvas anofelinas se posicionan paralelas a la superficie del agua, esto debido a que los espiráculos en las placas son usados para obtener oxígeno (Figura 4) (Rossi y Almirón, 2004).

En la etapa adulta, puede distinguirse la forma de los palpos y probóscide para distinguirlos de culicinos. En Anophelinae los palpos suelen ser tan largos como la

probóscide, y en los machos anophelinos la terminación de los palpos tiene forma de maza (Figura 6) (World Health Organization, 1995; Williams y Pinto, 2012).

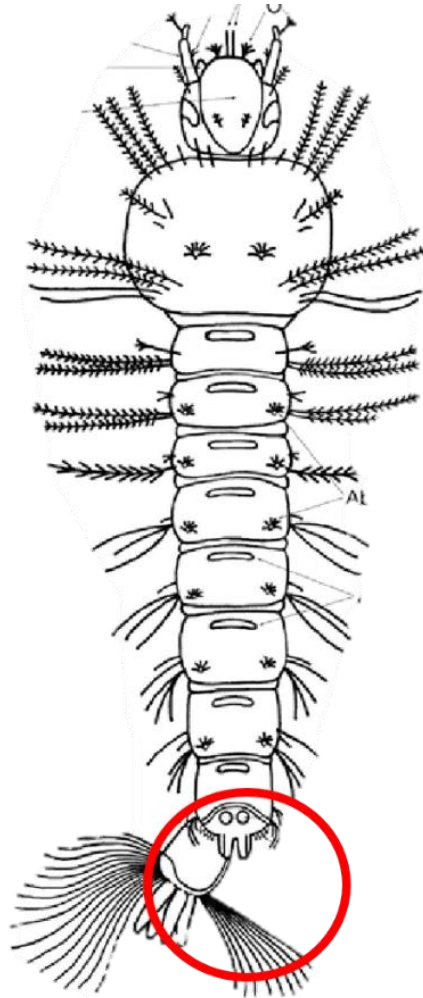


Figura 4 Larva de Anophelinae, se observa la ausencia de sifón respiratorio y, en su lugar, se aprecia la placa espiracular

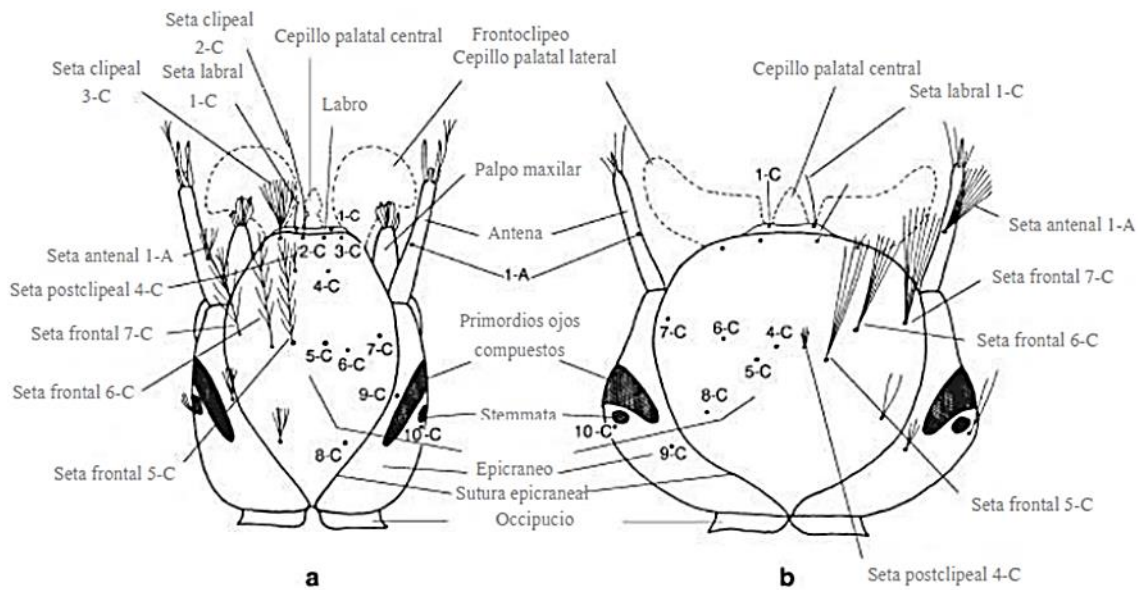


Figura 5 Cabezas de larvas de la familia Culicidae. Puede observarse la cabeza alargada de Anophelinae (a) y la cabeza ancha de Culicinae (b) (Becker *et al.*, 2010; citado en Sánchez, 2018).

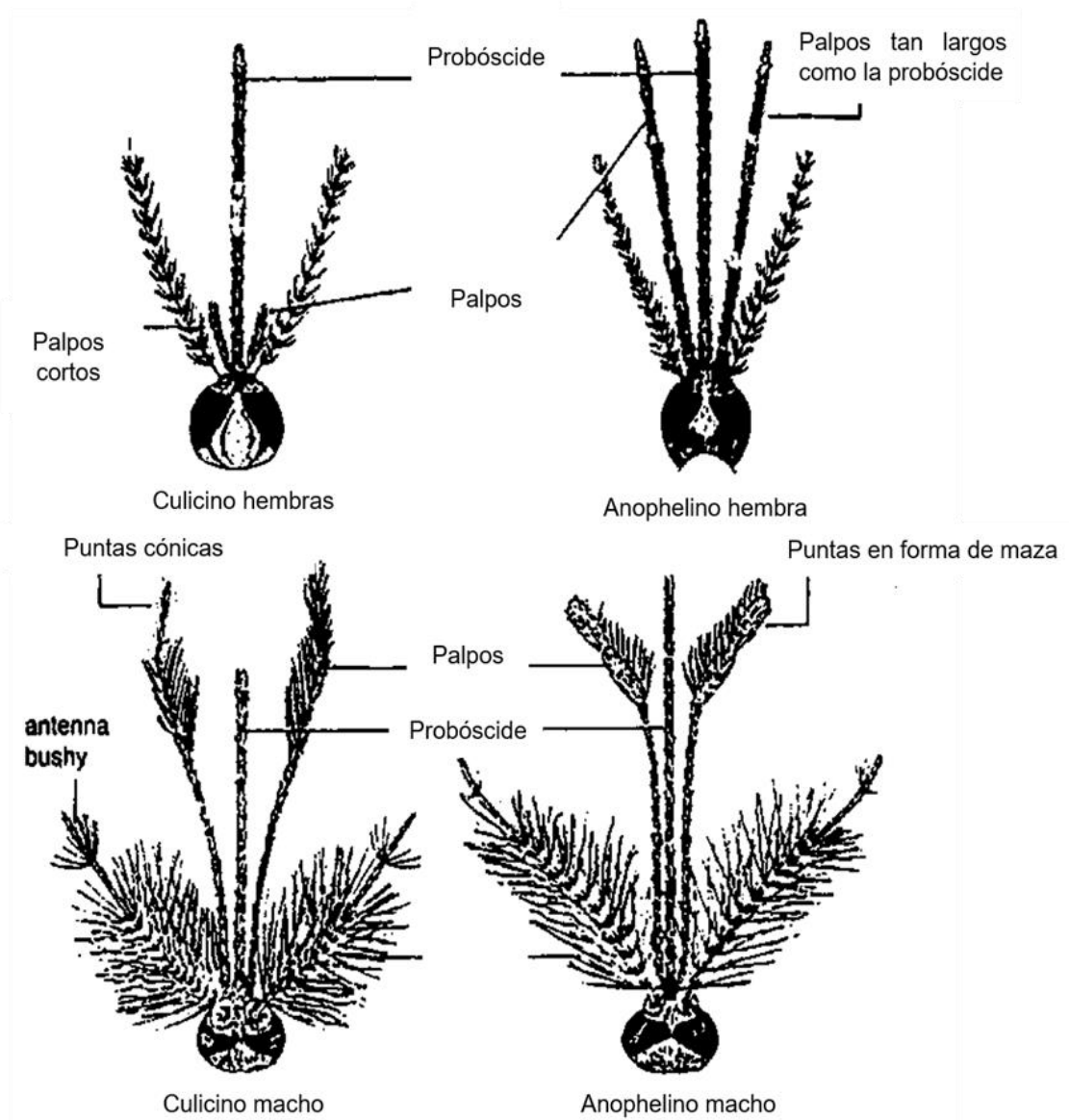


Figura 6 Principales diferencias entre Culicinae y Anophelinae adultos (Modificado de World Health Organization, 1995)

2. 2. 2. 1. Hábitats larvarios

La distribución espacial y temporal de los hábitats larvarios de anofelinos se definen por la dinámica hidrológica, la luz y la vegetación acuática, ya que los hábitats ricos en vegetación proveen alimento y refugio contra depredadores (Moreno, *et al.*, 2015). El tipo de cuerpo de agua adecuado para el desarrollo de larvas de mosquitos (hábitat larvario o criadero), varía grandemente entre especies de mosquitos e incluso dentro de la misma especie.

Los individuos del género *Anopheles* no suelen criarse en arroyos o ríos de movimiento rápido, ya que las larvas no están adaptadas para resistir la acción del oleaje. Sin embargo, algunas especies de anofelinos muestran preferencia a condiciones específicas. Por ejemplo, en África, *Anopheles gambiae* prefiere pequeños depósitos temporales de agua que estén expuestos a la luz solar, mientras que *An. funestus* prefiere cuerpos de agua permanentes o semipermanentes, generalmente con vegetación. Otro caso es el que ocurre en América, donde las larvas de *An. darlingi* se encuentran principalmente en los márgenes sombreados de arroyos y lagunas de aguas transparentes y fondos lodosos, con vegetación emergente o flotante (Williams y Pinto, 2012).

2. 2. 2. 2. Importancia médica

Se considera un grupo de importancia médica debido a que de las 480 especies de mosquitos *Anopheles* que existen, alrededor de 80 son conocidas por transmitir la malaria. En México se encuentran 27 especies, entre las que se destacan *An. albimanus* y *An. pseudopunctipennis*, pues transmiten el parásito que causa la malaria y se encuentran distribuidas en muchas partes del país (Bond, 1999; Beltrán-Aguilar, *et al.*, 2011; González y Hernández, 2017).

2. 3. CICLO DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES

Cuando el mosquito hembra pica a una persona enferma o infectada, se lleva con la sangre a los patógenos. La sangre infectada llega a su intestino medio o “estómago”;

gracias a los cambios de temperatura y acidez, en el caso de los parásitos, éstos –que la mayor parte de su vida viven dentro de un glóbulo rojo– se liberan y se desarrollan en células sexuales maduras llamadas gametos. En el mismo estómago del mosquito, un gameto masculino se fusiona con uno femenino para formar un cigoto que madura y da lugar a una forma móvil llamada oocineto; éste atraviesa el estómago del mosquito para formar una cápsula (ooquiste) en donde se desarrollan miles de parásitos. Después de 8-15 días (dependiendo de la especie de parásito) el ooquiste se rompe y libera miles de parásitos móviles, llamados esporozoítos, que viajan por el cuerpo del mosquito para llegar a las glándulas salivales, en donde el parásito madura y espera para ser transmitido a través de la saliva cuando el mosquito vuelva a picar. El ciclo de infección continúa cuando el mosquito necesita alimentarse nuevamente de sangre y pica a una persona sana; en ese momento la saliva, junto con los parásitos, se inyectan al torrente circulatorio del nuevo hospedero (González y Hernández, 2017).

Por otro lado, los virus tienen la capacidad de replicarse en dos huéspedes distintos, lo que implica que pueden multiplicarse en células de vertebrados de entre 35° C a 37°C y en células de artrópodos a una temperatura de entre 26° C a 28 °C. Una vez la hembra se ha alimentado de sangre, el virus se replica en el intestino medio del mosquito; donde se une a las células y se disparan una serie de señales que tienen como objetivo internalizar el virus en la célula. Cuando el ARN del virus se encuentra en el citoplasma de la célula, éste inicia su proceso de traducción y replicación para la síntesis de proteínas estructurales y de ARN. Habiendo suficiente RNA y proteínas estructurales, inicia la morfogénesis para formar los nuevos virus que serán liberados de la célula por lisis o mediante vesículas exocíticas. El virus se extiende a tejidos secundarios, como las glándulas salivales, desde donde se puede transmitir a un nuevo huésped (vertebrado) mediante el piquete de la hembra y donde inicia su ciclo replicativo en las células del segundo hospedero (Del Ángel y Zárate, 2020; Organización Panamericana de la Salud, 2020).

III. ANTECEDENTES

Al ser un tema de salud pública, los mosquitos abarcan una parte importante en cuanto a estudios entomológicos se refiere, sin embargo, son pocos los estudios centrados en las primeras etapas de desarrollo de estos insectos. En algunos países de Latinoamérica se ha resaltado la importancia de estos estudios durante la etapa larval, como los trabajos de Moreno *et al.* (2015) en Venezuela y Borge *et al.* (2018) en República Dominicana; en los que se han identificado especies de importancia médica que ovipositan y se crían en sitios cercanos a poblaciones humanas o en donde se tiene un previo registro de brotes de arbovirosis, respectivamente.

