

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y

ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

Diversidad de mosquitos (Diptera:
Culicidae) en el Parque Nacional Cañón
del Sumidero.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

MAGDALENA HERNÁNDEZ ÁLVAREZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Marzo de 2022



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y

ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

**Diversidad de mosquitos (Diptera:
Culicidae) en el Parque Nacional
Cañón del Sumidero**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA

MAGDALENA HERNÁNDEZ ÁLVAREZ

Director

M.C. CARLOS ADOLFO ESPINOSA GONZÁLEZ

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN ENTOMOLÓGICA Y BIOENSAYOS DE CHIAPAS

DR. JOSÉ ANTONIO DE FUENTES VICENTE

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y DIAGNÓSTICO MOLECULAR

Asesor (s)

ING. JORGE MIGUEL ALVARADO ESTRADA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN ENTOMOLÓGICA Y BIOENSAYOS DE CHIAPAS

DR. RAHUEL JEREMÍAS CHAN CHABLÉ

SERVICIOS ESTATALES DE SALUD DE QUINTANA ROO



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

Marzo de 2022

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Salud del estado de Chiapas; al Dr. José Manuel Cruz Castellanos y al LE. Aarón Manuel Morales Domínguez, por todo el apoyo e interés brindado para la realización de este trabajo.

Al Parque Nacional Cañón del Sumidero; al ING. Roberto Escalante López, por darnos el acceso y las facilidades para trabajar dentro del Parque.

A la Unidad de Investigación entomológica y Bioensayos de Chiapas por darme la oportunidad de trabajar este proyecto, además de todo el apoyo recibido tanto en las colectas, como en el laboratorio.

Al M en C. Carlos Adolfo Espinosa Gonzales por la dirección de este trabajo, por ser paciente y ayudarme en todo el proceso.

Al Dr. José Antonio De Fuentes Vicente por las aportaciones y el tiempo dedicado a este trabajo.

A mis aserores, al ING. Miguel Alvarado Estrada por todo el conocimiento que me compartió acerca de los mosquitos y al Dr. Rahuel Jeremías Chan Chablé que aun en la distancia siempre conté con su gran apoyo, tanto en la identificación de mosquitos como en el escrito de este trabajo.

Al Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular por toda su ayuda y por los comentarios que enriquecieron mi trabajo, en especial al Biol. Aarón Gómez, gracias por todo.

A mis Padres por apoyarme y comprendeme en todo momento, sin su ayuda no hubiera llegado hasta aquí.

A mis amigos: Emilio, Mayte, Ezequiel, Keyda, Emiliano les agradezco su amistad, sin duda alguna la carrera no hubiera sido la misma sin ustedes. Pero sobre todo a Lupita, mi gran amiga, gracias por todo el apoyo, por escucharme, animarme, nunca olvidaré todos los momentos que pasamos.

ÍNDICE

RESUMEN.....	VII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
2. 1 ORDEN DIPTERA.....	3
2. 2 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA CULICIDAE.....	4
2. 3 CICLO DE VIDA.....	6
2.3.1 Huevos.....	6
2.3.2 Larva.....	7
2.3.3 Pupa o Crisálida.....	9
2.3.4 Adulto.....	9
2. 4 CLASIFICACIÓN.....	11
2. 5 IMPORTANCIA MÉDICA DE LOS MOSQUITOS CULÍCIDOS.....	11
2.5.1 Arbovirus.....	12
2.5.2 Protozoos.....	13
2.5.3 Nemátodos.....	14
2. 6 PARÁMETROS PARA MEDIR DIVERSIDAD.....	16
2.7 ÍNDICES PARA MEDIR LA DIVERSIDAD.....	16
2.7.1 Índice de Margalef.....	16
2.7.2 Índice de Shannon-Wiener.....	16
III. ANTECEDENTES.....	17
IV. OBJETIVOS.....	20
V. ZONA DE ESTUDIO.....	21
VI. MATERIALES Y MÉTODO.....	23

6.1 COLECTA ENTOMOLÓGICA DE MOSQUITOS.....	23
6.1.2. Fase larvaria:	23
6.1.3. Fase adulta:	24
6.2 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	24
6.3 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD.....	25
VII. RESULTADOS	26
7.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD	29
7.2 MOSQUITOS DE IMPORTANCIA MÉDICA	31
7.3 ESPECIES NATIVAS DE LA REGIÓN.	32
7.3.1 <i>Aedes (Protomacleaya) sumidero</i> Schick, 1970	32
7.3.1.1 Características de <i>Aedes sumidero</i>	33
7.4 NUEVO REGISTRO PARA CHIAPAS	37
7.4.1 Características de <i>Aedes (Protomacleaya) amabilis</i> Schick, 1970.	37
VIII. DISCUSIÓN	39
IX. CONCLUSIÓN	44
X. BIBLIOGRAFÍA	45
XI. ANEXOS	53
Anexo 1.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología general de un culícido adulto (Romero, 2018).	4
Figura 2. Ala de <i>Culex</i> sp. mostrando la venación (Reyes <i>et al.</i> , 2016.....	5
Figura 3. Ciclo de vida de los mosquitos (CDC, 2018).	6
Figura 4. Diferente formas del corion en los huevos de mosquitos. A) <i>Anopheles</i> , B) <i>Culex</i> , C) <i>Aedes aegypti</i> (L.), D) <i>Toxorhynchites brevipalpis</i> (Theobal) (Vargas, 1976).	7
Figura 5. Características de los tres primeros estadios larvales de <i>Ae. aegypti</i> . 1a) larva recién eclosionada; 1b) larva I en condición normal; 1c) larva apunto de mudar. 2a) larva del segundo estadio inmediata; 2b) larva II a punto de mudar al siguiente estadio. 3a larva inmediata del tercer estadio (Christophers, 1960).	8
Figura 6. Pupa vista lateral (Becker <i>et al.</i> , 2010).	9
Figura 7. Zonas de muestreo en el Parque Nacional Cañón del Sumidero. ...	22
Figura 8. Porcentaje de individuos por género en el Parque Nacional Cañón del Sumidero	26
Figura 9. Hembra de <i>Aedes sumidero</i>	32
Figura 10. Escuto de <i>Ae. sumidero</i> . A) Escuto sin línea acrostical de escamas plateada. B) lóbulo medio del escutelo con escamas plateadas.	33
Figura 11. Fémur próximo al abdomen de <i>Ae. sumidero</i> con una banda oscura.	34
Figura 12. Vena C completamente con escamas oscuras.....	34
Figura 13. Mancha pálida en la parte apical del fémur próximo al tórax.....	35
Figura 14. A) Probóscide. B) Fémur próximo a la cabeza	35
Figura 15. Occipucio mayormente con escamas pálidas.....	36
Figura 16. Vista lateral de hembra adulta de <i>Aedes amabilis</i>	37
Figura 17. A) Línea acróstica completa. B) Línea dorsocentral completa.....	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Vectores, huéspedes, sintomatología y números estimados de casos y muertes por patógenos transmitidos por mosquitos (WHO, 2018; Weger <i>et al.</i> , 2018).	15
Cuadro 2. Frecuencia de especies de Culícidos encontrados en los sitios de muestreo en las dos épocas de muestro.....	27
Cuadro 3. Frecuencia de Culícidos encontrados en las épocas de muestro. .	28
Cuadro 4. Índices de diversidad de la temporada de lluvia y seca.	29
Cuadro 5. Índices de diversidad de los diferentes sitios de muestreo	30
Cuadro 6. Especies vectores que transmiten alguna enfermedad encontradas en el Parque Nacional Cañón del Sumidero	31

RESUMEN

Los mosquitos de la familia Culicidae constituye el grupo de insectos más importante a nivel mundial desde el punto de vista médico, esto se debe al comportamiento hematófago que las hembras presentan, lo cual las convierte en vectores importantes de enfermedades como: Dengue, Zika, Encefalitis, Fiebre amarilla, Malaria, así como filariasis.

Dado el impacto de estas enfermedades, su rápida propagación a nivel mundial, además de la ausencia de tratamientos específicos o vacunas para prevenirlas o controlarlas, se requiere de estudios que nos permitan conocer la distribución actual y futura, la asociación de factores ecológicos y ambientales que determinan su asentamiento, la determinación de los límites geográficos de la transmisión y la intensidad de transmisión con el fin de permitir una planificación más eficaz para el control de estas enfermedades.

En el presente trabajo se realizaron colectas de mosquitos adultos y fase larvaria en temporada de seca y lluvia en el área turística (que comprenden los cinco miradores y tres pistas de ciclismo) de la reserva natural Parque Nacional Cañón del Sumidero. Con el fin de determinar la diversidad de mosquitos y reconocer las especies de importancia médica. Se colectó un total de 400 mosquitos agrupados en 10 géneros, 12 subgéneros y 23 especies de culícidos. *Aedes amabilis* es un nuevo registro para el estado de Chiapas. Fue colectado *Aedes sumidero*, una especie que desde hace 52 años no se colectaba, por lo que se incluye imágenes de sus principales caracteres diagnósticos. En los análisis de diversidad empleando los índices de Shannon (H') y Margalef (D_{mg}), se encontró que la temporada de lluvia fue la más diversa con $H'=2.043$, $D_{mg}=3.729$, en contraste con la temporada de seca con $H'=0.376$, $D_{mg}=0.4809$. Mientras que el punto de muestro más diverso fue el mirador “El Roblar” con $H'=2.235$; $D_{mg}=3.505$. Se hallaron seis especies de importancia médica; *Aedes angustivittatus*, *Aedes taeniorhynchus*, *Haemagogus equinus*, *Psorophora ferox*, *Sabethes chloropterus*, y la más importante *Aedes albopictus*. El hallazgo de estas especies de importancia médica pone en riesgo de infección tanto a los turistas como a la población cercana al Parque Nacional Cañón del Sumidero.

Palabras clave: Culícidos, importancia médica, diversidad, Parque Nacional Cañón del Sumidero.

I. INTRODUCCIÓN

La familia Culicidae se encuentra dentro del orden Diptera. Es uno de los grupos más diversos de este orden y son probablemente el grupo de insectos más estudiados a nivel mundial, con especies distribuidas en las regiones tropicales, templadas e incluso frías de todo el mundo (Rueda, 2008). Actualmente se conoce a nivel mundial 3,591 especies y subespecies (Harbach, 2021)

Estos insectos exhiben una metamorfosis completa (holometábolo) en su ciclo de vida, con fases asociadas al medio acuático (huevo, larva y pupa) y adulto asociados al medio terrestre (Bueno, 2010), por lo que pueden habitar en distintos sistemas acuáticos, que van desde cuerpos de agua en el suelo, lagunas, lagos, desbordes de ríos hasta plantas que poseen estructuras que almacenan agua (fitotelmata) lo anterior les provee la capacidad para una amplia distribución (Navarro *et al.*, 2010).

La familia Culicidae constituye el grupo de insectos más importante a nivel mundial desde el punto de vista médico y veterinario. El comportamiento hematófago de las hembras los convierte frecuentemente en plagas sanitarias, además de que a través de su picadura pueden transmitir enfermedades entre los vertebrados, pudiendo ser virales como la Fiebre amarilla, el Dengue, Zika, Encefalitis, o parasitarias como la Malaria y ciertas filarías (Muñoz-cabrera *et al.*, 2006). Siendo algunas de estas mortales, pues se estima que a nivel mundial cerca de 500.000 personas mueren al año por estas enfermedades (OPS, 2020). En México y en Chiapas, el Dengue es la infección viral transmitida con mayor frecuencia, solamente en el 2019; año en el que se documentó mayor incidencia, se registraron 41 000 casos a nivel nacional, mientras que en Chiapas 2 241 casos (Arredondo-García *et al.*, 2020).