Estos trabajos basados en la identificación larval han demostrado la variedad de especies de culícidos presentes en áreas de concentración humana, entre los que se destacan aquellas del género *Aedes*, *Culex* y *Anopheles*; en México son pocos los trabajos que se tienen acerca de identificación larval y se reducen a los estados de Tlaxcala, Yucatán, Nuevo León, Veracruz, Guerrero y Ciudad de México.

Muñoz-Cabrera *et al.* (2006) llevaron a cabo un estudio faunístico en el estado de Tlaxcala, cuya área para muestreo fue dividida en seis zonas fisiográficas con base en la altitud, tipo de vegetación y clima. Se realizaron colectas semanales en los meses de enero, agosto y octubre de 2004 en zonas urbanas y rurales de cada zona, considerando información de los habitantes y cartas topográficas. Se colectaron un total de 10 853 larvas, correspondientes a 26 especies, hallándose 24 especies como nuevos registros para el estado. Finalmente, elaboraron un listado que incluyó historia taxonómica, diagnóstico de la larva, hembra y genitales del macho, datos de bionomía, distribución geográfica conocida de cada especie y la distribución geográfica en el estado de Tlaxcala.

Zapata-Peniche *et al.* (2007), realizaron un estudio en Mérida, Yucatán, en el que el muestreo se realizó de forma intra y peridomiciliaria en 1 160 casas de la zona urbana, localizando recipientes que almacenan agua. Se colectaron e identificaron 40

609 larvas pertenecientes a 12 especies diferentes, siendo *Aedes aegypti* la especie más abundante (83% de los inmaduros colectados), seguida por *Culex thriambus* (6.92%) y *Cx. quinquefasciatus* (3.95%). Asimismo, se determinó que los criaderos más importantes se localizaban en cubetas debido a la frecuencia y abundancia de mosquitos que éstas presentaban.

Sánchez-Casas *et al.* (2010) llevaron a cabo un estudio de 2007 a 2008 en Monterrey, Nuevo León, con tres objetivos: 1) evaluar la presencia de criaderos de *A. aegypti* en zonas no residenciales, 2) determinar la adaptabilidad de las poblaciones durante el invierno, y 3) integrar Google Earth como herramienta para la investigación epidemiológica de la transmisión de la enfermedad. Se realizó un muestreo en zonas no residenciales, donde se revisaron recipientes con agua almacenada y actividad larvaria. De un total de 87 sitios muestreados, se reportó que el 100% de los sitios tenían en común la cercanía con zonas habitacionales o vecindades con reportes de dengue. De los 87 sitios muestreados, se encontraron un total de 220 criaderos de los cuales el 7% eran criaderos activos. Finalmente, se determinó un futuro riesgo epidemiológico en zonas no residenciales debido a la adaptación y dominancia de criaderos de *Ae. aegypti* en el área.

De la Cruz-Francisco *et al.* (2012) efectuaron un estudio en Tuxpan, Veracruz, con la finalidad de determinar la riqueza, abundancia y similitud de las comunidades de culícidos en zonas que habían mostrado casos epidemiológicos como los sectores suburbanos y los sectores urbanos de la ciudad. Se realizó un muestreo aleatorio en los 4 sectores en los que se dividió la región, donde se colocaron ovitrampas dentro de los domicilios y en áreas naturales como canales de desagüe, arroyos y áreas plagadas de maleza, con el fin de abarcar variedad de hábitats potenciales para el desarrollo larval de culícidos, aunado a esto se realizó una búsqueda y colecta en recipientes con agua. Se recolectaron 5 645 larvas de culícidos, identificándose cinco géneros y 14 especies. En orden de importancia las especies más abundantes del estudio fueron: *Ae. aegypti*, *Ochlerotatus taeniorhynchus* y *Ae. albopictus*. Se determinó que las características físicas de los suburbios definen las comunidades de

culícidos existiendo mayor diversidad y abundancia en zonas que ofrecen las condiciones para su proliferación como las áreas naturales que ofrecen las zonas suburbanas.

En (2017), Vences-Velázquez *et al.* realizaron una encuesta sobre el conocimiento de la especie *Ae. aegypti* y una inspección entomológica de criaderos frecuentes y distribución geográfica en la población de Mochitlán, Guerrero. En el estudio se halló que la población tiene conocimiento deficiente acerca del vector y su importancia médica; durante la inspección entomológica se revisaron 5 618 recipientes en 205 viviendas, dentro de los cuales se identificaron 66 criaderos positivos con larvas de *Ae. aegypti*. Debido al índice de casas positivas, al índice de recipientes positivos a larvas y al índice de Breteau, se determinó que la población de Mochitlán se encuentra en criterio operativo de control de emergencia.

Dávalos-Becerril *et al.* (2019) realizaron un listado actualizado de mosquitos en la Ciudad de México. Para realizarlo se llevó a cabo un estudio de cinco años en donde se recolectaron 18 553 larvas de mosquitos en áreas urbanas y semiurbanas, de las cuales se identificaron 22 especies pertenecientes al género *Culex*, *Aedes*, *Culiseta*, *Anopheles* y *Uranotaenia*. Los sitios con mayor recolección fueron los cementerios (68.9 %), y temporalmente los estanques mostraron la mayor diversidad. La ocurrencia se sintió predominantemente en el clima más cálido (5° C - 28° C). En el estudio se concluyó que la identificación de asociaciones de diversidad biológica con presiones de selección puede predecir cómo responderán las poblaciones a la reducción del hábitat, la competencia y el cambio climático.

IV. OBJETIVOS

General

Analizar la distribución larval de culícidos (Diptera: Culicidae) en áreas verdes y panteones en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Específicos

1. Realizar identificación taxonómica de las larvas de 4^o estadio obtenidas en las distintas áreas de colecta.
2. Determinar la distribución de especies de importancia médica.
3. Identificar las zonas de mayor riesgo por la presencia de las mismas.

V. ZONA DE ESTUDIO

5.1. Área de estudio

El municipio de Tuxtla Gutiérrez se ubica en la Depresión Central del Estado de Chiapas, México y posee una extensión territorial de 334.61 km². Su tipo de vegetación es principalmente selva baja caducifolia con una precipitación anual de 954.5 mm. Los climas existentes en el municipio son: A(w0), cálido subhúmedo con lluvias en el verano, de menor humedad, que abarca el 99.71% de la superficie municipal; y A(w1), cálido subhúmedo con lluvias en el verano, de mediana humedad, que abarca el 0.29% de la superficie municipal. La temperatura media anual es de 25.4 °C (Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica, 2021).

5.2. Áreas de muestreo

Las 18 áreas de muestreo seleccionadas fueron principalmente áreas verdes urbanas y sub-urbanas así como panteones distribuidos en toda la ciudad (Figura 7), cuya vegetación, cuerpos de agua o presencia de contenedores de agua permitió el establecimiento de criaderos larvarios temporales o permanentes.



Figura 7 Distribución de áreas de muestreo en la ciudad. A) Zona Sabinal - Terán, b) Zona Joyo Mayu-Centro-Libramiento Norte, c) Zona El Aguaje – 24 de Junio, d) Convivencia Infantil – Panteón San Marcos, e) Zapotal zona de amortiguamiento

VI. MÉTODO

6.1. Áreas de muestreo

Para la determinación de las áreas de muestreo, se tomaron en cuenta las siguientes características presentes en diferentes áreas verdes de la ciudad: vegetación, corrientes de agua naturales (cuerpos de agua de bajo nivel y bajo caudal), canales de agua artificiales y la presencia de depósitos artificiales de agua (cacharros, basura, tanques, contenedores de agua). Las áreas en las que no se encontraron condiciones ideales para los criaderos o con la ausencia de éstos, fueron descartadas del muestreo.

6.2. Recolecta y preservación

La recolecta se llevó a cabo durante la temporada de lluvia entre los meses de abril y octubre de 2021, en 18 sitios diferentes de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez (Cuadro 1), con dos recolectas por cada área. Siguiendo la metodología de Ibáñez-Bernal y Martínez Campos (1999) se recolectaron larvas de forma activa de los criaderos naturales y artificiales con un calador, cuyo contenido se depositó posteriormente en charolas de 30 x 25 x 8 cm. Con pipetas de transferencia de 50 ml se tomaron las larvas de cuarto estadio y se depositaron en tubos BD® Vacutainer de 6 ml; en donde se retiró el agua del criadero con una pipeta limpia de 3 ml y se agregó una solución de alcohol al 90% para transportarlas al laboratorio de taxonomía de la Unidad de Investigación Entomológica y Bioensayo (UIEB) de la Secretaría de Salud del Estado de Chiapas, México; esta solución también se utilizó para diluir la suciedad de las larvas. En cada tubo se colocó un máximo de cinco larvas, etiquetado cada uno con una clave, localidad, fecha, el sitio de colecta (tipo de criadero), temperatura y pH del criadero y número de ejemplares. Las larvas que no eran de cuarto estadio fueron descartadas durante la colecta.

Una vez transportadas al laboratorio, las muestras se procesaron una segunda vez para su conservación, donde se retiró la solución de alcohol al 90% y se añadió

solución de alcohol al 70% para su conservación. Cada larva de cada muestra se extrajo del tubo haciendo uso de una espinereta y se colocó sobre un portaobjetos cóncavo o placa de Petri, dependiendo del tamaño del ejemplar, con alcohol al 70%.

Cuadro 1 Áreas de muestreo

Lugar	Coordenadas
Parque del Oriente	16° 45' 39.17" N; 93° 05' 28.10" O
Panteón San Marcos	16° 74' 27.83" N; 93° 07' 70.02" O
Caña Hueca	16° 75' 92.96" N; 93° 14' 44.38" O
Parque El Aguaje	16° 47' 28" N; 93° 06' 26" O
Centro de Convivencia Infantil	16° 45' 36" N; 93° 06' 14" O
Panteón Municipal	16° 74' 82.80" N; 93° 10' 88.73" O
Joyyo Mayu	16° 76' 12.36" N; 93° 14' 32.95" O
Zapotal (zona de amortiguamiento)	16° 43' 35" N; 93° 05' 24" O
Plan de Ayala	16° 46' 28.52" N; 93° 10' 57.99" O
Panteón de Terán	16° 74' 28.47" N ; 93° 16' 32.95" O
Parque El Campanario	16° 44' 23.33" N; 93° 10' 44.42" O
Río Sabinal-Trinidad	16° 76' 06.64" N; 93° 20' 16.76" O
Parque San José Terán	16° 44' 55.14" N; 93° 10' 48.64" O
Parque 24 de Junio	16° 76' 61.84" N; 93° 09' 39.84" O
Parque de Chapultepec	16° 46' 08.02" N; 93° 09' 34.13" O
Canal 24 de Junio	16° 77' 06.56" N; 93° 09' 56.23" O
Panteón Plan de Ayala	16° 77' 70.86" N; 93° 17' 30.04" O
Parque Tuchtlán	16° 75' 99.24" N; 93° 14' 64.32" O

6.3. Identificación

La observación e identificación de las larvas de cuarto estadio se realizó con microscopio binocular 3144035900 Primo Star Carl Zeiss con los objetivos 4x y 10x; dicha identificación se realizó por quetotaxia larval (identificación por reconocimiento y ubicación de los pelos de la larva) en el insectario de la UIEB a una temperatura de 24° (± 2), siguiendo la clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera: Culicidae) y la clave Mosquitos de Guatemala: su identificación y su distribución (Clark-Gil y F. Darsie, 1983; Ibañez-Bernal y Martínez-Campos, 1994). Posterior a la identificación, las larvas se regresaron a los tubos con alcohol al 70% para su conservación y futuros análisis.

6.3.1. Quetotaxia larval de culícidos

La quetotaxia larval hace referencia al mapeo y reconocimiento de los pelos de la larva distribuidos en el cuerpo del individuo, en donde se indica cada pelo haciendo referencia al tagma, segmento o estructura a la que pertenecen y se les asigna un número arábigo único para reconocerlo. Dado que las larvas poseen simetría bilateral, los pelos observados en un lado, serán los mismos en el lado opuesto (Ibañez-Bernal y Martínez-Campos, 1994).

Cada tagma, segmento y estructura tiene una abreviatura que corresponde a su nombre, es decir: a la antena se le asigna la letra "A", la cabeza la "C", al protórax la "P", el mesotórax la "M", el metatórax la "T"; a los segmentos del abdomen se les nombra con números romanos de adelante hacia atrás de I a X y, finalmente, al sifón, en caso de haber uno, se le designa la letra "S". Para nombrar al pelo se anota el número arábigo seguido por un guion y luego por la letra del tagma, segmento o estructura a la que pertenece (Clark-Gil y F. Darsie, 1983; Ibañez-Bernal y Martínez-Campos, 1994).