Debido a lo anterior los estudios de diversidad de mosquitos son importantes ya que permiten conocer: 1) las especies que se distribuyen naturalmente en una región; 2) qué especies son más abundantes y en qué periodo del año; 3) los posibles cambios en los patrones de distribución de las especies nativas. 4) fenómenos de extinción de

especies; 5) el establecimiento de especies exóticas. Estos estudios en combinación con el conocimiento de los requerimientos ecológicos, los parámetros de vida, los hábitos alimentarios y la relación con organismos patógenos de cada especie, permitiría diseñar modelos predictivos que indiquen no solo las áreas de mayor riesgo para una u otra enfermedad, sino también el periodo en el que estas enfermedades podrían representar un mayor problema en el año (Muñoz-Cabrera *et al.*, 2006).

En México, las enfermedades transmitidas por vectores (ETV's) representan un importante problema de salud pública. Las condiciones ambientales y las constante incursión del hombre a áreas silvestres y la adaptación de diferentes mosquitos para su establecimiento en áreas urbanas y semiurbanas, además de la ausencia de tratamientos específicos o vacunas para estas enfermedades, favorecen a la transmisión de distintas ETV's (CENAPRECE, 2017, Brady *et al.*, 2012).

En Chiapas, a pesar de la existencia de programas de la Secretaria de Salud enfocados en el control de ETV's, no hay suficientes estudios sobre diversidad de mosquitos que aporten información a estos programas. Dichos estudios nos permiten conocer la presencia-ausencia de mosquitos, incluidos aquellos de importancia médica. Uno de los sitios dentro de estado en donde aún no se han realizado estudios de diversidad de mosquitos es el Parque Nacional Cañón del Sumidero (PNCS), el cual al ser un importante centro turístico a nivel internacional y dada la proximidad hombre-vector, además de la cercanía con la población urbana representa una importante zona de riesgo. Por lo que el presente estudio se centra en conocer la diversidad de mosquitos en este Parque Nacional con el fin de aportar información relevante sobre las especies asociadas a enfermedades endémicas y emergentes, y sus posibles implicaciones a la salud pública de la región.

..

II. MARCO TEÓRICO

2. 1 ORDEN DIPTERA

Es uno de los órdenes con mayor riqueza de especies, habiéndose registrado a la fecha casi 153,000 especies válidas. Agrupados en alrededor de 150 familias (número variable dependiendo de los criterios clasificatorios de diferentes especialistas; Reyes *et al.*, 2016).

Los dípteros tienen el cuerpo dividido en tres partes: cabeza, tórax y abdomen, que en sentido muy amplio incluyen a las “moscas” y “mosquitos”, estos se caracterizan, por tener sólo un par de alas. Mientras que sus alas posteriores (metatorácicas) se transforman en unos órganos llamados halterios o balancines, que no se utilizan para volar, sino para mantener la estabilidad mientras vuelan. Se ha dividido tradicionalmente en dos subórdenes: Nematocera y Brachycera. La diferencia entre ambos grupos es que los Nematocera incluyen dípteros con antenas largas y formadas por muchos segmentos y los Brachycera incluyen dípteros con antenas cortas y con pocos segmentos. (Carles-Tolrá, 2015).

El suborden Nematocera se distingue, entre otros caracteres de los adultos por presentar patas largas y delgadas además de antenas multisegmentadas. Las larvas presentan una cápsula cefálica bien desarrollada, siendo la gran mayoría de ellas acuáticas o semiacuáticas. Los dípteros inferiores incluyen 40 familias que pudieran representar alrededor de 20,000 especies en México, estimación obtenida de manera indirecta si se toma en cuenta que México posee aproximadamente el 10% de la biodiversidad mundial (Bernal, 2017).

2. 2 CARACTERÍSTICAS DE LA FAMILIA CULICIDAE

Los adultos son estrechamente relacionados con las familias Dixidae y Chaoboridae pero se distinguen de estos por la prolongación de las partes bucales en una proboscis y por la presencia de escamas en las venas de las alas (Ward, 1982).

Los adultos de culícidos (Figura 1) 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.

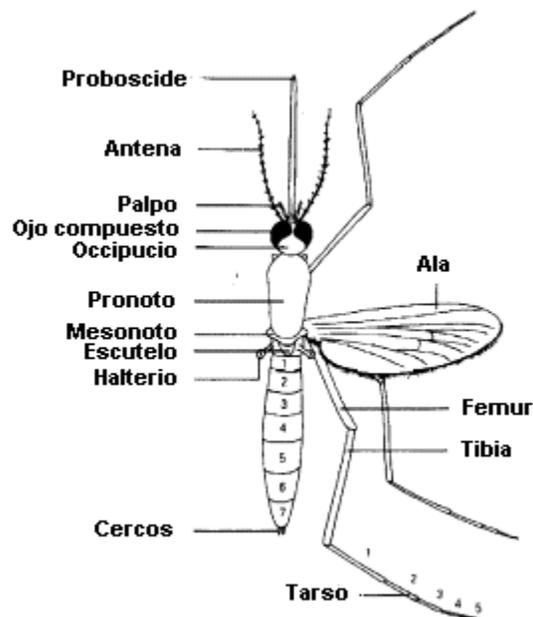


Figura 1. Morfología general de un culicido adulto (Romero, 2018).

Presentan una cabeza pequeña, subesférica, ojos reniformes, con facetas de igual tamaño, similares en ambos sexos, y ausencia de ocelos. Probóscide prominente, proyectada anteriormente, adaptada para picar en la hembra, los machos son nectarípagos con; piezas bucales tipo estilete. Poseen antenas largas y filamentosas, con escapo pequeño. Los palpos son variables en longitud en los distintos grupos, cortos en las hembras de culícidos (especies de *Aedes* Meigen 1818 y *Culex* Linnaeus 1758, por ejemplo) y más largos que la probóscide, en ambos sexos, en anofelinos (especies de *Anopheles* Meigen 1818.). El tórax ovoide, ancho

dorsalmente y usualmente con escamas. Sus alas largas y delgadas (Figura 2), con presencia de escamas y un característico patrón de venación bastante uniforme al interior de la familia (Reyes, *et al.*, 2016).

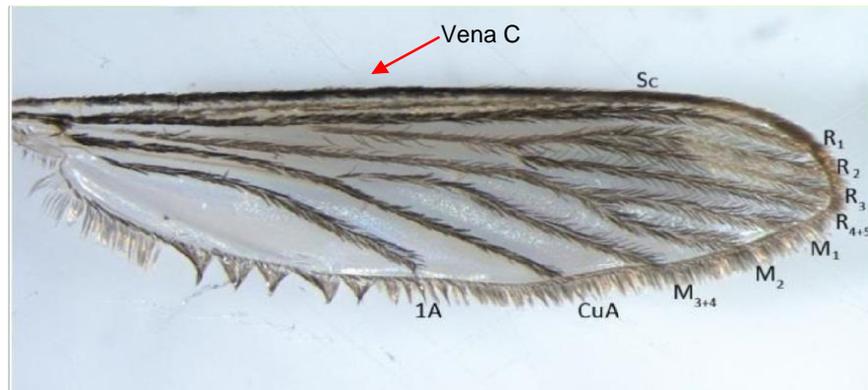


Figura 2. Ala de *Culex* sp. mostrando la venación (Reyes *et al.*, 2016)

Los mosquitos adultos son generalmente activos en el crepúsculo, la noche o sombra densa. Muchos pasan el día en huecos de árboles, bajo alcantarillas, o lugares similares de descanso. Sólo las hembras se alimentan de sangre, mientras que los machos (y ocasionalmente también las hembras), se alimentan de néctar y otros jugos de plantas. Para alimentarse, las hembras de cada especie tienen diferentes comportamientos, además de preferir sitios específicos del cuerpo de sus hospederos; tal es el caso de algunas especies de *Anopheles* que muestran dos picos de actividad alimentaria, el primero de las 21:30 a las 22:30 y el otro de la 01:30 a las 02:30 horas, ingiriendo sangre de piernas y manos (Badii *et al.*, 2006).

Si una especie manifiesta preferencia por picar al hombre, y por eso mismo vive en ambientes habitados por él, se dice que es una especie con una cualidad de domesticidad y antropófila. En caso contrario, la especie es extradomiciliaria y zoófila, es decir, no frecuenta las viviendas y prefiere picar a animales. No existen valores absolutos para estos comportamientos y comúnmente son especies que tienen antropofilia y zoofilia en mayor o menor grado (Rossi y Almirón, 2004)

2. 3 CICLO DE VIDA

Los mosquitos exhiben una metamorfosis completa (Figura 3), la cual es una característica considerada como el más alto grado de adaptación; presentan fases asociadas al medio acuático (huevo, larva y pupa) y la fase adulta asociados al medio terrestre (Bueno, 2010; Badii *et al.*, 2006).

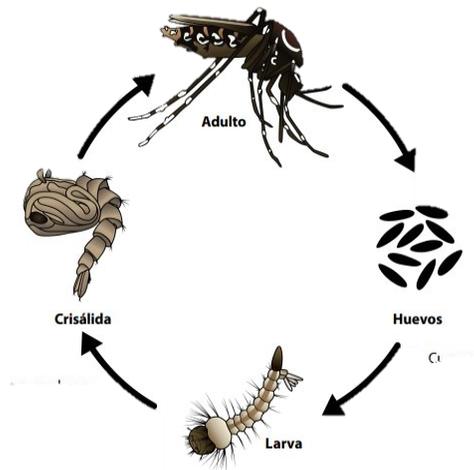


Figura 3. Ciclo de vida de los mosquitos (CDC, 2018).

2.3.1 Huevos

Los huevos de la mayoría de los mosquitos son alargados, ovoides y en forma de huso, otros esféricos o romboides. La capa más externa, el corion, tiene estructuras y patrones diagnósticos de especie (Figura 4). El corion de *Anopheles* tiene unos compartimientos transparentes a cada lado. Las hembras del género *Anopheles* ponen sus huevos solitarios; las hembras del genero *Aedes* depositan sus huevos próximos al agua, en forma individual; las hembras del genero *Culex* ponen sus huevos en la superficie del agua o en grupos "balsas" (Vargas, 1976; Badii *et al.*, 2006).

La oviposición, en la mayoría de las especies, ocurre unos 4 días después de la primera ingesta de sangre (especies anautogénicas), aunque existen otras especies que pueden colocar, una primera postura de huevos, sin haber ingerido sangre (especies autogénicas) (Reyes *et al.*, 2016).

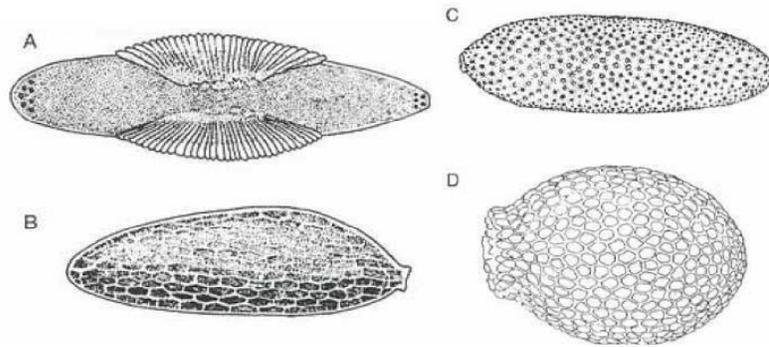


Figura 4. Diferente formas del corion en los huevos de mosquitos. A) *Anopheles*, B) *Culex*, C) *Aedes aegypti* (L.), D) *Toxorhynchites brevipalpis* (Theobal) (Vargas, 1976).

La supervivencia de muchos mosquitos depende de que todos o la mayor parte de los huevos entren en un estado de detención de la eclosión suficiente para superar el invierno, esta propiedad determinada genéticamente es llamada diapausa; la cual es un fenómeno en el que intervienen mecanismos neurohormonales y que lleva a un estado de baja actividad metabólica debido a un estímulo específico (Ponce *et al.*, 2016). La diapausa no sólo se da en invierno en las zonas templadas, también tiene lugar en las estaciones secas de las zonas tropicales.