6.3.1.1. Morfología de la larva

El cuerpo de la larva se encuentra mayormente cubierto por tejido suave y membranoso, sin embargo, algunas partes pueden estar esclerotizadas como la cabeza o el sifón. El cuerpo de la larva puede poseer más de 190 de pares de cerdas, así como espículas y espinas, dependiendo de la especie (Clark-Gil y F. Darsie, 1983).

El cuerpo de la larva posee tres tagmas: cabeza, tórax y abdomen; que a su vez poseen estructuras importantes para la identificación hasta el nivel de especie (Figuras 8 y 9).

- Cabeza: En este tagma se encuentran las partes bucales (labro, abertura bucal, maxilas, mandíbulas, palpos maxilares, cepillos bucales) y antenas.
- Tórax: Tagma sin aparente división, sin embargo, pueden distinguirse el pro, el meso y el metatórax debido a las cerdas pertenecientes a cada segmento.

- Abdomen: Esta parte se divide en 10 segmentos, de los cuales los siete primeros presentan similitud; por el contrario, los últimos tres segmentos se encuentran modificados para respirar y nadar. En larvas de anofelinos, el segmento VIII posee el aparato espiracular, mientras que las larvas de culicinos poseen el aparato espiracular al final del sifón. El segmento X posee un esclerito llamado silla de montar, lóbulos terminales llamados papilas anales y una brocha ventral, caracteres de importancia para la identificación.

6.3.2. Especies de importancia médica y su distribución

Se realizó una búsqueda bibliográfica de las especies de mosquitos de importancia médica utilizando como guía los trabajos de Casas-Martínez *et al.* (2012) y Galavíz-Parada *et al.* (2020), y se comparó con el listado de especies identificadas en el presente estudio. Posteriormente, se determinaron las áreas de distribución en base a las áreas de muestreo en las que se hallaron las especies.

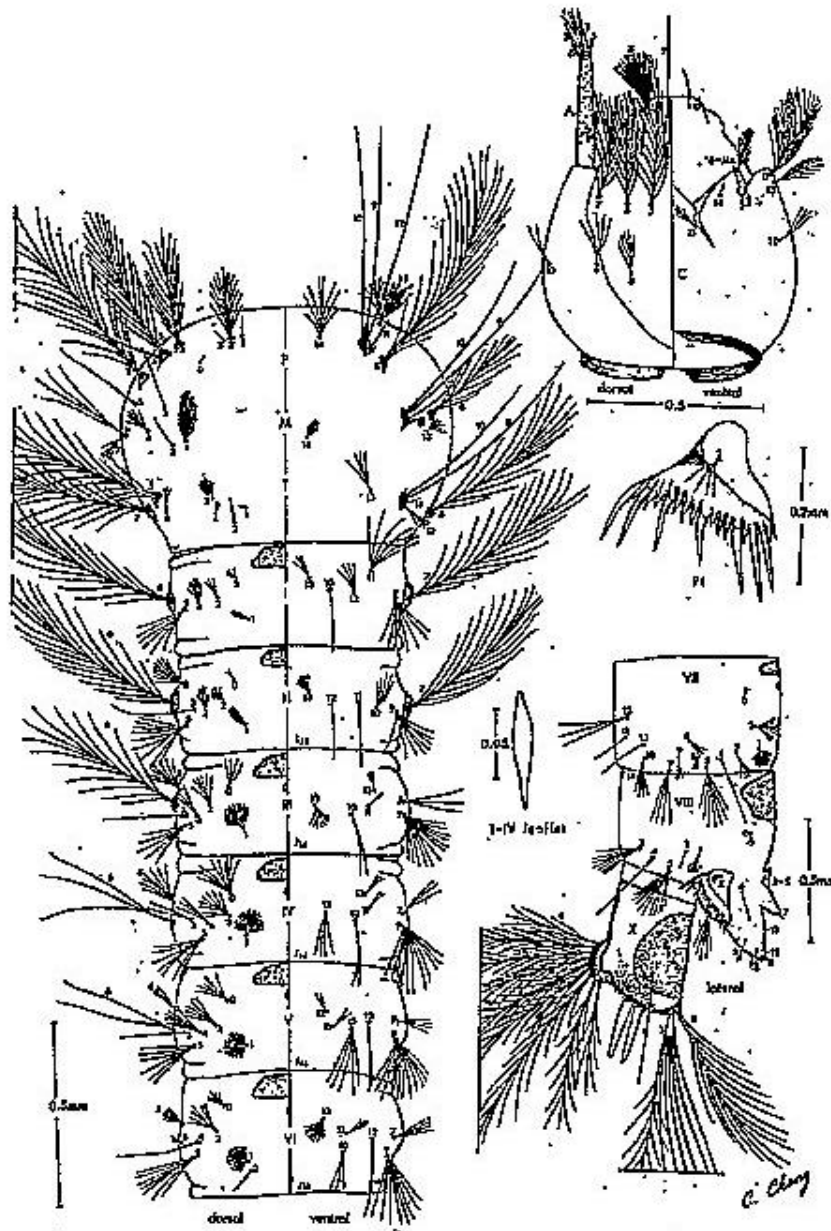


Figura 8 Morfología de larva anofelina. Se puede observar la ausencia del sifón (Tomado de Clark-Gil y F. Darsie, 1983)

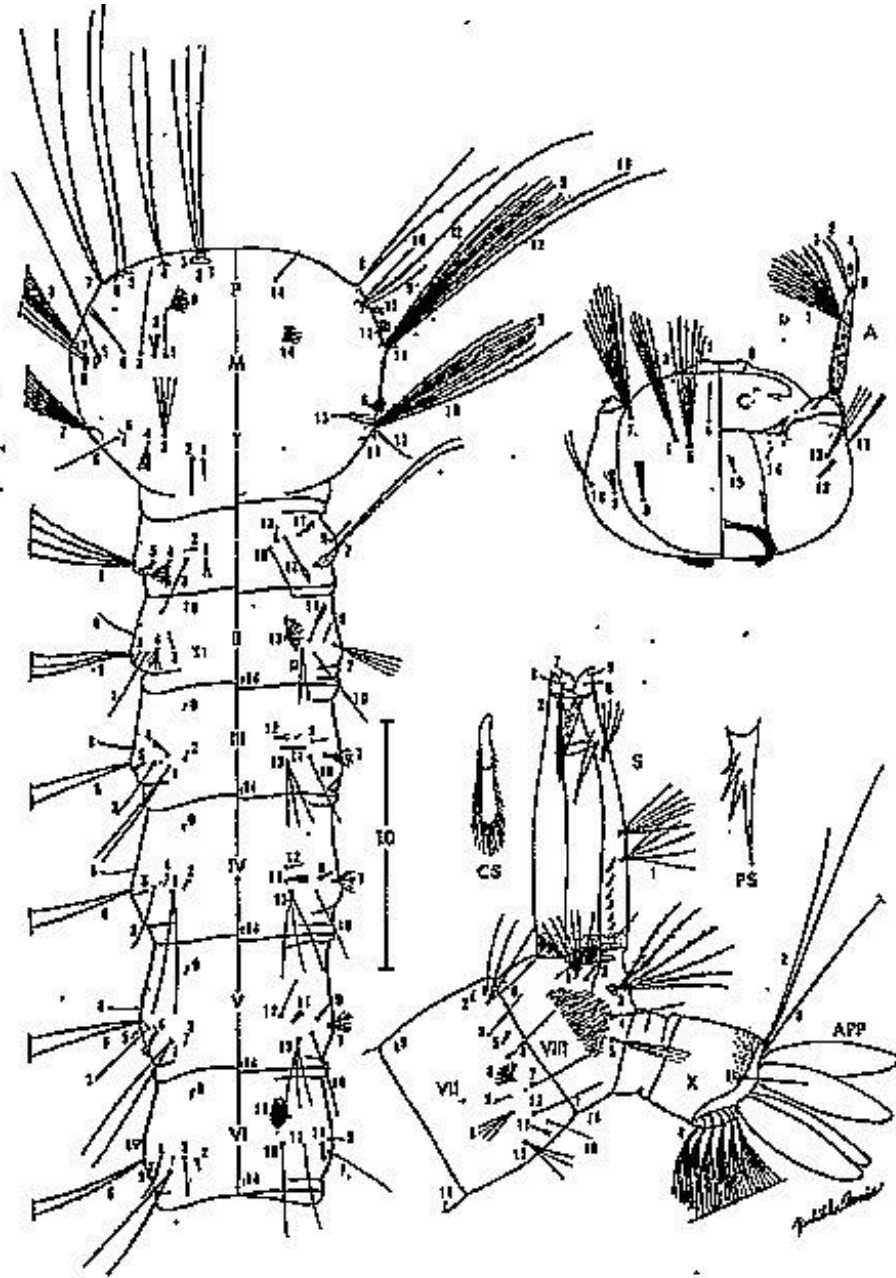


Figura 9 Morfología de larva culicina (Tomado de Clark-Gil y F. Darsie, 1983)

6.4. Análisis de resultados

Se realizó una base de datos en el software Excel 2019, en la cual se consideraron los siguientes datos: áreas de muestreo, especie identificadas por área, especies identificadas totales y total de larvas identificadas. Asimismo, se realizó un mapa de distribución general de todas las especies identificadas, mapas de distribución por especie y un mapa de distribución de las especies de importancia médica con el software QGIS 3.16. Como estimadores de diversidad se utilizaron el índice de Margalef y el índice de Shannon-Wiener, obtenidos en el programa PAST (Paleontological Statistics) 4.10.

El índice de Margalef (D_{Mg}) transforma el número de especies detectadas por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, cuya fórmula es $D_{Mg} = (S-1)/\ln N$ donde: S= Número de especies registradas, y N= Número total de individuos (Martella, *et al.*, 2012).

El índice de Shannon-Wiener (H') mide el grado promedio en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995; citado en Moreno, 2001). Es decir, asume que los individuos se seleccionan al azar en una población indefinidamente grande y que todas las especies que componen la comunidad se encuentran representadas en la muestra, y que se calcula mediante: $H = - (P_i * \ln P_i)$, donde $P_i = n_i/N$ (valor de importancia), N = Total de todas las especies, n_i = Abundancia para la especie i , $\ln P_i$ = Logaritmo natural de P_i . (Moreno, 2001; Martella, *et al.*, 2012).

VII. RESULTADOS

7.1. Diversidad de especies

En total se identificaron 11 especies distribuidas en cuatro géneros, principalmente *Aedes* y *Culex*, con 508 y 313 individuos respectivamente (Figura 10). Las especies con mayor número de larvas fueron *Ae. aegypti* (324) y *Cx. quinquefasciatus* (260), seguidas por *Ae. albopictus* (134). En una cantidad menor, se identificaron 28 larvas hasta género, donde 25 se registraron como *Cx. spp.* y tres como *Ae. spp.*, debido a que no se lograron apreciar algunas de las características específicas para determinarlas hasta especie.

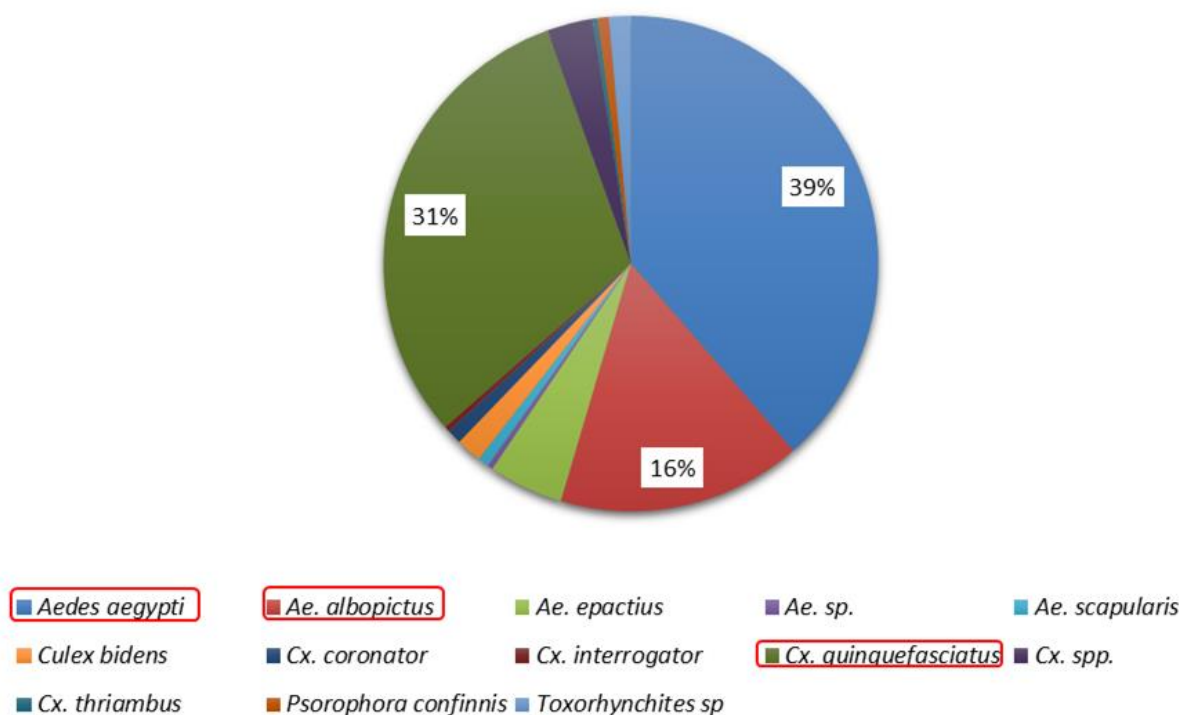


Figura 10 Total de especies identificadas, las más abundantes fueron *Ae. aegypti*, *Cx. quinquefasciatus* y *Ae. albopictus*; por el contrario, la especie con menos presencia fue *Cx. interrogator*

En cuanto a las áreas de muestreo, el Parque del Oriente presentó un total de ocho especies, Joyyo Mayu con siete especies y el Centro de Convivencia Infantil con seis especies (Figura 11). Por otro lado, los índices indicaron que las tres áreas con mayor diversidad fueron: Parque del Oriente (D_{Mg} :1.71, H' :1.59), Joyyo Mayu (D_{Mg} :1.54, H' :1.82) y el Centro de Convivencia Infantil (D_{Mg} :1.19, H' :1.43). En el cuadro 1 se encuentran las especies correspondientes a cada área de muestreo.