2.3.2 Larva

El hábitat larval es en cuerpos de agua con poco o ningún movimiento. La mayoría de las especies son dulceacuícolas; es decir que se encuentran en cuerpos de agua dulce. En su cuerpo se distinguen tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. La larva tiene un par de espiráculos cerca de la parte terminal del abdomen y son las únicas aberturas respiratorias. En Culicinae el espiráculo está situado al final del sifón, y la larva queda suspendida diagonalmente bajo la superficie del agua, con sus espiráculos abiertos al aire. En Anophelinae los espiráculos se encuentran al mismo nivel, con la superficie dorsal del último segmento abdominal y la larva yace horizontalmente abajo de la superficie (Harwood y James, 1987). Las larvas se alimentan de microorganismos, algas, protozoos y otros invertebrados, pudiendo clasificarse en filtradores (por ejemplo larvas de *Culex* y *Aedes* spp), nadadores (la mayoría de las especies de *Anopheles* y *Aedes*) (Badii *et al.*, 2006).

Las larvas de mosquitos pasan por cuatro estadios, antes de alcanzar el estado de pupa. El primer estadio larval es la forma en que eclosiona el huevo. Puede identificarse principalmente por la presencia del “diente de eclosión” en la parte dorsal de la cabeza, que junto con el sifón, son característicamente blandos y transparentes (Figura 5). Durante el segundo estadio, inmediatamente después de la muda y al expandirse para permitir el subsecuente desarrollo, la cápsula cefálica y el sifón se endurecen y oscurecen, y la larva se desarrolla de uno a cinco milímetros en longitud. El tercero y cuarto estadio son muy parecidos. Sin embargo, una larva completamente desarrollada del tercer estadio puede distinguirse de un larva del cuarto estadio, ya que en esta última la cabeza nunca se oscurece por completo y presenta rudimentos de la trompetas ventiladoras (Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, 2017).

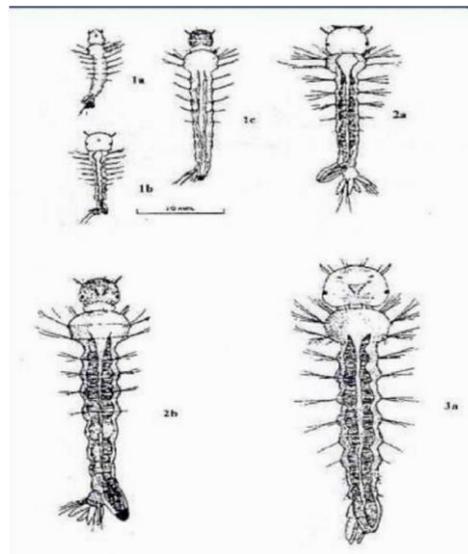


Figura 5. Características de los tres primeros estadios larvales de *Ae. aegypti*. 1a) larva recién eclosionada; 1b) larva I en condición normal; 1c) larva a punto de mudar. 2a) larva del segundo estadio inmediata; 2b) larva II a punto de mudar al siguiente estadio. 3a) larva inmediata del tercer estadio (Christophers, 1960).

La duración de cada estadio larval depende de la disponibilidad de nutrientes, la densidad larval, aunque la mayoría de las especies son dependientes de la temperatura del agua; temperaturas elevadas acortarán el ciclo larval (Reyes *et al.*, 2016).

2.3.3 Pupa o Crisálida

El estadio pupal aparece con la cuarta muda larval. El abdomen se compone de nueve segmentos (figura 6), que cuando la pupa está en reposo, se encuentran recogidos bajo el cefalotórax, lo que le confiere a esta fase el aspecto de coma que la caracteriza. El movimiento enérgico del abdomen permite el desplazamiento de la pupa en el agua, aunque normalmente permanece cerca de la superficie, respirando el aire atmosférico a través de un par de trompetas respiratorias localizadas sobre el cefalotórax. En estas trompetas se distinguen dos partes, una basal, de aspecto tubular que recibe el nombre de meatus y otra distal que comunica con el exterior y se denomina pinna. El aspecto de las trompetas es diferente en las dos subfamilias de culícidos. En los Anophelinos la pinna es ancha y el meatus corto, mientras que en los Culicinae la pinna es estrecha y el meatus alargado (Romero, 2018).

Este estadio dura de dos a cuatro días, pero puede durar dos semanas en algunos mosquitos; el estado pupal sirve como metamorfosis entre larva y adulto y no requiere alimentación (Carpenter y LaCasse, 1955).

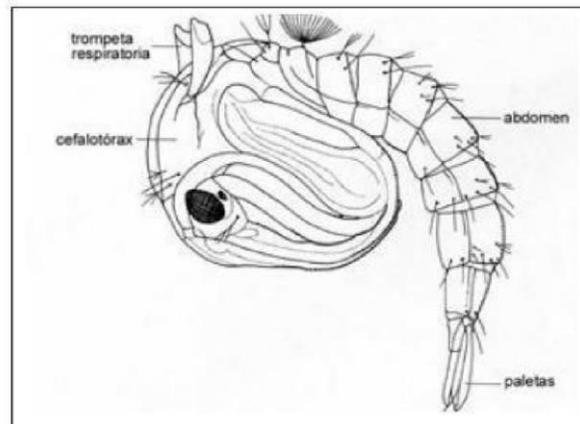


Figura 6. Pupa vista lateral (Becker et al., 2010).

2.3.4 Adulto

En la fase adulta, se produce primeramente la emergencia de los machos, 1 a 2 días antes que las hembras, los cuales deben experimentar la rotación de su genital antes

de estar sexualmente activos, lo cual puede tardar un día. Una vez que emergen las hembras y endurecen su exoesqueleto, vuelan hasta los enjambres de machos para copular con varios de ellos y guardar los espermatozoides en estructuras especializadas denominadas espermatecas. La atracción de los machos a las hembras es por el sonido producido por la fricción de las alas al volar (Reyes *et al.*, 2016).

La cabeza es globosa, presenta grandes ojos compuestos y no presentan ocelos. Las antenas largas y finas, nacen de los lados de enfrente, constituidas por 15 segmentos. En la base de cada segmento, nacen pelos que en caso de los machos son largos y densamente dispuestos, dando la apariencia de una pluma; en la hembra por el contrario, los pelos son cortos y escasos. Las piezas bucales, que presentan de tipo estiletiforme son incluidas en un estuche, la cual forma una probóscide. A cada lado de la probóscide se encuentran los palpos, los cuales sirven para distinguir sexos y para separar la subfamilia Anophelinae de la subfamilia Culicinae. En los culicinos los palpos de las hembras miden menos de la mitad de la longitud de la probóscide, mientras que en los anofelinos, los palpos de ambos sexos son casi tan largos como la probóscide (Vargas, 1976).

2. 4 CLASIFICACIÓN

Clasificación de mosquitos culícidos en México (WRBU, 2010)

Orden: Diptera

Familia: Culicidae

Subfamilia: Culicinae

Tribu: Aedeomyiini: *Aedomyia*

Tribu: Aedini: *Aedes*, *Haemagogus*, *Psorophora*.

Tribu: Culicine: *Culex*, *Deinocerites*, *Lutzia*.

Tribu: Culisetini: *Culiseta*

Tribu: Mansoniini: *Mansonia*, *Coquillettidia*

Tribu: Ortopodomyiini: *Orthopodomyia*

Tribu: Sabethini: *Sabethes*, *Limatus*, *Wyeomyia*,
Trichoprosopon, *Johnbelkinia*, *Onirion*, *Shannoniana*.

Tribu: Toxorhynchitini: *Toxorhynchites*.

Tribu: Uranotaeniini: *Uranotaenia*.

Subfamilia: Anophelinae

Anopheles

Chagasia

2. 5 IMPORTANCIA MÉDICA DE LOS MOSQUITOS CULÍCIDOS

La Familia Culicidae merece particular atención en todo el mundo, dada la importancia médica y veterinaria de éstos como reservorio y vectores de enfermedades. Son potenciales vectores biológicos de distintos tipos de virus (arbovirus), protozoos y nematodos (cuadro 1), afectando tanto al hombre como a los animales (Reyes *et al.*, 2016).

2.5.1 Arbovirus

Los virus transportados por artrópodos (arbovirus) se transmiten de un huésped vertebrado infectado e infeccioso a un huésped susceptible a través de artrópodos hematófagos intermediarios (vectores), como mosquitos, moscas, garrapatas, entre otros (Barzon, 2018).

Las infecciones por arbovirosis, constituyen uno de los principales problemas de salud pública en el mundo (OMS, 2016). Actualmente hay cerca 537 virus registrados en Catálogo Internacional de Arbovirus (Center for Disease Control and Prevention, 2018), de los cuales el 25% son de interés humano por producir infecciones de diferente gravedad, agrupadas principalmente en cuatro familias de arbovirus: Togaviridae, Flaviviridae, Bunyaviridae y Reoviridae.

Entre las enfermedades que causan los virus de la familia Flaviviridae, está el dengue; el cual tiene cuatro serotipos distintos, pero estrechamente emparentados: DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4., zika, fiebre amarilla, y la encefalitis, por mencionar solo algunas, mientras que en la familia Togaviridae se encuentra la chikungunya y fiebre de Mayaro (WHO, 2018).

Los mosquitos *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* son los principales vectores de las arbovirosis circulantes en el país ya que se encuentran ampliamente distribuidos en todo el territorio (Adawi *et al.*, 2017). Sin embargo, mosquitos del género *Haemagogus spp.*, *Culex spp.*, y *Sabethes spp.* se han reportado como vectores de importancia médica al ser transmisores de arbovirus al humano (Chippaux *et al.*, 2018).

El género; *Sabethes*, transmite el virus de la fiebre amarilla en el cual hay tres tipos de ciclos de transmisión:

- Fiebre amarilla selvática: En las selvas tropicales lluviosas, los monos, que son el principal reservorio del virus, son picados por mosquitos salvajes que transmiten el virus a otros monos. Las personas que se encuentren en la selva pueden recibir picaduras de mosquitos infectados y contraer la enfermedad.

- Fiebre amarilla intermedia: En este tipo de transmisión, los mosquitos semidomésticos (que se crían en la selva y cerca de las casas) infectan tanto a monos como al hombre. El aumento de los contactos entre las personas y los mosquitos infectados aumenta la transmisión, y puede haber brotes simultáneamente en muchos pueblos distintos de una zona.
- Fiebre amarilla urbana: Las grandes epidemias se producen cuando las personas infectadas introducen el virus en zonas muy pobladas, con gran densidad de mosquitos y donde la mayoría de la población tiene escasa o nula inmunidad por falta de vacunación (OMS, 2016).

Un mosquito no infectado puede ingerir virus al alimentarse de la sangre de una persona virémica (es decir, una persona en cuya sangre circulan estos virus). A continuación, los virus se replican en el mosquito, pero este ya puede transmitir virus a un nuevo huésped no infectado al alimentarse de él. En la persona recién infectada, el virus comienza a replicarse nuevamente hasta alcanzar altas concentraciones. Si otro mosquito pica al nuevo huésped en el momento en que este tiene virus circulando en la sangre, puede ingerirlos, y así se reiniciaría el ciclo de transmisión (WHO, 2018).

2.5.2 Protozoos

La malaria, o paludismo como se le conoce en el nuevo mundo, es causada por protozoos del género *Plasmodium*, que se transmiten al ser humano por la picadura de mosquitos hembra infectados del género *Anopheles*, los llamados vectores de la malaria. Existen, al menos, cinco especies de parásitos causantes de la malaria en el ser humano, siendo dos de ellas –*P. falciparum* y *P. vivax*– las más peligrosas, de éstas la más diseminada en nuestro país es el *P. vivax*. En un individuo no inmune, los síntomas suelen aparecer entre 10 y 15 días tras la picadura del mosquito infectivo. Puede resultar difícil reconocer el origen palúdico de los primeros síntomas (fiebre, dolor de cabeza y escalofríos), que pueden ser leves (Betanzos-Reyes, 2011).

En el mundo hay más de 400 especies de *Anopheles*, pero solo 30 de ellas son vectores importantes del paludismo. En México se encuentran 26 de estas especies. Todas las especies que son vectores importantes pican entre el anochecer y el

amanecer. La intensidad de la transmisión depende de factores relacionados con el parásito, el vector, el huésped humano y el medio ambiente (WHO, 2018).

2.5.3 Nemátodos

La filariasis linfática es causada por la infección por nematodos de la familia Filarioidea. Hay tres tipos de estos gusanos filiformes, pero *Wuchereria bancrofti*, provoca el 90% de los casos. Es endémica en las regiones cálidas y húmedas del mundo. Se extiende por África subsahariana, el Sudeste asiático, India, Indonesia, varias islas del Pacífico y áreas focales de América Latina (son endémicos aún a día de hoy: Brasil, Guyana, Haití y R.Dominicana; WHO, 2018).

Los mosquitos se infectan con microfilarias al ingerir sangre cuando pican a un portador infectado. Las microfilarias maduran en el mosquito y se convierten en larvas infecciosas. Cuando los mosquitos infectados pican a las personas, las larvas maduras del parásito se depositan en la piel, desde donde pueden penetrar en el organismo. Las larvas se trasladan luego a los vasos linfáticos, donde se desarrollan y pasan a gusanos adultos, que continúan el ciclo de transmisión (WHO, 2018).

La filariasis linfática es transmitida por diferentes tipos de mosquitos, entre ellos: *Culex*, que está muy extendido en las zonas urbanas y semiurbanas; *Anopheles*, presente principalmente en las zonas rurales, y *Aedes*, que predomina en las islas endémicas del Pacífico (WHO, 2018).

La dirofilariasis es una enfermedad causada por el nematodo del género *Dirofilaria*, el cual es transmitido por mosquitos afecta a poblaciones caninas y felinas principalmente, siendo los humanos hospederos incidentales. Siendo transmitida por mosquitos culícidos (principalmente *Culex*, *Aedes* y *Anopheles*), en un estudio realizado en la región de Soconusco, Chiapas, se encontraron a cuatro especies infectadas siendo estas: *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus*, *Ae. angustivittatus*, *Ae. taeniorhynchus* (Viveros-Santos *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Vectores, huéspedes, sintomatología y números estimados de casos y muertes por patógenos transmitidos por mosquitos (WHO, 2018; Weger *et al.*, 2018).

Patógeno	Familia	Género	Vector principal	Huesped-Reservorio	Síntomas	Casos/año (estimado)	Sintomáticos casos severos/año	Muertes/Año
CHIKV Chikungunya	Togaviridae	<i>Alphavirus</i>	<i>Aedes</i> spp (en el ciclo urbano epidémico: <i>Ae. aegypti</i>)	Primates	Fiebre, artralgia y erupción	Solo estimaciones de brotes	Desconocido	Desconocido
DENV Dengue	Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	En el ciclo enzoótico <i>Aedes</i> spp. En el ciclo urbano epidémico: <i>Ae. aegypti</i> y <i>Ae. albopictus</i>	Primates	Fiebre, hemorragia	390 millones (95% CI 284–528 millones)	96 millones (95% CI 67–136 millones)	12,500 a 22,000
ZIKV Zika	Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	<i>Aedes</i> spp	Primates	Fiebre, erupción	Solo estimaciones de brotes	Desconocido	Desconocido
YFV Virus de la fiebre amarilla	Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	<i>Aedes</i> y <i>Haemagogus</i> spp. (ciclo urbano: <i>Ae. aegypti</i>)	Primates	Hemorragia, hepatitis	200,000	84,000 a 170,000 casos severos	29,000 a 60,000
JEV Encefalitis japonesa	Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	<i>Culex</i> spp (especialmente: <i>C. tritaeniorhynchus</i>)	Aves (Porcino como hospedador de amplificación secundaria en ciclo epizootico)	Fiebre, encefalitis	68,000	68,000 casos clínicos	13,600 a 20,400
WNV Virus del Nilo occidental	Flaviviridae	<i>Flavivirus</i>	<i>Culex</i> spp.	Aves	Fiebre, encefalitis	Solo estimaciones de brotes	30,000 a 50,000	10,000 a 15,000
<i>Plasmodium</i> Malaria	Plasmodiidae	<i>Plasmodium</i>	<i>Anopheles</i> spp.	Aves, reptiles, primates, roedores	Paroxismo febril	228 millones	Desconocido	405,000

2. 6 PARÁMETROS PARA MEDIR DIVERSIDAD

La diversidad es un término utilizado para expresar el grado en el cual el número total de organismos individuales en un ecosistema (o área, comunidad o nivel trófico) está repartido en diferentes especies. La diversidad es mínima cuando todos los organismos pertenecen a la misma especie, este atributo es la expresión de dos parámetros principales:

- Riqueza de especies: es el número de especies presentes en la comunidad
- Equitabilidad: describe cómo se distribuye la abundancia (e.g., el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) entre las especies que integran la comunidad.

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que nos permita conocer el número total de especies (S) obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

2.7 ÍNDICES PARA MEDIR LA DIVERSIDAD

2.7.1 Índice de Margalef

El índice de Margalef transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos.

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S= número de especies

N= número total de individuos

2.7.2 Índice de Shannon-Wiener

Este índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que

especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno, 2001).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra

III. ANTECEDENTES

A nivel mundial la diversidad de mosquitos es estudiada debido al impacto que estos causan en la salud, sin embargo aún son muchos los lugares en donde no se han realizado estos estudios o se están empezando a estudiar por primera vez, tal es el caso del estudio que realizó Tandina en el 2018 en África, donde analizaron la diversidad de mosquitos de importancia médica en Mali situado en el occidente de África, encontrando 106 especies de las cuáles 28 especies fueron anophelinos y 78 especies de culícidos, este estudio tuvo el propósito de ayudar a las instituciones encargadas de controlar estos vectores, ya que dentro de las 106 especies se encontraron una gran cantidad de vectores pertenecientes a la familia Culicidae incluyendo *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *An. coluzzii*, *An. gambiae* (s.s.), *An. arabiensis*, *An. funestus* (s.s.), *Cx. poicilipes*, *Cx. antennatus*, *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. neavei*, las cuales pueden llegar a transmitir enfermedades como virus Zika, Chikungunya, dengue y la de más importancia debido al alto número de casos y muertes en esta región que es la malaria (Tandina *et al.*, 2018).

También en México se han realizado diversos estudios de mosquitos, por ejemplo en el estado de Tlaxcala Muñoz-Cabrera *et al.*, (2006), obtuvieron un total de 10,853 ejemplares larvales, que correspondieron a 26 especies de los cuales solo 2

de ellas habían sido descritos para este estado, las 24 especies restantes fueron registros nuevos para el estado. Resalta que este tipo de estudios son importantes para tener estrategias en el control de vectores. Por otro lado, Casas-Martinez *et al.*, (2012), buscaron actualizar el conocimiento biogeográfico de los culícidos con importancia médica en la región centro-occidental de México; encontrando 28 especies de la familia Culicidae, generando los mapas de nicho ecológico para 12 especies de mosquitos con el fin de orientar las acciones antivectoriales de prevención y control de las enfermedades transmitidas por mosquitos en México.

Ortega-Morales *et al.*, (2019) determinaron la diversidad de culícidos presentes en el estado de Tabasco, en el cual colectaron y examinaron 4 913 especímenes, divididos en siete tribus, 18 géneros, 27 subgéneros y 104 especies. De los cuales, un género, dos subgéneros y 21 especies fueron nuevos registros para Tabasco, posicionando este estado como el segundo con más riqueza de mosquitos detrás de Veracruz. Del total de especies, 26 fueron relacionadas con alguna enfermedad, siendo el virus de Dengue y la malaria las enfermedades de más importancia.

Los estudios más recientes sobre mosquitos de importancia médica se han realizado en la península de Yucatán. Bond y colaboradores (2020) se enfocaron en las Reservas de la Biosfera Calakmul y Los Petenes pertenecientes a Campeche, Ría Celestún y Ría Lagartos en Yucatán así como Sian Ka'an en Quintana Roo. Obtuvieron un total de 10 669 individuos pertenecientes a 15 géneros y 52 especies de culícidos. Observaron que Campeche obtuvo los índices más alto, tanto para la riqueza de Margalef (4.43), como para la diversidad de Shannon ($H'=2.65$), teniendo la mayor equitatividad ($E=0.57$). De los mosquitos registrados, al menos 14 han sido reportados como vectores de enfermedades, entre las que destacan *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*; las cuales pueden llegar a transmitir Dengue, Zika, Chikungunya y hasta fiebre amarilla, pues son las especies que exhibieron más de un riesgo del 50% de contacto con poblaciones humanas que se encuentran en las cercanías de las reservas.

El otro estudio es el de Chan-Chable y colaboradores (2020) el cual se realizó en el estado de Quintana Roo, hicieron las recolecciones de mosquitos como parte de la vigilancia entomológica de vectores. Las especies recolectadas incluyeron *An.*

gabaldoni, *An. darlingi*, *Ps. columbiae*, *Cx. inflicus*, *Cx. trificus*, *Cx. lactator* y *Wy. guatemala*. Esta es la primera vez que se reportan estas especies en el estado mexicano de Quintana Roo. Esta investigación actualiza y aumenta la lista de especies de mosquitos en Quintana Roo de 79 a 86.

Bond y colaboradores (2014) abarcaron 8 estados de la costa del pacifico de México, entre ellos Chiapas. Midieron la diversidad y abundancia de mosquitos e insectos acuáticos. En total identificaron 15 géneros y 74 especies de mosquitos: *Anopheles pseudopunctipennis* , *An. albimanus* y *Aedes aegypti* fueron las especies más abundantes y ampliamente distribuidas. Chiapas fue el estado más diverso ($H'=1.61$), mientras que el estado menos diverso fue Michoacán ($H'=1.93$).

En Chiapas son pocos los estudios que se han realizado, uno de ellos es el de Hernández-Triana *et al* (2021) en el cual trabajaron en siete comunidades selváticas, en estas incluidas un Parque Nacional (Lagos de Montebello) y dos Reservas de la Biosfera (El Triunfo y Montes Azules). Encontraron 1634 especímenes representados en 14 géneros, 25 subgéneros y 61 especies, de las cuales cuatro fueron nuevos registros para México y nueve para Chiapas, con eso el número de especies conocidas en el estado subió a 138.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar la diversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.

Objetivos particulares

1. Conocer la diversidad de mosquitos asociados a la temporada de seca y lluvia.
2. Comparar la diversidad de especies entre las diferentes áreas de colecta.
3. Asociar a los mosquitos de importancia medica encontrados con las enfermedades endémicas y no endémicas transmitidas por vector en México.

V. ZONA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Cañón del Sumidero tiene una superficie total de 217, 894,190 m²; se ubica en la Depresión Central (formación geológica producida por erosión) del estado de Chiapas, y colinda al norte con el municipio Osumacinta, al Noreste con el municipio de Soyaló, al Oeste con el municipio de San Fernando, al Sur y Suroeste con la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, y al Sureste y este con el municipio de Chiapa de Corzo. El área del Parque está formada por los siguientes municipios: 20%, Chiapa de Corzo; 35%, Osumacinta; 20%, San Fernando; 5%, Soyaló, y 20%, Tuxtla Gutiérrez. Algunas zonas dentro del parque están pobladas y desarrolladas y se conocen como invasiones (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2012).

El Cañón del Sumidero es el conducto por el cual el río Grijalva sale de la provincia fisiográfica Depresión Central y entra al Antiplano Central del estado. Presenta topografía accidentada que lo ha protegido de deterioros causados por la actividad humana. Su altitud varía entre los 600 y 1 300 metros sobre el nivel del mar (msnm).

En el Parque se presentan tres tipos de clima: cálido seco, semicálido y cálido húmedo. La precipitación promedio es de 1 000 mm en la época de lluvias (mayo a octubre) y de 200 mm en periodo de estiaje (noviembre a abril). Los vientos dominantes proceden de noroeste. La vegetación predominante es la selva mediana sudcaducifolia, aunque también hay presencia de selva baja caducifolia, bosque de encino, bosque de pino, pastizal inducido y vegetación secundaria (Comisión para la cooperación Ambiental, 2015).