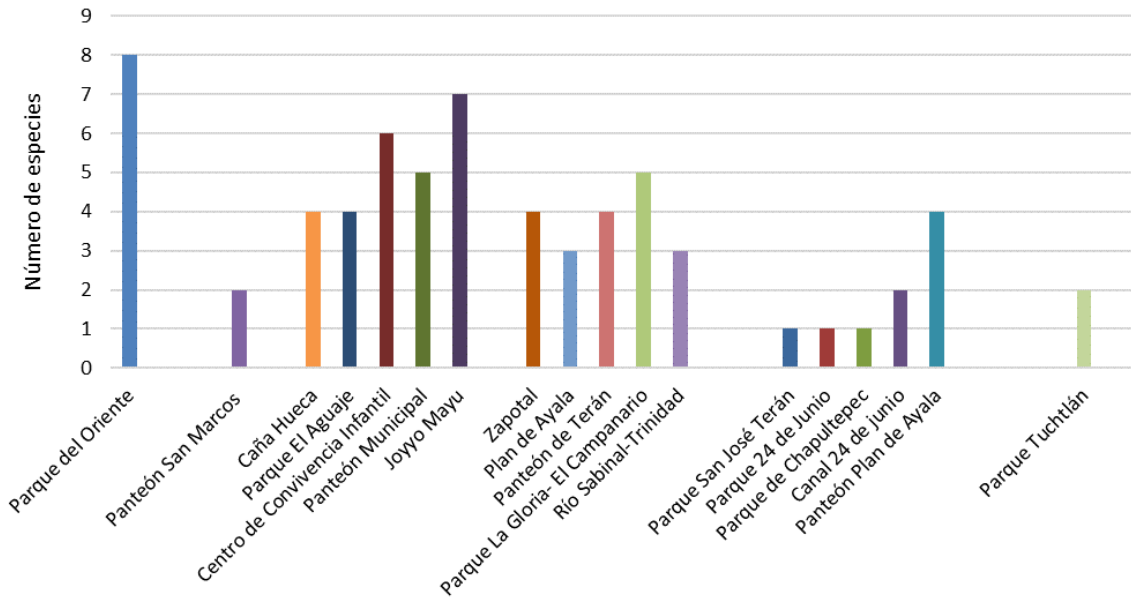


Figura 11 Número de especies totales identificadas por área de muestreo

Las especies más abundantes del género *Aedes*, *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* se encontraron presentes en 15 y 13 sitios respectivamente, de los 18 totales en los que se realizó el muestreo; *Cx. quinquefasciatus* se encontró en 10 de los 18 sitios. *Ae. spp.*, *Cx. interrogator* y *Psorophora confinnis* fueron las especies que se hallaron únicamente en un área de muestreo (Figura 12).

Las especies se encontraron principalmente en zonas como parques o panteones, en donde se identificaron hasta ocho especies cohabitando en una misma área, aunque no siempre en el mismo tipo de criadero; tal es el caso del Parque del Oriente (Figura 13). Por el contrario, solamente tres de las 18 áreas muestreadas presentaron una sola especie, *Ae. aegypti*: el parque de Chapultepec, el Parque de San José Terán y el Parque 24 de Junio (Cuadro 2). Las zonas de mayor concentración

larvaria fueron el Panteón Municipal y el Panteón de Terán; por el contrario, el lugar con menor presencia de larvas fue el Parque de Chapultepec.

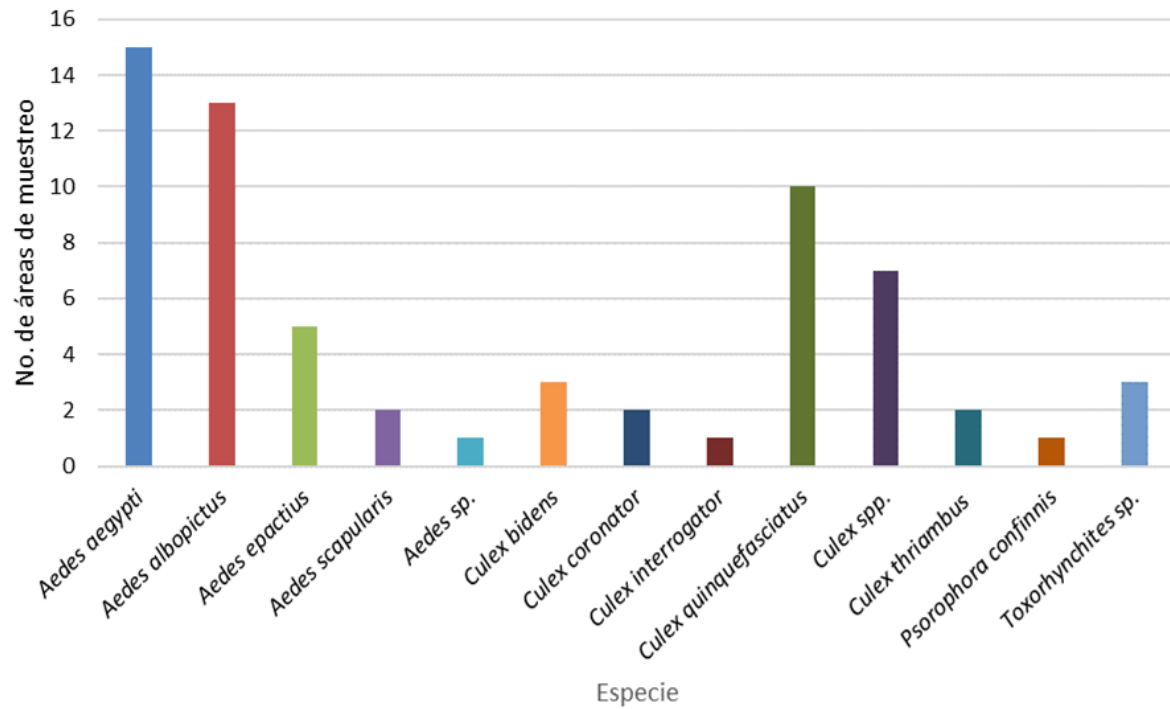


Figura 12 Áreas de muestreo por especie. *Aedes aegypti* fue la especie mejor representada, ya que se halló en 15 de las 18 áreas muestreadas. *Aedes sp.*, *Culex interrogator* y *Psorophora confinis* se hallaron en un área de muestreo

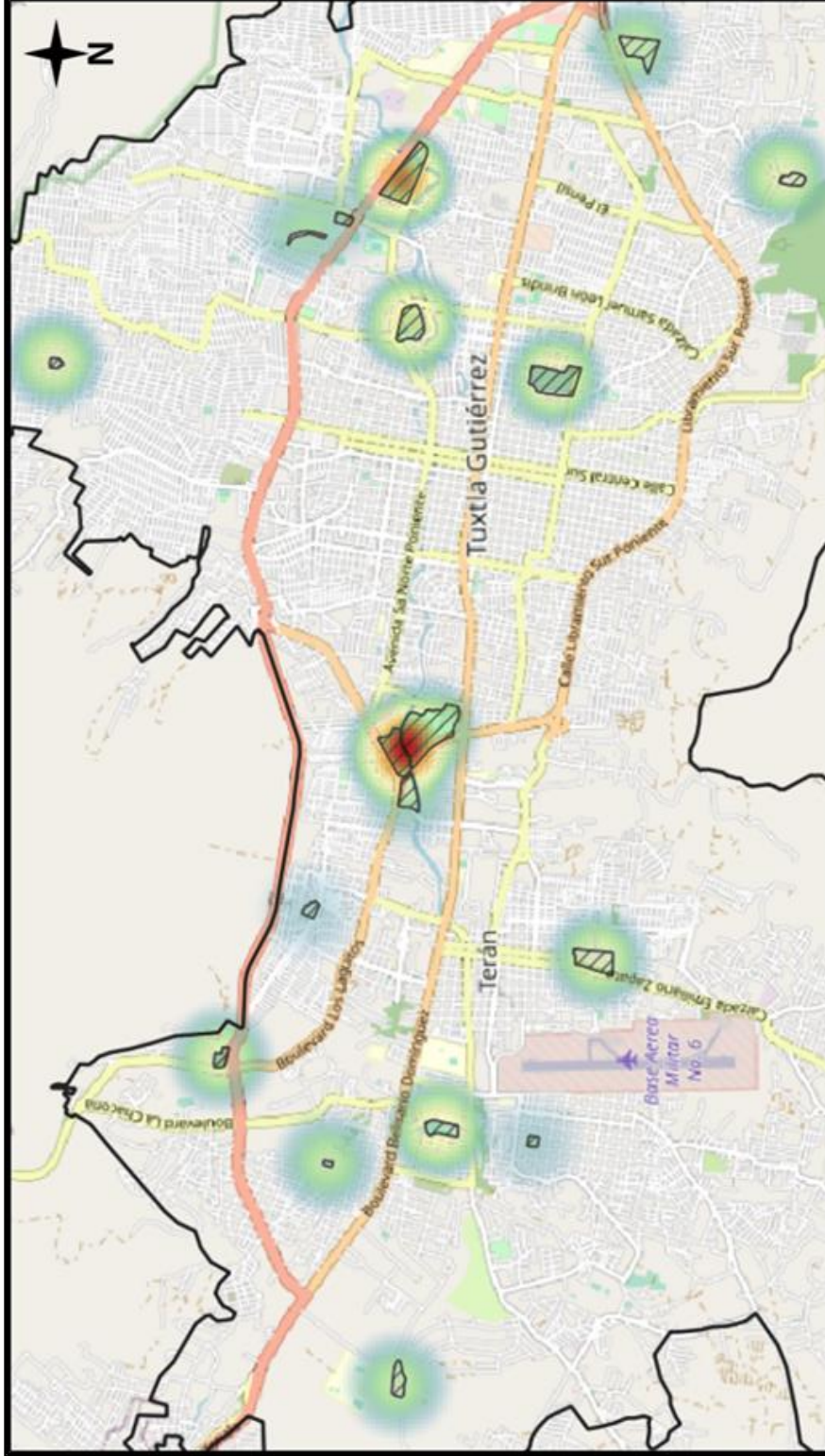


Figura 13 Concentración de especies por área de muestreo. Las especies menos frecuentes fueron *Aedes epactius* (4), *Culex bidens* (3), *Toxorhynchites* sp. (3), *Ae. scapularis* (2), *Cx. coronator* (2), *Cx. thriambus* (2), *Cx. interrogator* (1) y *Psorophora confinnis* (1)

De las 18 áreas de muestreo se identificaron 25 tipos de criaderos distintos, entre los que se encuentran recipientes de plástico, recipientes de aluminio, floreros, tambos, huecos, registros de agua, basura (latas, vasos de unicel), llantas, bebederos (piletas), charcos y orillas de arroyos (Cuadro 3).