En este estudio se tomaron como puntos de muestreos los cinco miradores turísticos los cuales son: La Ceiba (16°47'52.696"N 93°4'40.695"O), con una altitud de 882 msnm, La Coyota (16°49'6.37 N 93°4'9.202" O) con una altitud de 1291 msnm, El Roblar (16°50'2.328"N 93°4'29.575"O) con una altitud de 1337 msnm, El Tepehuaje (16°49'57.4"N 93°09'4'37.92"O) con una altitud de 1286 msnm y por último los Chiapa (16°49'41.52"N 93°5'41.28"O) con una altitud de 1248 msnm. Además se incluyeron

tres pistas de ciclismo que son: Momotus ($16^{\circ}49'41.545''N$ $93^{\circ}5'41.283''O$) con una altitud de 1137 msnm, Venado ($16^{\circ}47'34.55''N$ $93^{\circ}04'39.57''O$) con un altitud de 1125 msnm y Camino viejo ($16^{\circ}47'59.327''N$ $93^{\circ}5'28.773''W$) con una altitud de 1141 msnm (Figura 7) (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2012). Estos fueron los puntos de muestreos elegidos debido a la movilidad humana a lo largo del año lo que permite un mayor riesgos de contacto entre hombre-vector.

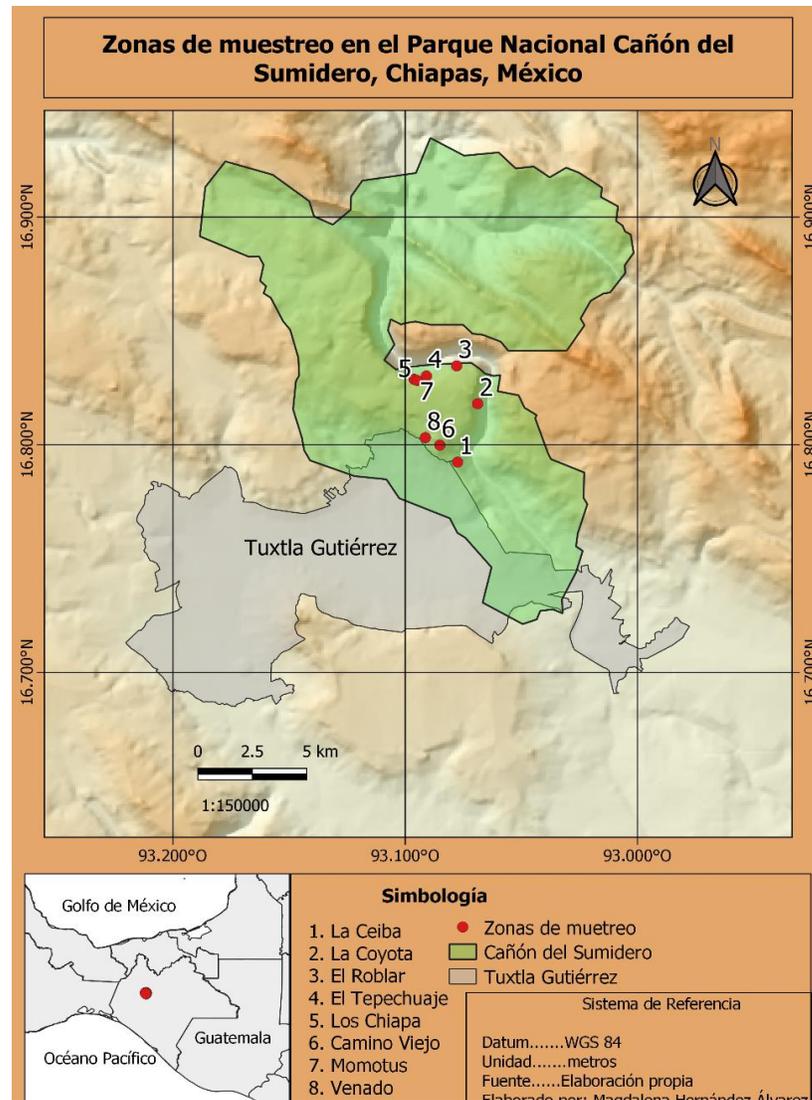


Figura 7. Zonas de muestreo en el Parque Nacional Cañón del Sumidero.

VI. MATERIALES Y MÉTODO

6.1 COLECTA ENTOMOLÓGICA DE MOSQUITOS

Las colectas se realizaron durante una semana en dos periodos en el año, Septiembre 2019 (periodo de lluvia) y Marzo 2021 (periodo de seca).

6.1.2. Fase larvaria:

Se realizó búsqueda activa de larvas en criaderos naturales como: hueco de piedra, plantas fitotelmatas (plantas terrestres que poseen ciertas estructuras como hojas modificadas, axilas de hojas, flores, etc, capaces de almacenar agua), hueco de árbol, y criaderos artificiales como: piletas, botes, cubetas de plástico.

El horario de colecta fue durante la mañana de 8 am a 1 pm. Dicha colecta se realizó con ayuda de pipetas de transferencia de 3 mL y 75 mL. Todo el material colectado se colocó en botes de muestra de 75 mL, agrupados por el criadero de colecta y se llenó el formato de colecta (anexo 1). Cada bote de muestra llevó las siguientes características de etiquetado: folio, fecha, tipo de criadero, zona de colecta, temperatura del agua, pH del agua, presencia de sales y coordenadas del criadero. Posteriormente fue trasladado al Laboratorio de Taxonomía de la Unidad de Investigación Entomológica y Bioensayos de Chiapas (UIEBCH).

En el Laboratorio de Taxonomía cada larva fue pasada a tubos wheaton de 5 ml de manera individual y se mantuvo en cría (bajo condiciones controladas, $T= 25 \pm 2$ C°; $HR= 69 \pm 5\%$; $L:O= 12:12$) hasta su emergencia a la fase adulta. Se tuvo el cuidado de que cada tubo con larva utilice la misma agua del criadero del cual fue colectado. A todas las larvas se les administró, una vez al día, 5 mg de alimento (alimento para conejo triturado, pasado por tamiz de 30 mallas y esterilizado a 15 Lb de presión por 30 minutos). Los mosquitos emergidos fueron montados en alfileres entomológicos No.1 de la marca Austerlitz Insect Pins.

6.1.3. Fase adulta:

Las colectas de adultos se realizaron por la mañana, de 6:00 a.m. a 12:00 p.m. y por la noche de 6:00 p.m. a 12:00 a.m. Para la colecta durante la mañana se utilizaron trampas Shannon con cebo humano y búsqueda activa en sitios de reposo: hueco de árbol, vegetación y periferia de criaderos. Para la noche se utilizó trampas Shannon con cebo humano, trampas de pantalla y trampas de luz CDC (Anexo 2).

Los mosquitos colectados fueron introducidos a cámaras letales (tubo cónico con tapón de corcho y 100 µl de cloroformo) durante 10 minutos. Posteriormente fueron montados en alfileres entomológicos no.1, cada alfiler fue etiquetado con un folio que coincida con el folio del formato de colecta (Anexo 1), posteriormente se guardaron en cajas entomológicas de 40x40 cm para su traslado al laboratorio de Taxonomía de la UIEBCH.

6.2 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La identificación se realizó en el laboratorio de taxonomía de la UIEBCH con ayuda de un microscopio estereoscópico de la marca LAXCO T10-MZ22 modificado con oculares 20X y utilizando las siguientes claves taxonómicas:

- Claves fotográfica para hembras de zancudo (Diptera: Culicidae) presentes en Centroamérica y Panamá (Chaverri, 2003)
- Clave Ilustrada para Identificación de Hembras de Mosquitos Anophelinos de México y Centroamérica (Wilkerson *et al.*, 1990).
- Clave fotográfica para hembras de *Haemagogus* Williston 1896 (Diptera: Culicidae) de Venezuela (Liria y Navarro, 2009).
- The Terrens Group of *Aedes* (Finlaya) (Schick., 1970).
- Claves para indentificar especies mexicanas de *Mansonia* y *Psorophora* (Díaz-Nájera, 1965)
- The Mosquitoes of Guatemala Their Identification, Distribution and Bionomics Whit Keys to Adult Female Larvae (Clark-Gill y Darsie., 1983).
- Identificación and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America and México (Darsie y Ward, 2005).

6.3 DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE DIVERSIDAD

Para todos los especímenes colectados en fase larval y adulta, se realizó una base de datos en Excel 2013, con base a los indicadores marcados en el formato de colecta.

Los índices de diversidad que se utilizaron fueron los siguientes: Índice de diversidad de Shannon (H'), Índice de riqueza de Margalef (D_{MG}), Índice de equitatividad (E). El análisis se realizó por medio del programa PAST 4.02 y se corrobora con el programa Rstudio 4.0.2.

VII. RESULTADOS

Se obtuvo un total de 400 culícidos, de los cuales 117 fueron colectados en estado larval y 283 en estado adulto. Los mosquitos encontrados se agruparon en 10 géneros, 12 sub géneros y 23 especies. El género más abundante fue *Aedes*, del cual se determinaron 267 especímenes lo que corresponde al 66.7% del total de individuos colectados, seguido de *Haemagogus* con el 10%, y el de menor presencia fue *Lutzia* con solo dos individuos (Figura 8). La especie con mayor abundancia fue *Aedes sumidero* con 172.

El mirador “El Roblar” presentó los 10 géneros encontrados, de estos, *Lutzia* y *Anopheles* fueron exclusivos de este mirador. En contraste con el mirador “La Coyota” únicamente se encontraron dos géneros, *Aedes* y *Haemagogus*, los cuales se encontraron en todas las áreas de muestreo (Cuadro 2).

Los miradores “El Roblar” y “El Tepehuaje” fueron los sitios de muestro con mayor abundancia, con 98 y 87 especímenes respectivamente. Mientras que “Camino Viejo” con 8, resultó ser el área con el menor número de mosquitos.

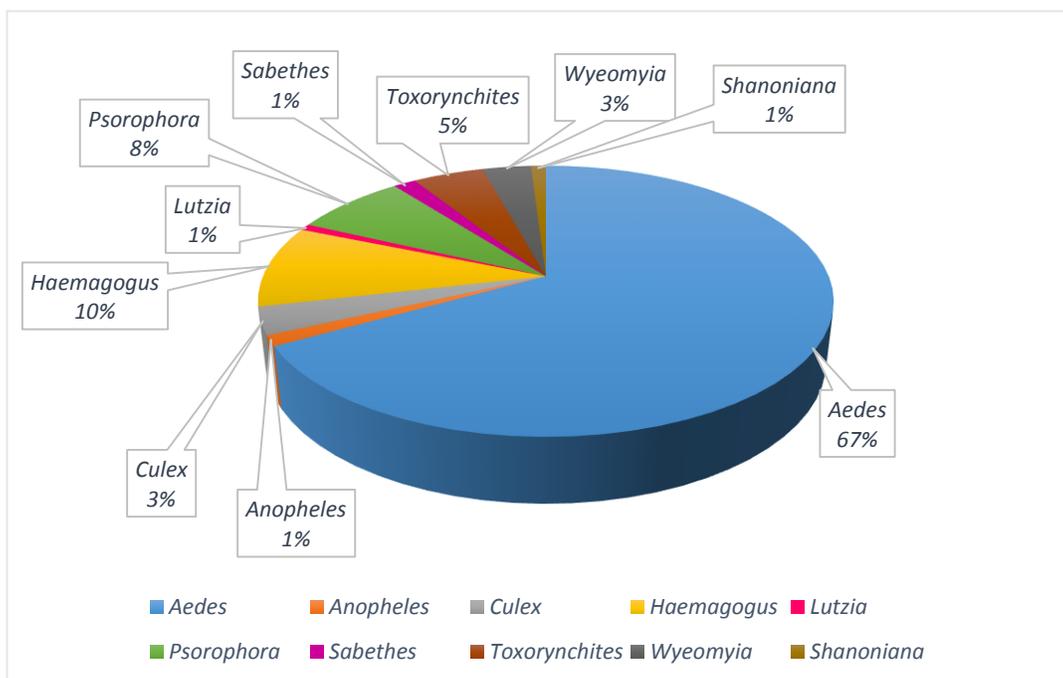


Figura 8. Porcentaje de individuos por género en el Parque Nacional Cañón del Sumidero

Cuadro 2. Frecuencia de especies de Culícidos encontrados en los sitios de muestreo en las dos épocas de muestro.

Especies	La Ceiba	La Coyota	Pista Momotus	El Roblar	El Tepehuaje	Los Chiapas	Pista de Venado	Camino Viejo
<i>Aedes allotecnon</i>	0	7	0	18	5	10	1	0
<i>Aedes guerrero</i>	0	0	0	0	2	11	0	0
<i>Aedes albopictus</i>	5	2	3	0	0	0	5	1
<i>Aedes angustivittatus</i>	0	0	0	8	3	0	1	0
<i>Aedes epactius</i>	0	0	8	0	0	0	0	0
<i>Aedes amabilis</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Aedes sumidero</i>	19	4	13	14	68	37	16	1
<i>Aedes taeniorynchus</i>	7	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anopheles eiseni</i>	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Culex restrictor</i>	0	0	2	1	0	0	0	0
<i>Culex derivador</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Culex spp</i>	0	0	5	4	2	0	0	0
<i>Haemagogus equinus</i>	2	2	2	1	1	0	4	0
<i>Haemagogus mesodentatus</i>	2	2	0	6	3	2	8	2
<i>Haemagogus nebulosus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Lutizia bigoti</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Psorophora ferox</i>	1	0	0	28	0	1	0	1
<i>Sabethes chloropterus</i>	0	0	1	1	1	1	1	0
<i>Shannoniana fluviatilis</i>	0	0	0	2	0	1	0	1
<i>Toxorynchites moctezuma</i>	17	0	0	1	0	0	0	0
<i>Wyeomyia abebela melanopus</i>	0	0	0	5	1	2	0	1
<i>Wyeomyia celaenocephala</i>	0	0	0	0	0	2	0	1
<i>Wyeomyia guatemala</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
Total de especímenes	53	17	34	98	87	67	36	8

En la temporada de seca todos los mosquitos colectados fueron en fase adulta, y se encontraron solamente dos especies; *Aedes angustivittatus* y *Aedes taeniorynchus*, esta última no se reportó en la temporada de lluvia (Cuadro 3). Mientras que en la temporada de lluvia se encontraron 22 especies de mosquitos, los cuales 117 fueron colectados en fase larvaria y 275 en fase adulta.

Cuadro 3. Frecuencia de Culícidos encontrados en las épocas de muestro.

Especies	Lluvia	Seca
<i>Aedes allotecnon</i>	41	0
<i>Aedes guerrero</i>	13	0
<i>Aedes albopictus</i>	16	0
<i>Aedes angustivittatus</i>	11	1
<i>Aedes epactius</i>	8	0
<i>Aedes amabilis</i>	2	0
<i>Aedes sumidero</i>	172	0
<i>Aedes taeniorynchus</i>	0	7
<i>Anopheles eiseni</i>	3	0
<i>Culex restrictor</i>	3	0
<i>Culex derivador</i>	1	0
<i>Culex spp</i>	11	0
<i>Haemagogus equinus</i>	12	0
<i>Haemagogus mesodentatus</i>	25	0
<i>Haemagogus nebulosus</i>	1	0
<i>Lutizia bigoti</i>	2	0
<i>Psorophora ferox</i>	31	0
<i>Sabethes chloropterus</i>	5	0
<i>Shannoniana fluviatilis</i>	4	0
<i>Toxorynchites moctezuma</i>	18	0
<i>Wyeomyia abebela melanopus</i>	9	0
<i>Wyeomyia celaenocephala</i>	3	0
<i>Wyeomyia guatemala</i>	1	0
	392	8

7.1 ÍNDICES DE DIVERSIDAD

La diversidad entre la temporada de lluvia y seca fue muy contrastante, siendo más diverso la temporada de lluvia de acuerdo con el índice de Shannon y Margalef ($H' = 2.043$, $D_{mg} = 3.729$), ya que la temporada de seca exhibe muy poca diversidad de acuerdo a los índices ($H' = 0.376$, $D_{mg} = 0.4809$; Cuadro 4)

Cuadro 4. Índices de diversidad de la temporada de lluvia y seca.

	No, de individuos	Riqueza	Índice Margalef D_{mg}	Índice de Shannon H'
Lluvia	392	22	3.729	2.043
Seca	8	2	0.4809	0.3768

El mirador “El Roblar” fue el área de muestro que obtuvo los índices de diversidad más altos ($H' = 2.235$; $D_{mg} = 3.505$), seguido del “Camino viejo” ($H' = 1.906$; $D_{mg} = 2.885$; Cuadro 5).

Cuadro 5. Índices de diversidad de los diferentes sitios de muestreo

	No. de individuos	Riqueza	Índice margalef D_{mg}	Índice de shannon H'
La Ceiba	53	7	1.511	1.545
La Coyota	17	5	1.412	1.461
Pista Momotus	34	7	1.701	1.641
El Roblar	98	17	3.505	2.235
El Tepehuaje	87	10	2.015	0.9678
Los Chiapa	67	9	1.903	1.411
Pista de venado	36	7	1.674	1.512
Pista Camino viejo	8	7	2.885	1.906

7.2 MOSQUITOS DE IMPORTANCIA MÉDICA

De las 23 especies de mosquitos encontradas en el PNCS, se hallaron 6 de importancia médica, ya que transmiten enfermedades a los humanos: *Aedes albopictus*, *Aedes angustivittatus*, *Aedes taeniorhynchus*, *Haemagogus equinus*, *Psorophora ferox*, *Sabethes chloropterus*. Entre ellas destaca *Aedes albopictus* pues es la especie con más potencial vectorial, porque puede llegar a transmitir varias enfermedades. Las enfermedades que se encuentran presentes en México son: Zika, Dengue, Chikungunya, Encefalitis equina del este y dirofilariosis (Cuadro 6).

Cuadro 6. Especies vectores que transmiten alguna enfermedad encontradas en el Parque Nacional Cañón del Sumidero

Especie	Enfermedad asociada	Presencia en México
<i>Aedes albopictus</i>	Chikungunya	X
	Dengue	X
	Encefalitis equina del este	X
	Virus del Nilo Occidental	
	Fiebre amarilla	X*
	Zika	X
	Dirofilariosis	X
	Fiebre de Mayaro	
<i>Aedes angustivittatus</i>	Dirofilariosis	X
<i>Aedes taeniorhynchus</i>	Encefalitis equina venezolana	X*
<i>Haemagogus equinus</i>	Fiebre amarilla	X*
	Fiebre de Mayaro	
<i>Psorophora ferox</i>	Encefalitis equina venezolana	X*
<i>Sabethes chloropterus</i>	Encefalitis de San Luis	
	Fiebre amarilla	X*

*Fiebre amarilla reportado por última vez en México en 1959. Encefalitis equina venezolana reportada por última vez en México en 1972.

7.3 ESPECIES NATIVAS DE LA REGIÓN.

7.3.1 *Aedes (Protomacleaya) sumidero* Schick, 1970

La hembra de *Aedes sumidero* (figura 9) se distingue del resto de miembros del subgrupo por una combinación de la probóscide corta o del mismo tamaño que el fémur próximo a la cabeza y la ausencia de una línea mesonotal completa.



Figura 9. Hembra de *Aedes sumidero*

7.3.1.1 Características de *Aedes sumidero*

- Escuto sin línea transversal plateada, espacio prescutelar y lóbulo medio del escutelo con escamas plateadas (figura 10).

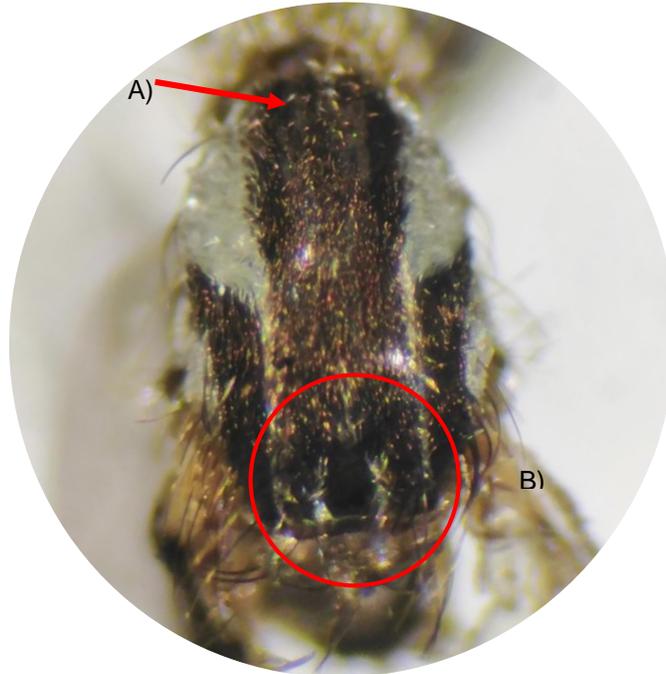


Figura 10. Escuto de *Ae. sumidero*. A) Escuto sin línea acrostical de escamas plateada. B) lóbulo medio del escutelo con escamas plateadas.

- Fémur próximo al abdomen con una banda oscura generalmente incompleta (figura 11).



Figura 11. Fémur próximo al abdomen de *Ae. sumidero* con una banda oscura.

- Vena C del ala con escamas oscuras, sin línea basal con escamas plateadas (figura 12).

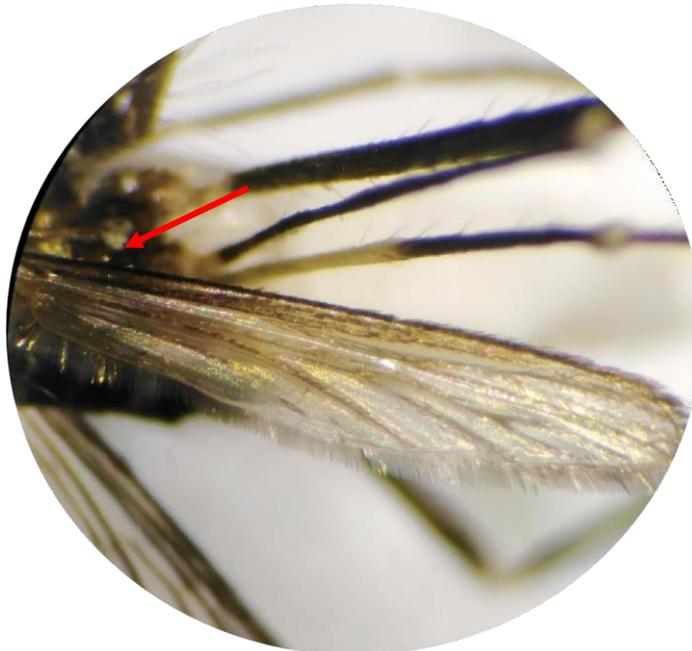


Figura 12. Vena C completamente con escamas oscuras.

- Femur próximo al torax con amplia mancha en la parte apical (figura 13).