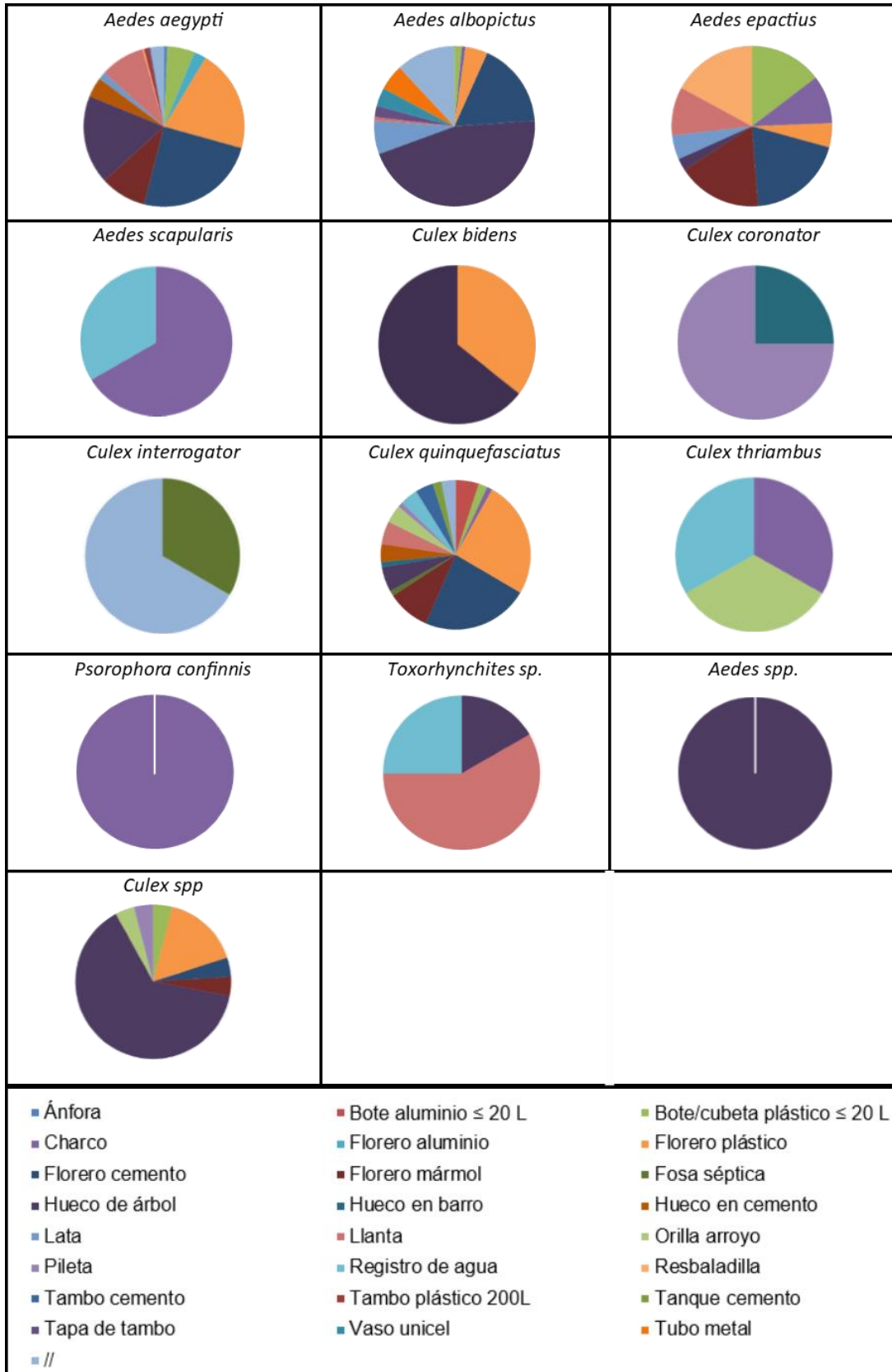
Los criaderos más comunes fueron huecos de árboles (19.56%) y floreros de plástico (17.9%); en los que menos se encontraron larvas fueron fosas sépticas (0.47%) y tambos (0.35%). Los floreros (plástico, cemento, aluminio, mármol) estaban presentes principalmente en panteones (Panteón Municipal, Panteón de Terán, Panteón San Marcos, Panteón Plan de Ayala) y albergaron el 46.72 % de la totalidad de las larvas, mientras que los huecos (de árbol, en cemento o barro) de parques y panteones fueron el 22.85 % del total larvario.

Ae. aegypti, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus* se hallaron presentes en la mayoría de los criaderos, principalmente cubetas de plástico, floreros, huecos y llantas. Las especies menos abundantes, *Ae. scapularis*, *Cx. interrogator* y *Psorophora confinnis*, estaban presentes en 4 tipos de criaderos distintos: charcos, fosas, hueco de árbol y registros de agua (Cuadro 3).

Cuadro 2 Especies por área de muestreo

Lugar	Especie	Lugar	Especie	Lugar	Especie
Parque del Oriente	<i>Aedes aegypti</i>	Panteón Municipal	<i>Aedes aegypti</i>	Parque La Gloria- El Campanario	<i>Aedes epactius</i>
	<i>Aedes albopictus</i>		<i>Aedes albopictus</i>		<i>Culex quinquefasciatus</i>
	<i>Aedes epactius</i>		<i>Culex interrogator</i>		<i>Toxorhynchites sp.</i>
	<i>Aedes sp.</i>	Joyyo Mayu	<i>Culex quinquefasciatus</i>	Río Sabinal-Trinidad	<i>Aedes albopictus</i>
	<i>Culex bidens</i>		<i>Culex spp.</i>	Parque Sn. José Terán	<i>Aedes aegypti</i>
	<i>Culex quinquefasciatus</i>		<i>Aedes albopictus</i>	Parque 24 de Junio	<i>Aedes aegypti</i>
	<i>Culex spp.</i>		<i>Aedes scapularis</i>	Parque de Chapultepec	<i>Aedes aegypti</i>
<i>Toxorhynchites sp.</i>	<i>Culex coronator</i>		Canal 24 de junio	<i>Aedes aegypti</i>	
Panteón San Marcos	<i>Culex bidens</i>			<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Aedes albopictus</i>
	<i>Culex spp.</i>		<i>Culex thriambus</i>	Panteón Plan de Ayala	<i>Aedes aegypti</i>
Caña Hueca	<i>Aedes aegypti</i>	<i>Psorophora confinnis</i>	<i>Aedes epactius</i>		
	<i>Aedes albopictus</i>	Zapotal	<i>Aedes albopictus</i>		
	<i>Aedes scapularis</i>		<i>Aedes albopictus</i>		
	<i>Culex quinquefasciatus</i>		<i>Culex spp.</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>	
Parque El Aguaje	<i>Aedes aegypti</i>		Plan de Ayala	<i>Aedes aegypti</i>	
	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Aedes albopictus</i>			
	<i>Culex thriambus</i>	<i>Aedes epactius</i>			
	<i>Culex spp.</i>	Panteón de Terán		<i>Aedes aegypti</i>	
Centro de Convivencia Infantil	<i>Aedes aegypti</i>		<i>Aedes albopictus</i>		
	<i>Aedes albopictus</i>		<i>Aedes epactius</i>		
	<i>Culex quinquefasciatus</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>			
	<i>Culex coronator</i>	Parque La Gloria-El campanario	<i>Aedes aegypti</i>		
	<i>Toxorhynchites sp.</i>		<i>Aedes albopictus</i>		
	<i>Aedes epactius</i>				

Cuadro 3 Tipología de criaderos larvarios identificados



7.1.1. Especies de importancia médica

De las 11 especies hallados, ocho son catalogadas como especies de importancia médica (Cuadro 4), cuya distribución se halla principalmente en parques y panteones de la ciudad, y otras áreas verdes que se encuentran en los alrededores de la ciudad (Figura 14).

Cuadro 4 Especies de importancia médica

Especie	Enfermedad que puede transmitir
<i>Aedes aegypti</i>	Dengue, Fiebre amarilla, Zika, Chikungunya, Encefalitis japonesa
<i>Aedes epactius</i>	Virus del Nilo del Oeste
<i>Aedes albopictus</i>	Dengue
<i>Culex bidens</i>	Encefalitis Equina Venezolana
<i>Culex coronator</i>	Encefalitis Equina Venezolana
<i>Culex interrogator</i>	Virus del Nilo del Oeste
<i>Culex quinquefasciatus</i>	Virus de San Luis, Virus del Nilo del Oeste
<i>Culex thriambus</i>	Encefalitis Equina Venezolana, Virus del Nilo del Oeste

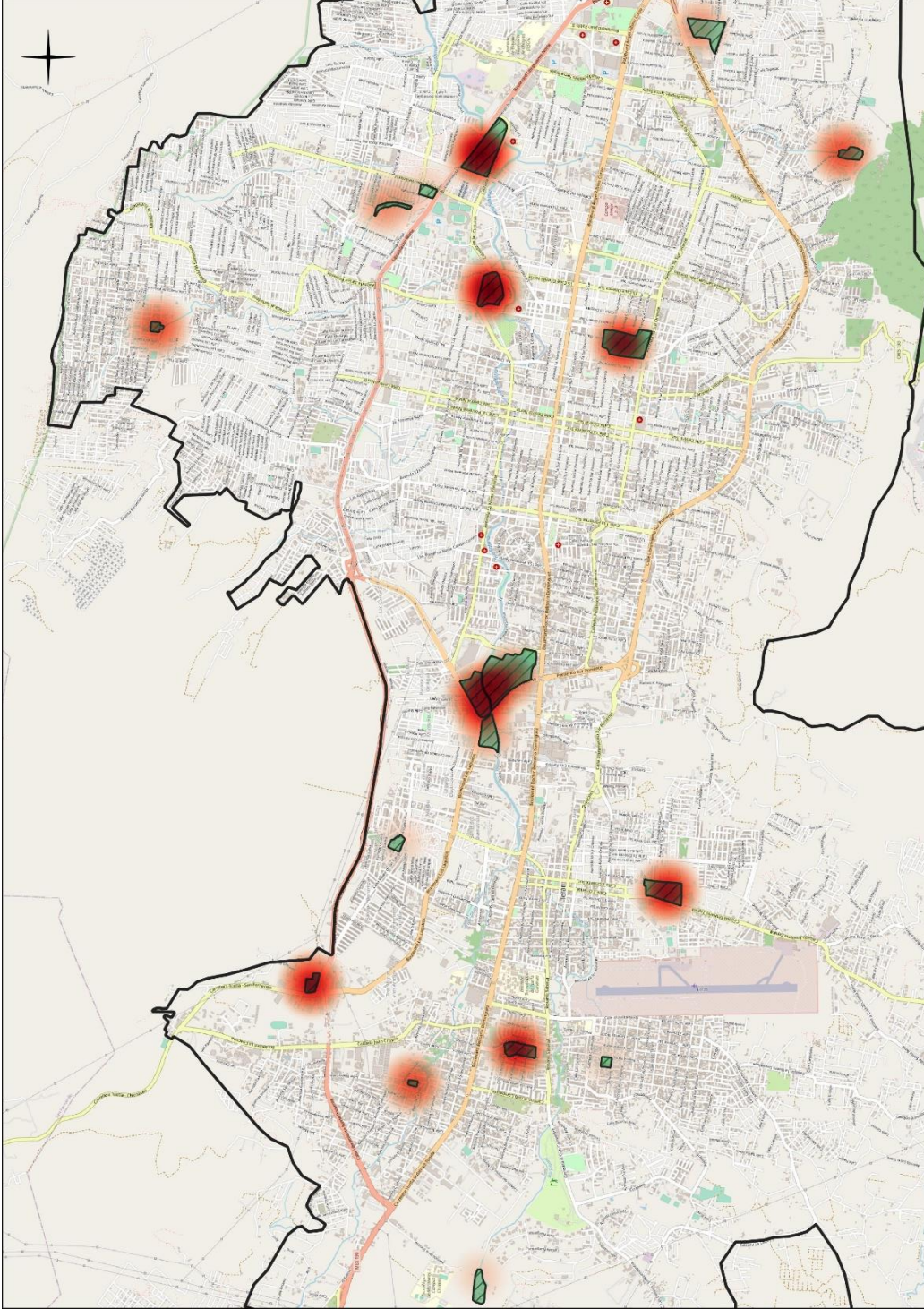


Figura 14 Distribución de especies de importancia médica. Se puede observar que todos los sitios presentan al menos una especie de importancia médica (rojo apenas visible)

7.2. Nuevos registros

En las áreas de muestreo Parque del Oriente y Río Sabinal-Trinidad se hallaron individuos de *Culex bidens*, cuya presencia no se había reportado de nuevo para Chiapas desde su mención en la clave de Ibañez-Bernal y Martínez-Campos (1994), cuyas características principales son la presencia de 3 pelos 1-S en el sifón, pelos 5-7-C de la cabeza multiramificados y pelo 4-C simple (Figura 15 a la 18).