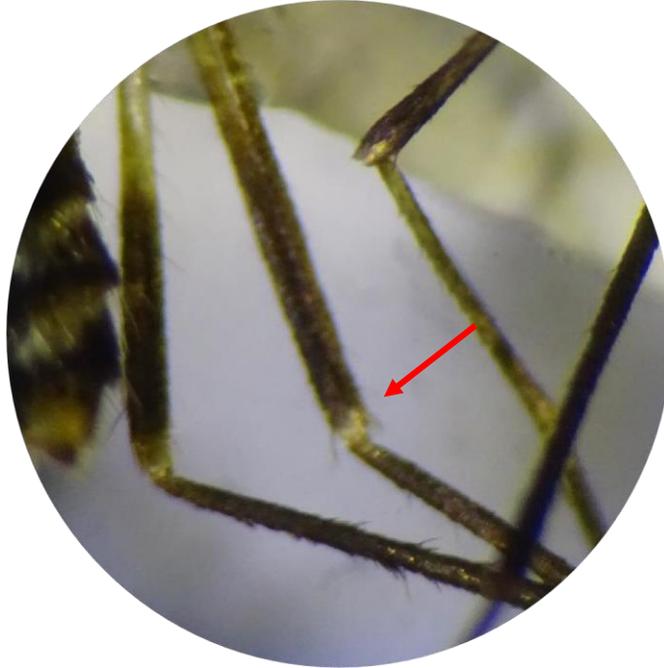


Figura 13. Mancha pálida en la parte apical del fémur próximo al tórax

- Probóscide más corta o igual que la longitud del fémur próximo a la cabeza (figura 14)

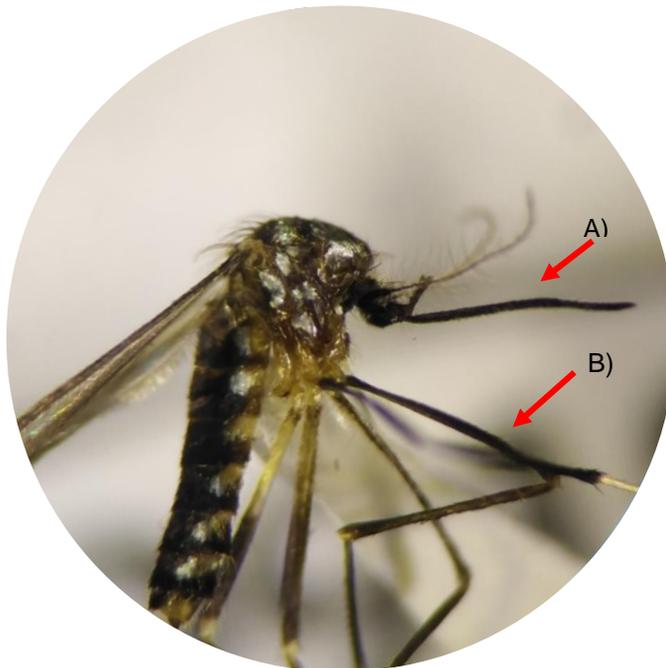


Figura 14. A) Probóscide. B) Fémur próximo a la cabeza

- Occipucio con escamas erectas todas p alidas o con algunas escamas oscuras (figura 15).



Figura 15. Occipucio mayormente con escamas p alidas.

7.4 NUEVO REGISTRO PARA CHIAPAS

En el Mirador “El Roblar” del PNCS se encontró 2 individuos de *Aedes amabilis*, siendo el primer reporte de esta especie en Chiapas.

7.4.1 Características de *Aedes (Protomacleaya) amabilis* Schick, 1970

El adulto hembra de *Aedes amabilis* (Figura 16) se distingue de los otros miembros del subgrupo por la presencia de líneas dorsocentrales posteriores y acrósticas completas



Figura 16. Vista lateral de hembra adulta de *Aedes amabilis*

- Líneas dorsocentrales posteriores y acrósticas completas presentes (Figura 17).

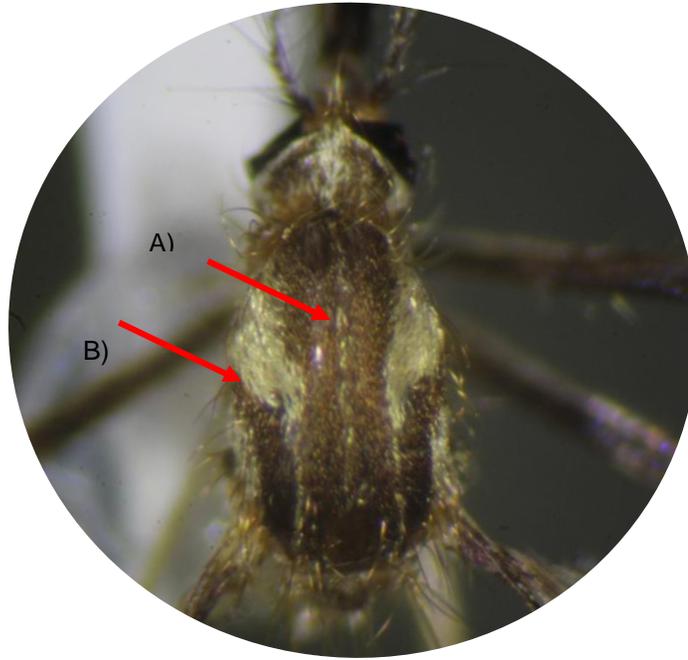


Figura 17. A) Línea acróstica completa. B) Línea dorsocentral completa

VIII. DISCUSIÓN

En México, se han descrito entre 225 y 247 especies de mosquitos divididos en 20 géneros (Dávalos-Becerril *et al.*, 2019). El PNCS alberga la mitad de los géneros que se encuentran en el país y el 10% de la especies. Sin embargo, se espera encontrar a más especies en el PNCS, pues este trabajo se enfocó en las especies antropofílicas de los sitios en donde la presencia del humano es mayor, como son los miradores y las pistas de ciclismo, abarcando 800 hectáreas. El Parque tiene una extensión de 21 789.41 hectáreas, en su mayoría de selva mediana subcaducifolia lo que podría ser un sitio ideal para más especies de mosquitos, ya que los Culicidae se presentan preferentemente en climas cálidos, húmedos y de baja altitud (Weaver y Reisen, 2010; Comisión para la Cooperación Ambiental, 2015; Dávalos-Becerril *et al.*, 2019).

El mosquito más abundante en el parque fue *Aedes sumidero*, nombrado así por la distribución tan restringida que tiene; pues desde que se describió en 1970 por Schick, solo se tiene información que se encuentra en el Parque Nacional Cañón del Sumidero (Schick, 1970). Carpio y colaboradores (2018) mencionan en su trabajo que *Aedes sumidero* y *Aedes guerrero* son exclusivas de México pero no mencionan su distribución dentro del país. Por lo que no se podría decir que es endémica de Chiapas; inclusive del PNCS, pues no se ha encontrado en otros lugares dentro del estado, ni en otros estados de la república. *Aedes sumidero* se encontró en todas las zonas de muestreo, por lo que de altitud no es tan específica en esta especie, porque estas se encuentran entre los 800 y 1300 msnm, sin embargo los dos sitios en donde se encontraron más individuos (Mirador “El Tepehuaje” y “Los Chiapas”) se encuentra con una altitud de 1286 y 1248 msnm respectivamente, y con una vegetación abundante.

El mirador “El Roblar” fue el sitio que tuvo la mayor riqueza con 10 géneros y 17 especies, además de ser el sitio de muestreo con mayor diversidad de acuerdo al índice de Shannon ($H' = 2.235$), este mirador tiene una altitud de 1337 msnm y una vegetación de selva mediana en su mayoría conservada. La gran riqueza y diversidad podría deberse a que es una zona un poco más conservada a comparación de las otras áreas, por consiguiente alberga a más animales, como pequeño mamíferos,

anfibios y aves, los cuales funcionan como hospederos de los cuales las hembras mosquitos se pueden alimentar. Puesto que la preferencia de alimentación de los mosquitos es el resultado de las interacciones entre la preferencia por determinados huéspedes y los factores extrínsecos, incluido el atractivo y la disponibilidad de los mismos (Yan, 2018).

La época de lluvia fue sin duda la temporada con mayor diversidad ($H' = 2.043$, $D_{mg} = 3.729$), porque en esta se presenta todas las condiciones para que los mosquitos proliferen, en especial porque se forman cuerpos de agua en donde los mosquitos pueden depositar su huevos, y pasar por la fase acuática. Pues los estados inmaduros se encuentran principalmente en cuerpos de agua permanente y semipermanente, pero algunas especies crían exclusivamente en fitotelmata (bromelias), huecos en las piedras o en los árboles. Otras especies son generalistas en sus requerimientos de hábitat y utilizan distintos tipos de criadero, tanto naturales como artificiales (Bentley y Day, 1989). Y comparando estos índices con el trabajo de Bond *et al.*, (2020) en donde evaluaron la diversidad de culícidos en varias reservas de la Biosfera de la península de Yucatán, encontrando más diverso la reserva de Calakmul ($H' = 2.65$, $D_{mg} = 4.48$); la diferencia en los índices puede deberse a que la Reserva de Calakmul es mucho más grande que el PNCS, además de que presenta una vegetación muy bien conservada que en su mayoría es Selva subcaducifolia. Otro trabajo es el de Casas-Martínez (2012) que dentro de sus índices de diversidad de Shannon el más alto fue el estado de Nayarit ($H' = 2.15$), un estado que se encuentra en el noroeste del País y que conecta con el océano pacífico. Pudiendo observar que la diferencia entre los valores de los índices del Parque con los de Nayarit no es mucha, por lo que el Parque presenta una diversidad de mosquitos alta.

De las especies que se asocian a enfermedades destaca *Aedes albopictus*, una especie exótica e invasora, pues desde que se registró por primera vez en México en 1988 en el estado de Tamaulipas, ha ido aumentando su distribución dentro del país hasta llegar a Chiapas, ya que presenta una gran capacidad de adaptarse a diversos ambientes. Además este mosquito puede desplazar a las especies que naturalmente se encuentren en el PNCS. Esto se debe a la plasticidad biológica que exhibe esta especie de mosquito invasivo conferida por su rango de hospederos, la alta

competitividad diurna de ovoposición en variados tipos de contenedores de agua peri y extradomiciliarios (Casas-Martínez, 2013; Taber et al., 2016).

Ae. albopictus puede transmitir varias enfermedades, entre los que destacan: el Virus de Dengue; donde se ha demostrado que es capaz de transmitir transováricamente, es decir que si la hembra de mosquito es portadora del agente su descendencia también lo poseerá (Ponce, 2016), como también el virus de Zika, chikungunya y Dirofilariosis las cuales se encuentran en México y en Chiapas.

En el 2021 solo en Chiapas se confirmaron 263 casos de Dengue, lo cuales 94 fueron con signos de alarma (Secretaría de Salud, 2021), dentro de los municipios con más casos se encuentran Berriozábal y Pichucalco. Otra enfermedad reportada en Chiapas es el virus de Zika, que si bien ha ido en descenso ya que en el 2021 no se registraron casos, pero dentro del periodo 2015-2020 se reportaron 821, es por ello que aún se mantiene en vigilancia (Dirección de Vigilancia Epidemiológica de enfermedades Transmisibles, 2022). En caso del virus de Chikungunya en Chiapas la incidencia fue mayor entre los años 2014 y 2015 con 186, mientras que en el 2021 no se reportó ni un caso (Dirección de Vigilancia Epidemiológica de enfermedades Transmisibles, 2022).

En el 2019 el Servicio de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria de México reportó la detección de 35 equinos positivos al virus de la encefalitis equina de oeste, la cual también es transmitida por *Aedes albopictus*. Aun así en México, el virus que la causa no se encuentra desde hace más de 60 años en humanos (Productora Nacional de Biológicos Veterinarios, 2019).

Otra enfermedad reportada en México es la Fiebre amarilla, que si bien su último reporte data de 1959, es importante mantenerla en cuenta ya que en el PNCS se encontraron tres especies vectores de este virus: *Aedes albopictus*, *Haemagogus equinus* y *Sabethes cloroptherus* (Valente-Acosta y García-Acosta, 2017; Secretaría de Salud, 2021; Orta-Persina et al., 2005). También es muy importante mencionar que aun se siguen realizando estudios para conocer a los mosquitos vectores, por lo que

no se debe descartar la posibilidad de que los demás mosquitos transmitan alguna enfermedad.