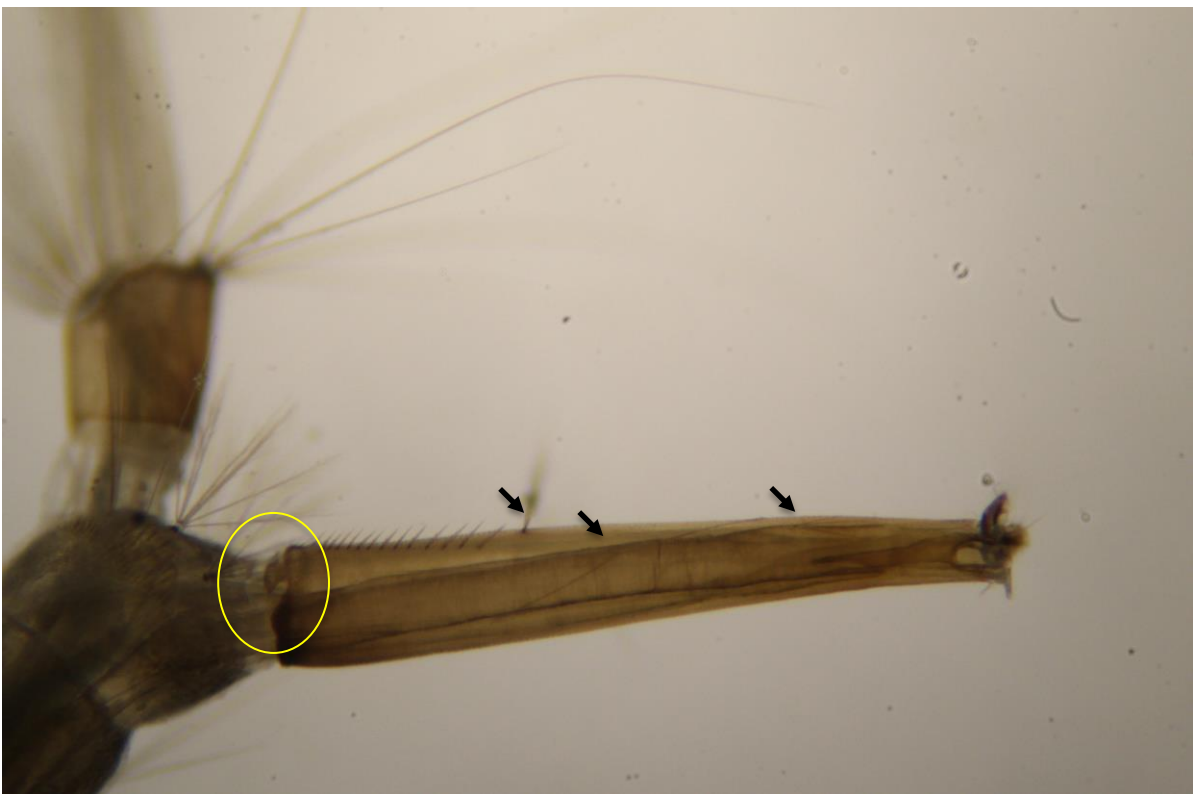


Figura 15 Sifón sin sedas cerca del margen basal, peine del sifón seguido de pelos dispuestos irregularmente

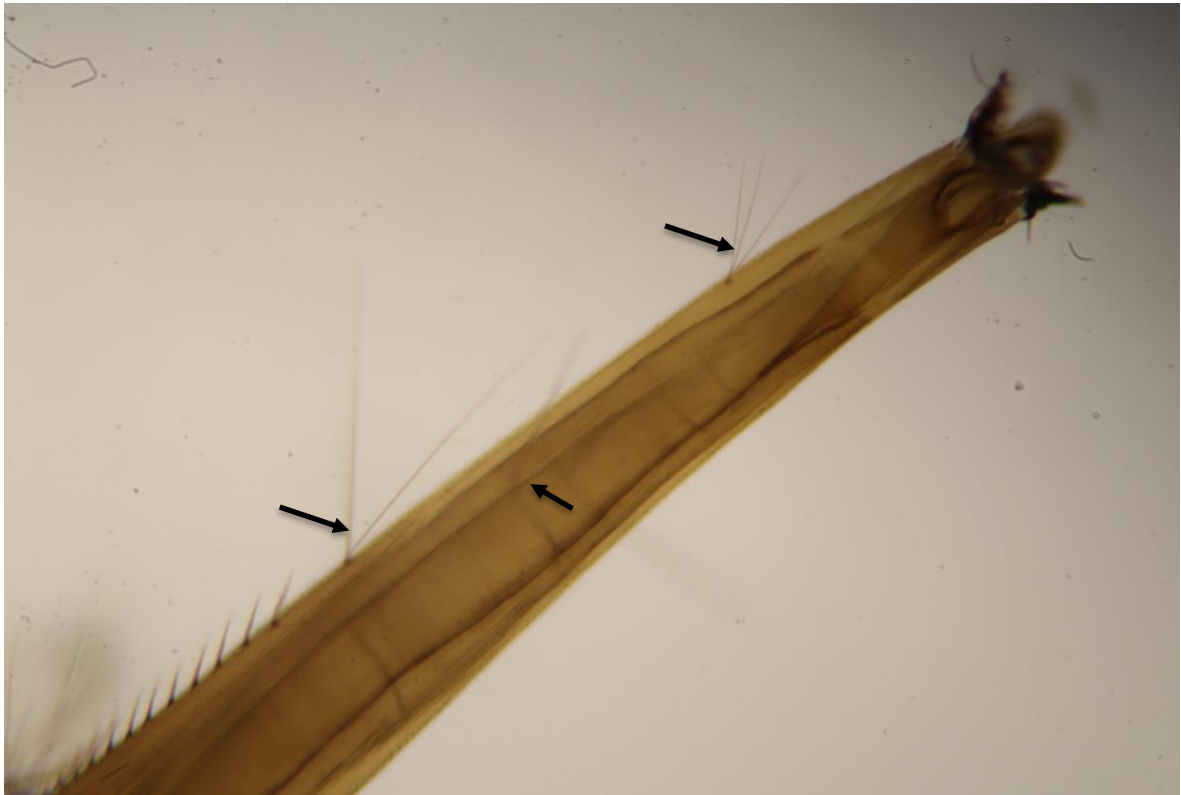


Figura 17 Sifón con tres pelos 1-S multirramificados



Figura 16 Pelos 5-7-C con tres ramas

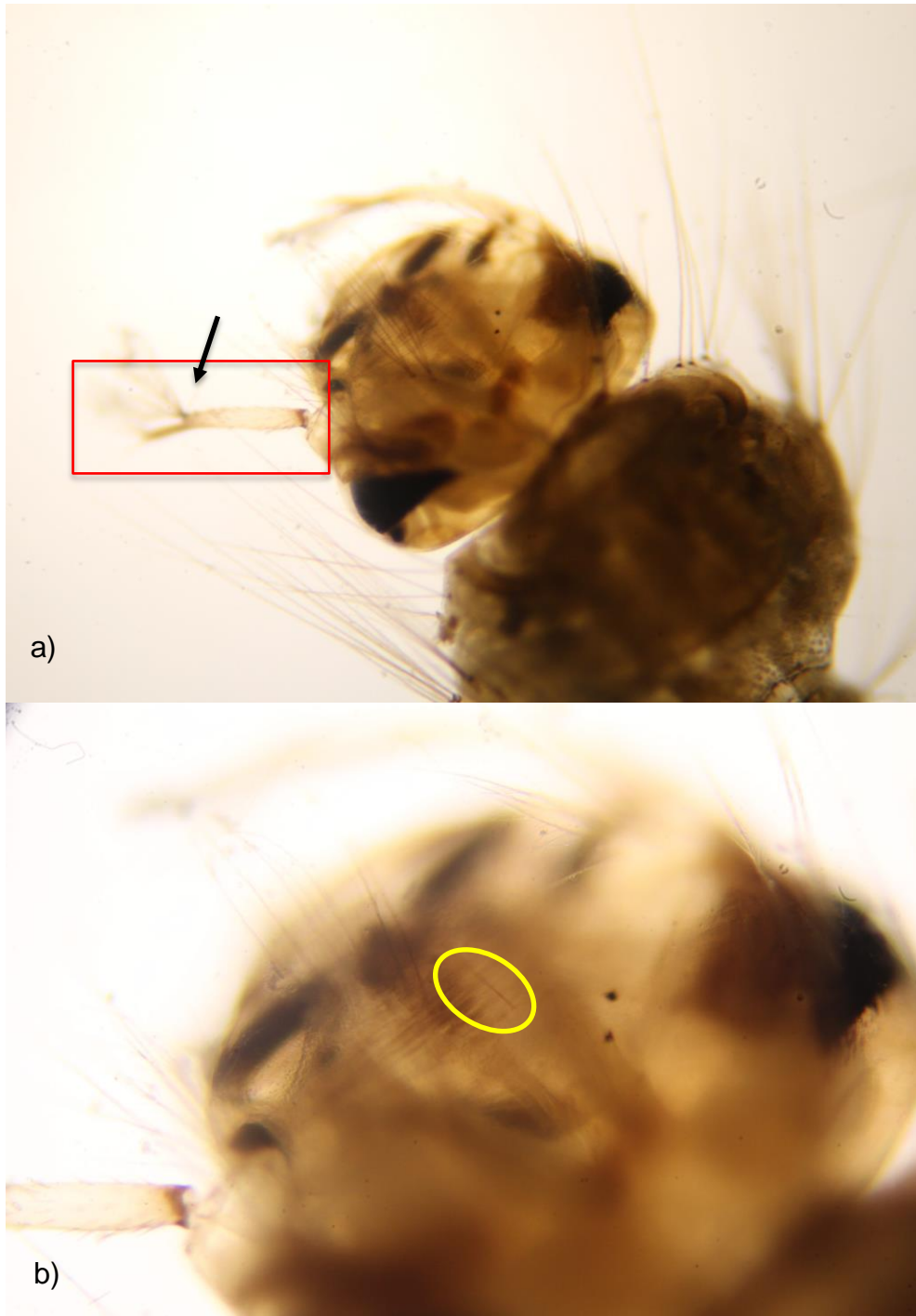


Figura 18 Sedas de la cabeza. a) Antena (A) constreñida a partir del pelo 1-A, b) pelo 4-C simple

VIII. DISCUSIÓN

En México se tiene el registro de 18 géneros de mosquitos en los que se distribuyen alrededor de 250 especies, sin embargo, son pocas las especies que se consideran vectores de virus o parásitos patógenos en México. Las especies de mayor importancia son *Aedes aegypti*, vector del virus del dengue (DENV), virus del chikungunya (CHIKV), virus del zika (ZIKV); *Anopheles albimanus* y *An. pseudopunctipennis*, vectores del parásito que causa paludismo (Ulloa-García, 2019). Aunque se han reportado alrededor de 136 especies en el estado de Chiapas (Bond, *et al.*, 2014; Hernández-Triana, *et al.*, 2021; Viveros-Santos, *et al.*, 2022), no hay estudios específicos que determinen las especies presentes en áreas urbanas y semi urbanas de las ciudades como Tuxtla Gutiérrez.

En el presente estudio se encontraron 11 especies: *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Ae. epactius*, *Ae. scapularis*, *Culex coronator*, *Cx. interrogator*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. thriambus*, *Psorophora confinnis* y *Toxorhynchites sp.*, además del registro de *Cx. bidens*, cuya especie no se había registrado para el municipio, todas especies pertenecientes a la subfamilia Culicinae. La ausencia de larvas de *Anopheles* puede deberse principalmente al tipo de hábitat larvario, ya que la distribución de los hábitats larvarios anophelinos se definen por la dinámica hidrológica del lugar, la cantidad de luz y la vegetación presente, ya que son los hábitats ricos en vegetación que proveen refugio y alimento durante la etapa larval, por lo que la ausencia o presencia de éstos factores podría influir directamente en la presencia de mosquitos anophelinos (Moreno, *et al.*, 2015).

Respecto a la presencia de *Cx. bidens*, aunque se ha tenido el registro de la especie en varios estados de México, sobre todo en zonas de Tlaxcala (Muñoz-Cabrera, *et al.*, 2006), Yucatán (Zapata-Peniche, *et al.*, 2007; Manrique-Saide y Zapata-Peniche, 2010), Jalisco (Galavíz-Parada, *et al.*, 2020), Tamaulipas (Ortega-Morales, *et al.*, 2015), Tabasco (Ortega-Morales, *et al.*, 2019), México (Adeniran, *et al.*, 2021) y Nuevo León (Ortega-Morales, *et al.*, 2015); aunque Chiapas figura como estado de distribución de esta especie (Ibañez-Bernal y Martínez-Campos, 1994), en

los listados de fauna culícida más recientes no se hace mención de la misma (Bond, *et al.*, 2014; Hernández-Triana, *et al.*, 2021; Viveros-Santos, *et al.*, 2022).

La larva de *Cx. bidens* se diferencia del resto debido a que presenta las siguientes características: antena constreñida al nivel de la seda 1-A, sedas 5-6-C con 3 ramificaciones, seda 4-C simple y seda 7-C múltiple-, 3 sedas 1-S del sifón ramificadas y con disposición irregular, segmento X espiculoso y con el esclerito rodeándolo completamente (Figura 15 a la 18) (Ibañez-Bernal y Martínez-Campos, 1994). Aunque esta especie tiene amplia variedad de criaderos para desarrollarse, como lo son cuerpos de agua permanentes o temporales (por ejemplo: charcos, floreros con materia orgánica), en este estudio fue colectada en su mayoría en huecos de árbol (Cuadro 3).

Esto puede deberse a que la especie, durante la etapa adulta, llega a presentar cierta preferencia por fuentes homeotermas de alimento, como lo son las aves y los mamíferos. Al encontrarse estas fuentes de alimento cercanas a los sitios de cría, como los huecos de los árboles en parques y panteones, facilitan el desarrollo de la especie pues las hembras una vez que se han alimentado buscan los sitios ideales para realizar su oviposición (Almirón y Brewer, 1995; Williams y Pinto, 2012).

De las 11 especies, las más abundantes y distribuidas a lo largo del muestreo fueron *Ae. aegypti*, *Cx. quinquefasciatus* y *Ae. albopictus* (Figuras 10 y 12). *Cx. quinquefasciatus* es una especie con predilección por ambientes urbanos donde su principal fuente de alimento es el humano, aunque suele alimentarse también de otros animales como cerdos, caballos, perros, conejos, ovejas; además de que posee una alta variedad de criaderos ya que puede ovipositar en estanques, arroyos, pozos, desagües, fosas sépticas (Cuadro 3), o sitios en los que se hallen aguas superficiales con materia orgánica y contaminadas (Bhattacharya y Basu, 2016).

Por otro lado, *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* son especies invasoras altamente adaptadas, cuyos huevos pueden resistir incluso ambientes secos; aunado a su alta resistencia, se desarrollan fácilmente ya que se aparean en lugares cercanos a fuentes de alimento (mamíferos) para luego ovipositar en recipientes, deshechos o huecos que

acumulen agua (Rey y Lounibos, 2015). No obstante, aunque comparte características con *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* puede distinguirse debido a la competitividad y persistencia en su picadura a lo largo del día, la preferencia de recursos en sitios exteriores, la tolerancia de los huevos a bajas temperaturas o desecación, entre otros, lo que ubica a este mosquito como el de más amplia distribución mundial (Casas-Martínez, 2019).

Aunque se ha observado que *Ae. aegypti* predomina en espacios urbanos y *Ae. albopictus* predomina en zonas rurales y tiende a habitar en ambientes silvestres y modificados (Rey y Lounibos, 2015; Casas-Martínez, 2019), actualmente se ha encontrado también en espacios urbanos, como en el presente estudio, ya que *Ae. albopictus* estuvo presente en mayor número en áreas urbanas, como el Parque del Oriente, mientras que en el Centro de Convivencia Infantil y la zona de amortiguamiento del Zapotal se registraron cantidades de larvas similares, esto debido a que la especie presenta una alta adaptabilidad a las condiciones rurales y urbanas donde utiliza contenedores de uso doméstico para ovipositar (Casas-Martínez, 2019), que corresponde a lo observado ya que las larvas se encontraron principalmente en huecos de árbol y floreros de cemento (Cuadro 3). Aunque pueden llegar a coexistir, un factor que influye en la presencia de ambas especies es la competencia tanto por criaderos como por alimento y refugio, ya que esto puede causar un desplazamiento debido a que en un mismo nicho ecológico no pueden existir las dos especies, por lo que podría haber la reducción de alguna de las dos (Rey y Lounibos, 2015; Bhattacharya y Basu, 2016).

Otra especie que se destacó fue *Ae. epactius* que, aunque no fue tan abundante, también estuvo presente en varios sitios de muestreo (Figura 12), esta es una de las especies más comunes en México cuyos sitios de oviposición se encuentran normalmente cercanos a casas (Ortega-Morales, *et al.*, 2019). El resto de las especies identificadas, aunque en menor cantidad y con menor distribución fueron *Ae. scapularis*, *Cx. coronator*, *Cx. interrogator*, *Cx. thriambus*, *Ps. confinnis* y *Toxorhynchites sp.* (Figuras 10 y 12). Se atribuye la baja presencia de estas especies a las condiciones de los criaderos (temporales), a depredadores naturales y a la

competencia; la mayoría de las larvas fueron halladas en charcos, llantas, huecos de árboles (Cuadro 3).

Se considera importante la presencia de larvas de *Toxorhynchites. sp.*, ya que son larvas depredadoras que se alimentan de otras larvas o incluso de larvas de su misma especie, por lo que también se les considera como controladores biológicos (Augier, *et al.*, 2003); aunque habitan en huecos naturales como axilas de plantas o los huecos de árboles, estas larvas también pueden hallarse en llantas (Zapata-Peniche, *et al.*, 2007), tal cual fue el caso de las larvas presentes en éstos criaderos cohabitando con larvas de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, entre otras.

Los sitios con mayor número de especies fueron el Parque del Oriente con ocho especies, Joyyo Mayu con siete especies y el Centro de Convivencia Infantil con seis especies (Figura 11). En los tres sitios fueron comunes las especies *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*, junto con *Ae. aegypti* y *Tx. sp.* que estuvieron presente en dos de los tres sitios. Estos lugares son espacios públicos en los que se hallan presentes no sólo cuerpos de agua naturales (ríos, huecos de árboles), sino también donde existen residuos no putrescibles y otros objetos, como llantas y/o recipientes de plástico, que pueden llegar a ser criaderos potenciales de mosquitos debido a que pueden llegar a acumular agua, además del afluente de personas que los visitan que son fuente de alimento para los mosquitos que emergen una vez han superado la etapa larval (Zapata-Peniche, *et al.*, 2007; Rey y Lounibos, 2015; Borge de Prada, *et al.*, 2018).

Los índices de diversidad indicaron que las áreas con mayor diversidad fueron el Parque del Oriente ($D_{Mg}:1.71$, $H':1.59$), Joyyo Mayu ($D_{Mg}:1.54$, $H':1.82$) y el Centro de Convivencia Infantil ($D_{Mg}:1.19$, $H':1.43$), donde se encontraron ocho, siete y seis especies diferentes respectivamente (Figura 11, Cuadro 2). Por otro lado, la baja presencia de *Ae. albopictus* en Joyyo Mayu podría deberse a la presencia en sí de *Cx. quinquefasciatus*; del mismo modo que la presencia de *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* en Parque del Oriente y Convivencia Infantil podría tener una influencia sobre la presencia de *Cx. quinquefasciatus*, ya que son tres especies altamente competitivas cuyos

hábitos están adaptados o pueden adaptarse a la urbanización; no obstante, se ha demostrado en simulaciones de campo que las larvas de *Ae. aegypti* son competidores de recursos superiores respecto a *Cx. quinquefasciatus* en condiciones de recursos limitados, por lo que podría verse un efecto sobre la dinámica de estas poblaciones de vectores (Rey y Lounibos, 2015; Santana-Martínez, *et al.*, 2017; Casas-Martínez, 2019).

Los sitios con mayor presencia de larvas fueron el Panteón Municipal y el Panteón de Terán, ambos con alta incidencia de larvas de *Cx. quinquefasciatus* y *Ae. aegypti*, que principalmente se hallaron en floreros plásticos y de cemento (Figura 11, Cuadro 3). De acuerdo con Dávalos-Becerril *et al.* (2019), los panteones son centros de proliferación de larvas ya que en ellos se encuentran una gran cantidad de contenedores y vegetación que permiten el establecimiento de estas especies, y donde además se encuentran los factores necesarios para el ciclo de vida del mosquito como fuentes de azúcar, sangre, refugio y cuerpos de agua; todos factores que establecen la permanencia de especies como *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*. Otros lugares con alta presencia de larvas fueron el Centro de Convivencia Infantil, el Parque del Oriente y Joyyo Mayu – Caña Hueca, donde las larvas fueron colectadas principalmente en huecos de árboles, charcos, registros de agua, llantas y piletas, al igual que en los panteones, las especies con mayor número fueron *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*; por lo que, al igual que con los panteones se considera que se cumplen los 4 requisitos básicos para la subsistencia del mosquito (Vezzani, 2007).

Dentro de las especies identificadas y que son de amplia distribución en la ciudad, se hallan varias que son de importancia médica (Cuadro 4, Figura 14), entre otras, ya que son vectores de enfermedades que pueden afectar la calidad de vida y el desarrollo de las comunidades en donde se hallan presentes estos mosquitos (González, *et al.*, 2016).

Ae. aegypti es uno de los vectores más importantes, ya que es el vector de enfermedades como Dengue, Zika, Chikungunya, fiebre amarilla y encefalitis japonesa. En lo que va del año 2022, se han reportado 356 casos de dengue

confirmados para Chiapas, lo que lo convierte en el segundo estado con mayor número de casos (Ceballos y Carbajal, 2022); de la misma manera, aunque hubo una reducción del número de casos de Zika para 2022, entre 2015 y 2021 se reportaron 821 casos, lo que supone un riesgo al tener el vector circulando cerca de la población, por lo que se debe mantener vigilancia sobre este mosquito y sus criaderos (Ceballos y Carbajal, 2022).

Por otro lado, *Ae. albopictus* también se destaca por ser transmisor del virus que provoca dengue, sin embargo, se considera que es un vector secundario por la preferencia que éste tiene sobre el hospedero y por la competencia, aunque también se debe mantener en vigilancia ya que esta especie tiene la capacidad de transmitir el virus transováricamente (Bond, *et al.*, 2014; Casas-Martínez, 2019; Galavíz-Parada, *et al.*, 2020).

Ae. epactius, *Cx. bidens*, *Cx. coronator*, *Cx. interrogator* y *Cx. thriambus* son considerados vectores del virus del Nilo occidental y de la Encefalitis Equina Venezolana, ambas enfermedades de importancia médica y veterinaria (Galavíz-Parada, *et al.*, 2020). La encefalitis equina venezolana ha sido reportada desde la década de los 60' en México, afectando principalmente animales equinos. Sin embargo, para los años 70', en México se empezó a producir la vacuna contra esta arbovirosis, por lo que, aunque tiene prevención, se mantiene en vigilancia al haber circulación del vector y de los hospederos (roedores) del virus (Productora Nacional de Biológicos Veterinarios, 2019).

Cx. quinquefasciatus es de los principales vectores de la Encefalitis de San Luis, además de ser transmisor del Virus del Nilo Occidental (VNO) debido a sus preferencias alimenticias tanto en aves y equinos como en humanos; en *Cx. thriambus* se han detectado adultos naturalmente infectados con el VNO (De la Mora-Covarrubias, *et al.*, 2008; González, *et al.*, 2016; Borge de Prada, *et al.*, 2018; Dávalos-Becerril, *et al.*, 2019).

Estas especies podrían representar un riesgo para la salud poblacional, ya que el área de presentación de estas enfermedades vectoriales se encuentra

estrechamente relacionada con el área de distribución de los vectores (González, *et al.*, 2016), por lo que se recalca la importancia del control vectorial desde la etapa larvaria, sobre todo en las áreas con altos índices de diversidad y densidad larvaria como los son el Parque del Oriente, el área Joyyo Mayu-Caña Hueca y panteones principales de la ciudad, ya que en ellos se encuentra gran diversidad de criaderos tanto naturales (huecos de árbol, charcos) como artificiales (floreros, basura) además de la principal fuente de alimentación, lo que podría constituir un problema sanitario de no aplicar control vectorial y/o difundir información sobre los vectores a la población para evitar la proliferación de éstos en la ciudad.

IX. CONCLUSIONES

- De un total de 839 larvas colectadas, se identificaron 11 especies distribuidas en cuatro géneros entre los que se destacan *Aedes* y *Culex* al poseer mayor número de especies y especies de importancia médica como *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus* y *Cx. quinquefasciatus*, respectivamente.
- Estas larvas fueron colectadas en 18 sitios entre los que se destacan Parque del Oriente, Joyyo Mayu y Centro de Convivencia Infantil, ya que fueron los lugares con mayor índice de biodiversidad ($D_{Mg}:1.71$, $H':1.59$, $D_{Mg}:1.54$, $H':1.82$ y $D_{Mg}:1.19$, $H':1.43$, respectivamente).
- La diferencia en la diversidad de los puntos antes mencionados respecto al resto, se ve influenciada por la variabilidad de criaderos naturales y artificiales existentes en esos lugares. Además, las condiciones ambientales como humedad relativa, presencia de sombra y temperatura cumplen un factor importante en la diversidad.
- Los panteones representan áreas de riesgo, ya que albergan gran cantidad de recipientes que almacenan agua y sirven como criaderos potenciales, además de que proveen refugio y alimento tanto a las etapas tempranas como a las adultas de especies como *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, que no sólo fueron las especies de mayor distribución y abundancia, sino también especies de mayor importancia médica en la ciudad ya que tienen la capacidad de transmitir virus que provocan enfermedades como dengue, zika y chinkungunya.

X. RECOMENDACIONES

- Realizar jornadas de descacharramiento en la ciudad durante todo el año y no sólo en temporadas de lluvia.
- Implementar y aumentar servicios de limpieza principalmente en parques y panteones, y en áreas verdes cercanas a la población para evitar que los residuos puedan almacenar agua y generar criaderos de larvas.
- En los panteones, prevenir a la población sobre el uso de floreros sin recambios de agua durante periodos largos.
- Informar a la población sobre la presencia de las especies de importancia médica en las áreas de riesgo y las enfermedades que éstas pueden provocar.

XI. REFERENCIAS DOCUMENTALES

- Adeniran, A. A. y otros, 2021. Identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) from Mexico State, Mexico using morphology and COI DNA barcoding. *Acta Tropica*, Volumen 213.
- Aguirre, A., Moreno, A. G. y Refoyo, P., 2005. Manual de laboratorio de Parasitología. *Reduca. Biología*, 2(5).
- Almirón, W. R. y Brewer, M. M., 1995. Preferencia de hospedadores de Culicidae (Diptera), recolectados en el centro de la Argentina. *Rev. Saúde Pública*, 29(2), pp. 108-114.
- Andreu, D., 1997. *Péptidos en biología y biomedicina*. s.l.:Editorial CSIC - CSIC Press.
- Arredondo-García, J. L., Méndez-Herrera, A. y Medina-Cortina, H., 2016. Arbovirus en Latinoamérica. *Acta pediátrica de México*, 37(2), pp. 111-131.
- Augier, L. M., Dantur Juri, M. J. y Molina, G. A., 2003. Redescrición de la Larva y la Pupa de *Toxorhynchites* (*Lynchiella*) *guadeloupensis* (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 62(1-2), pp. 99-106.
- Beltrán-Aguilar, A. y otros, 2011. Taxonomía y distribución de los anofelinos en el estado de Veracruz, México (Diptera: Culicidae, Anophelinae). *Acta Zoológica Mexicana*, 27(3), pp. 601-755.
- Berenguer, J. G., 2007. *Manual de Parasitología. Morfología y biología de los parásitos de interés sanitario*. s.l.:Edicions Universitat Barcelona.
- Bhattacharya, S. y Basu, P., 2016. The Southern House Mosquito, *Culex quinquefasciatus*: profile of a smart vector. pp. 73-81.
- Bond Compean, J. G., 1999. *Dinámica de criaderos larvarios de Anopheles pseudopunctipennis Theobald (Diptera: Culicidae) en el sur de Chiapas, México..* San Nicolás de La Garza(Nuevo León): s.n.
- Bond, J. G. y otros, 2014. Diversity of mosquitoes and the aquatic insects associated with their oviposition sites along the Pacific coast of Mexico. *Parasites y Vectors*, 7(1).
- Borge de Prada, M. y otros, 2018. Mosquitos (Diptera, Culicidae) de importancia médica asociados a residuos sólidos urbanos en Jarabacoa, República Dominicana. *Revista Salud Jalisco*, Issue Especial, pp. 20-27.
- Casas-Martínez, M., 2019. *La invasión del mosquito Aedes albopictus: estado actual en México..* s.l.:s.n.

- Casas-Martínez, M. y otros, 2012. *Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México*, México: s.n.
- Ceballos Liceaga, S. E. y Carbajal Sandoval, G., 2022. *Casos confirmados autóctonos de enfermedad por virus del Zika por entidad federativa*, s.l.: s.n.
- Ceballos Liceaga, S. E. y Carbajal Sandoval, G., 2022. *Situación Epidemiológica de Dengue en México*, s.l.: s.n.
- Ceballos Liceaga, S. E., Carbajal Sandoval, G. y Mayo Guerra, L., 2021. *Panorama Epidemiológico de Dengue*, s.l.: s.n.
- Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, 2017. *Dirección del programa de enfermedades transmitidas por vectores*. [En línea] Available at: <https://www.gob.mx/salud/cenaprece/acciones-y-programas/direccion-del-programa-de-enfermedades-transmitidas-por-vectores> [Último acceso: 1 Septiembre 2022].
- Chordá-Olmos, F. A., 2014. *Biología de mosquitos (Diptera: Culicidae) en enclaves representativos de la Comunidad Valenciana*. Valencia: s.n.
- Clark-Gil, S. y F. Darsie, R., 1983. The mosquitoes of Guatemala. Their identification, distribution and bionomics, with keys to adult females and larvae in english and spanish.. *Mosquito Systematics*, 15(3), p. 136.
- Comité Estatal de Información Estadística y Geográfica, 2021. *Perfiles Municipales*. [En línea] Available at: <https://www.ceieg.chiapas.gob.mx/perfiles/Inicio> [Último acceso: 20 Octubre 2022].
- Dávalos-Becerril, E. y otros, 2019. Urban and semi-urban mosquitoes of Mexico City: A risk for endemic mosquito-borne disease transmission. *PLOS ONE*, 14(3).
- de la Cruz Francisco, V., Veda-Moreno, D. y Valdés-Murillo, A., 2012. Ecological aspects of larval incidence of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Tuxpan, Veracruz, Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, Volumen 38, pp. 128-133.
- De la Mora-Covarrubias, A., Rubio-Arias, H. O., Jiménez-Castro y A., J., 2008. Vigilancia entomológica de *Culex quinquefasciatus* Say, 1833, vector de enfermedades arbovirales en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Universidad y Ciencia. Trópico Húmedo*, 14(2), pp. 101-109.
- Del Ángel, R. M. y Zárate, S., 2020. Ciclo replicativo y evolución de los arbovirus. *Ciencia*, 71(1), pp. 16-23.

- Galavíz-Parada, J. D. y otros, 2020. Registro de especies de mosquitos y riesgo epidemiológico en un centro estudiantil de Jalisco. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 16(3), pp. 88-95.
- Gallichotte, E. N. y otros, 2021. Towards a Method for Cryopreservation of Mosquito Vectors of Human Pathogens. *Cryobiology*, Volumen 99.
- González López, L. y Hernández Hernández, F. d. I. C., 2017. Malaria: vectores. *Ciencia*, 68(1).
- González, C. R. y otros, 2016. *Manual de culícidos (Diptera: Culicidae) de la zona norte y centro de Chile, incluyendo Isla de Pascua*. Segunda ed. Santiago: s.n.
- Hernández-Triana, L. M. y otros, 2021. An Integrated Molecular Approach to Untangling Host–Vector–Pathogen Interactions in Mosquitoes (Diptera: Culicidae) From Sylvan Communities in Mexico. *Frontiers in Veterinary Science*.
- Ibañez-Bernal, S. y Martínez-Campos, C., 1994. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera: Culicidae). *Folia Entomológica Mexicana*, Volumen 92.
- Ibañez-Bernal, S., Mendoza-Palmero, F. y Hernández-Xoliot, R., 2011. Breif general information of Mosquitoes from the state of Veracruz, and a list of known species in this state is presented.. En: *La Biodiversidad de Veracruz. Un estudio de estado*. Primera ed. s.l.:Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), pp. 399-403.
- Manrique-Saide, P. y Zapata-Peniche, A., 2010. Mosquitos de Mérida. *Biodiversidad y desarrollo humano en Yucatán. Mérida, México: CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA*. p.
- Martella, M. B. y otros, 2012. Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*. Serie Ecología., 5(1), pp. 75-115.
- Moreno, C. E., 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Primera ed. Zaragoza: s.n.
- Moreno, J. E., Rubio-Palis, Y., Sánchez, V. y Martínez, Á., 2015. Caracterización de hábitats larvales de anofelinos en el municipio Sifontes del estado Bolívar, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 55(2), pp. 117-131.
- Muñoz-Cabrera, L. O., Ibañez-Bernal, S. y Corona-Vargas, M. D. C., 2006. LOS MOSQUITOS (DIPTERA: CULICIDAE) DE TLAXCALA, MÉXICO.. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), pp. 223-271.
- Organización Mundial de la Salud, 2020. *Enfermedades Transmitidas por Vector*. [En línea]
Available at: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector->

borne-diseases

[Último acceso: 23 Agosto 2021].

Organización Panamericana de la Salud, 2020. *Vectores: Manejo integrado y entomología en salud pública*. [En línea]

Available at: <https://www.paho.org/es/temas/vectores-manejo-integrado-entomologia-salud-publica>

[Último acceso: 20 Noviembre 2021].

Ortega-Morales, A. I. y otros, 2019. The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tabasco, Mexico. *Journal of Vector Ecology*, 44(1), pp. 57-67.

Ortega-Morales, A. I. y Reyes-Villanueva, F., 2020. *Mosquitos (Diptera: Culicidae)*. s.l.:CONABIO.

Ortega-Morales, A. I. y otros, 2015. Mosquito Records from Mexico: The Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tamaulipas State. *Journal of Medical Entomology*, 52(2), pp. 171-184.

Productora Nacional de Biológicos Veterinarios, 2019. *Encefalitis Equina Venezolana*.

[En línea]

Available at: <http://www.gob.mx/pronabive/es/articulos/encefalitis-equina-venezolana?idiom=es>

[Último acceso: 15 Agosto 2022].

Rey, J. R. y Lounibos, P., 2015. Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión de enfermedades. *Biomédica*, Volumen 35, pp. 177-185.

Rossi, G. C. y Almirón, W. R., 2004. *Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina*. s.l.:s.n.

Rubio-Palis, Y., 2005. Situación actual de la taxonomía de la Subfamilia Anophelinae (Diptera:Culicidae) de Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, Volumen 45.

Rubio-Palis, Y. y otros, 2014. Abundancia y diversidad de especies de Culicinae (Diptera: Culicidae) del Alto Orinoco, estado Amazonas, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 54(2), pp. 186-198.

Ruiz-López, F. y otros, 2016. Presencia de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. *Biomédica*, 36(2).

Sánchez Romero, T., 2018. *Fauna de Culícidos (Díptera) presente en los distintos enclaves hídricos de Sevilla (España)*. Sevilla: s.n.

- Sánchez-Casas, R. M. y otros, 2010. Localización de criaderos no-residenciales de *Aedes aegypti* y su asociación con casos de dengue en la zona metropolitana de Monterrey, Nuevo León, México.. *RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición*, 11(1).
- Santana-Martínez, J. C., Molina, J. y Dussán, J., 2017. Asymmetrical Competition between *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) Coexisting in Breeding Sites. *Insects*, 8(4).
- Stein, M., Oria, G. I. y Almirón, W. R., 2002. Principales criaderos para *Aedes aegypti* y culícidos asociados, Argentina. *Revista de Saúde Pública*, 36(5), pp. 627-630.
- Torres-Castro, M. A. y otros, 2007. Las enfermedades transmitidas por vector: importancia y aspectos epidemiológicos. *Bioagrocencias*, 13(1), pp. 31-41.
- Ulloa-García, A., 2019. Biodiversidad de mosquitos y vectores de enfermedades. *Revista Biomédica*, 30(3), pp. 103-104.
- Vargas, M., 1998. *El mosquito: un enemigo peligroso : biología, control e importancia en la salud humana (Diptera:Culicidae)*. s.l.:Editorial Universidad de Costa Rica.
- Vences-Velázquez, G. y otros, 2017. *Aedes(Stegomyia) aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae): conocimiento, criaderos frecuentes y distribución geográfica en la población de Mochitlán, Guerrero, México. *Entomología Mexicana*, Volumen 4, pp. 578-585.
- Vezzani, D., 2007. Review: Artificial container-breeding mosquitoes and cemeteries: a perfect match. *Tropical Medicine and International Health*, 12(2), pp. 299-313.
- Viveros-Santos, L. y otros, 2022. Integrated Approaches for the Identification of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) from the Volcanoes of Central America Physiographic Subprovince of the State of Chiapas, Mexico. *VECTOR-BORNE AND ZOONOTIC DISEASES*, 22(2), pp. 120-137.
- Weger-Lucarelli, J. y otros, 2018. Taking a bite out of nutrition and arbovirus infection. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 12(3).
- Weinburgh, H., s.f. *Mosquito, de cerca, Culex quinquefasciatus, larva*. s.l.:s.n.
- Williams, J. y Pinto, J., 2012. *Manual de Capacitación en Entomología de la Malaria Para Técnicos en Entomología y Control Vectorial (Nivel Básico)*. s.l.:s.n.
- World Health Organization, 1995. *Vector identification*. [En línea] Available at: <http://helid.digicollection.org/en/d/Jh0176e/4.1.1.html> [Último acceso: 24 Agosto 2021].

- Yeates, D. y Wiegmann, B., 1999. Congruence and Controversy: Toward a Higher-Level Phylogeny of Diptera. *Annual review of entomology*, Volumen 44, pp. 397-428.
- Zapata-Peniche, A. y otros, 2007. Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos.. *Revista Biomédica*, 18(1), pp. 3-17.