Otra de las especies encontradas en el PNCS que se asocian a enfermedades es *Aedes taeniorynchus*, esta se relaciona con el virus de la Encefalitis equina venezolana, otra enfermedad que no se ha reportado en México en años. Los últimos reportes para Chiapas fueron en 1970 en los municipios de Chicomuselo, La Concordia, Frontera Comalapa, Trinitaria, Tuxtla Gutiérrez y en los márgenes del Río Grijalva. Así pues para prevenir esta enfermedad en el país se ha realizado una campaña anual de vacunación de los equinos. Además, esta especie de mosquito es conocida por su picadura agresiva y su amplio rango de vuelo pudiéndose encontrar en zonas de tierra dentro, como este fue el caso (Ulloa-García, 2019; Morilla-González, 2007; Day *et al.*, 2004).

En estudios como el de Bond (2020) también reportó estas especies de vectores en la península de Yucatán. Con esto se puede decir que las especies de vectores encontradas en el Parque Nacional Cañón del Sumidero tienen una distribución amplia en el sur del país, pues también han sido reportados en Tabasco (Ortega-Morales, 2019). La presencia de estos vectores en el PNCS pone en riesgo tanto a los visitantes como a la población que se encuentra cercana al parque.

También una especie importante de mencionar es *Toxorhynchites moctezuma*, que si bien esta no es de importancia médica; ya que no transmite alguna enfermedad pues las hembras no se alimentan de sangre, tienen una función como control biológico ya que sus larvas al ser de gran tamaño y con comportamiento depredador, tienden a consumir principalmente a otras especies de Culícidos, especies que pueden llegar a ser vectores de enfermedades (Lounibos y Campos, 2002).

Si bien existen especies de mosquitos que funcionan como control biológico, también nosotros podemos tomar acciones para controlar y disminuir las poblaciones de los mosquitos de importancia médica encontrados en el PNCS, como: deshacerse de contenedores artificiales que no sean utilizados con regularidad, o bien realizar

acciones de control físicos en estos depósitos como taparlos y lavarlos en un lapso no mayor de 10 días. En cuanto a los visitantes y personal del Parque, se sugiere la implementación de barreras físicas, ya sea con el uso de repelentes químicos o naturales y el uso de ropa que cubra principalmente piernas y brazos.

Un aporte muy importante de este trabajo es el primer registro de *Aedes amabilis* en Chiapas, con este se suma a 4 especies del grupo Terrens y del subgénero *Protomacleaya*, donde se incluye: *Ae. sumidero*, *Ae. podographicus* y *Ae. insolitus*. Además las dos especies encontradas en el Parque pertenecen al sub grupo Heteropus. Los adultos de varias de estas especies son tan similares morfológicamente que su discriminación puede llegar a ser difícil. Existe evidencia morfológica y zoogeográfica adicional discutida por Schick (1970) que apoya la hipótesis de que *Ae. podographicus* es un complejo de especies (Hernández-Triana *et al.*, 2021). Con esto Chiapas presenta 139 especies de Culicidos.

IX. CONCLUSIÓN

- En el Parque Nacional Cañón del Sumidero se encontraron 10 géneros, 12 subgéneros y 23 especies de culícidos.
- La temporada de lluvia fue la temporada más abundante y diversa de acuerdo a los índices de Shannon y Margalef ($H' = 2.043$, $D_{mg} = 3.729$).
- El mirador El Roblar obtuvo los índices de Shannon y Margalef más altos ($H' = 2.235$; $D_{mg} = 3.505$).
- Se encontraron 6 especies de mosquitos que están asociadas a la transmisión de alguna enfermedad: *Aedes albopictus*, *Aedes angustivittatus*, *Aedes taeniorhynchus*, *Haemagogus equinus*, *Psorophora ferox*, *Sabethes chloropterus*. *Aedes albopictus* es la especie de mayor importancia médica por todas las enfermedades que transmite; entre ellas se encuentra el virus de Dengue, la cual presenta mayor incidencia de casos en Chiapas.
- Se documentó por primera vez imágenes fotográficas de *Aedes sumidero*, especie que, desde su descripción en 1970 por Schick, no existe más información en cuanto a sus características taxonómicas. Además, se colectó *Aedes amabilis* siendo el primer registro de esta especie en Chiapas.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Arredondo-García, J-L., Aguilar-López, C., Aguilar-Lugo, J., Osnaya-Romero, N., Pérez-Guillé, G., y Medina-Cortina., H. 2020. Panorama epidemiológico de dengue en México 2000-2019. *Revista Latinoamericana de Infectología Pediátrica*, 33(2), 78-83.
- Adawi M., Bragazzi N., Watad A., Sharif K., Amital H. y Mahroum N. 2017. Discrepancies Between Classic and Digital Epidemiology in Searching for the Mayaro Virus: Preliminary Qualitative and Quantitative Analysis of Google Trends. *JMIR Public Health Surveill.* 3(4): 93-99.
- Badii, M., Garza, V., Landeros, J., y Quiroz, H. 2006. Diversidad y relevancia de los mosquitos. *Cultura científica y Tecnológica.*, 3(13): 4-16.
- Barzon L. 2018. Ongoing and emerging arbovirus threats in Europe. *J Clin Virol.* 107:38-47.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., y Kaiser, A. 2010. *Mosquitoes and Their Control.* Berlin: Springer.
- Bentley, M., y Day, J. 1989. Chemical Ecology and Behavioral Aspects of Mosquito Oviposition. *Annual Review of Entomology*, 34, 401-421.
- Bernal, S. I. 2017. Actualización del Catálogo de Aautoridades Taxonómicas de los Dípteros (Diptera: Insecta) de México. *Instituto de Ecología AC. Red de Ambiente y sustrntabilidad. Informe Final-SNIB-CONABIO proyecto JE006*, 11-15.
- Betanzos-Reyes, Á. 2011. La malaria en México. Progresos y desafíos hacia su eliminación. *Boletín médico del Hospital Infantil de México*, 68(2): 44-49.
- Brady, O., Gething, P., Bhatt, S., Messina, J., Brownstein, J. y Hoen, A. 2012. Refining the global spatial limits of dengue virus transmission by evidence-based consensus. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 6: 12-16
- Bond, G., Casas-Martínez, M., Quiroz-Martínez, H., Novelo-Gutiérrez, R., Marina, C., Armando Ulloa y M. Muñoz. 2014. Diversity of mosquitoes and the aquatic insects associated with their oviposition sites along the Pacific coast of Mexico. *Parasites & vectors*, 7(41), 48-60.

- Bond, G., Moon-Llanes, D., Ortega-Morales, A., Carlos, M., Mauricio, C., y Rogelio, D. 2020. Diversity and potential distribution of culicids of medical importance of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Salud pública de México*, 62(4): 379-387. doi:<https://doi.org/10.21149/11208>
- Bueno, R. 2010. Bioecología, diversidad e interés epidemiológico de los culícidos mediterráneos (Diptera: Culicidae). Valencia, España: Universidad de Valencia..
- Carpenter, S. J., y Casse, L. 1955. Mosquitoes of the North America (North of México). California: University of California Press.
- Carles-Tolrá, M. 2015. Orden Diptera. *IDE@-SEA(63)*, 1-22. http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_63.pdf . Consultado el 25 de julio de 2021.
- Carpio-Orantes, L. D., González-Clemente, M., y Lamothe-Aguilar., T. 2018. Zika and its vector mosquitoes in Mexico. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11(2):317-319.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2287884X18300165?via%3Dihub>
- Casas-Martínez M. 2013. Bionomía comparativa de *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* y sus implicaciones en la transmisión del dengue en el sur de México. Tesis de doctorado. Colegio de la Frontera Sur.
- Casas-Martínez, M., Orozco-Bonilla, A., y Bond-Compeán, J. G. 2012. Informe final* del Proyecto FE009 Diversidad y distribución geográfica de las especies de culícidos de importancia médica en la región centro-occidental de México. México: Instituto Nacional de Salud Pública. Centro Regional de Investigación en Salud Pública.
- Center for Disease Control and Prevention (CDC) 2018. Centro Nacional para Enfermedades Infecciosas Emergentes y Zoonóticas. Ciclo de vida del mosquito. Obtenido de <https://www.cdc.gov/zika/pdfs/spanish/MosquitoLifecycle-sp.pdf>

Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE). 2017. Gobierno de México. Dirección del programa de enfermedades transmitidas por vectores: <https://www.gob.mx/salud/cenaprece/acciones-y-programas/direccion-delprograma-de-enfermedadestransmitidasporvectores#:~:text=Las%20ETV's%20representan%20un%20importante,ambientales%20que%20favorecen%20su%20transmisi%C3%B3n.> Consultado el 14 de Noviembre de 2021.

CENAPRECE. 2017. Guía para la instalación y mantenimiento del insectario de *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE). México: Secretaria de Salud.

Chan-Chable, R., Martínez-Arce, A., Ortega-Morales, A., y Mis-Ávila, P. 2020. New Records and Updated Checklist of Mosquito Species in Quintana Roo, Mexico, Using DNA-Barcoding. *Journal of the American Mosquito control association*, 36(4): 264-268.

Chaverri, L. G. 2003. Claves fotográfica para hembras de zancudo (Diptera: Culicidae) presentes en Centroamérica y Panamá.

Chippaux J.P. y Chippaux A. 2018. Yellow fever in Africa and the Americas: a historical and epidemiological perspective. *J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis*. 24: 20.

Clark-Gill, S., & Darsie., R. 1983. The Mosquitoes of Guatemala Their Identification, Distribution and Bionomics Whit Keys to Adult Female Larvae. *Mosquito Systematics*, 15(3), 151-281.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2012. Estudio previo justificativo para modificar el decreto del área. Pp 7-26. Chiapas, México.

Comisión para la Cooperación Ambiental. 2015. Cañón del Sumidero II: expediente de hechos relativo a la petición. Montreal: CCA.

Christophers, K. M. 1960. *Aedes aegypti* L. The yellow fever mosquito. Cambridge University Press. GB.

- Darsie, R.-F., y Ward, R. 2005. Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, North of México. Fresno, California: American Mosquito Control Association.
- Dávalos-Becerril, E., Correa, F., González, C., Santos, R., Peralta, J., Pérez, C., Moreno, M. 2019. Urban and semi-urban mosquitoes of Mexico City: A risk for endemic mosquito-borne disease transmission. *PlosOne*, 14(3), 1-19. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212987>
- Day JF, Edman JD, Kunz SE, Wikel SK. 2004. Direct Injury: Phobias, psychoses, annoyance, allergies, toxins, venoms and myiasis. *In Medical Entomology*. Eldridge BF, Edman JD (Eds.) Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, the Netherlands. 99-144.
- Díaz-Nájera, A. 1965. Claves para identificar especies mexicanas de *Mansonia* y *Psorophora*. *Revista del instituto de salubridad y enfemeades tropicales*, 25(2): 127-133.
- Harbach, R. 2021 Mosquito Taxonomic Inventory. Obtenido de Valid Species list: <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/valid-species-list>
- Harwood, R., y James, M. T. 1987. *Entomología Médica y Veterinaria*. México: Noriega. Consultado el 13 de Julio de 2021.
- Hernández-Triana, L., Garza-Hernández, J., Ortega-Morelos, A., Prosser, S., Hebert, P., Nikolova, N. y Rodríguez-Pérez, M. 2021. An Integrated Molecular Approach to Untangling Host-Vector-Pathogen Interactions in Mosquitoes (Diptera: Culicidae) From Sylvan Communities in Mexico. *Frontiers in veterinary sciencie*, 10(7). Obtenido de <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.564791>
- Ibáñez-Bernal, S. 1998. Informe final* del Proyecto G011 Los díptera hematófagos y taxa relacionados de dos áreas protegidas del estado de Yucatán, México (*Insecta*). México: Secretaría de Salud. Instituto Nacional de Diagnóstico y

Referencia Epidemiológicos. Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. G011.

- Liria, J., y Navarro, J.C. 2009. Clave fotográfica para hembras de *Haemagogus Williston* 1896 (Diptera: Culicidae) de Venezuela, con nuevo registro para el país. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 49(2), 7-18. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482009000200010
- Lounibos, P., y Campos, R. 2002. Investigaciones recientes sobre *Toxorhynchites rutilus* (Diptera: Culicidae) con referencia al control biológico de mosquitos habitantes en recipientes. *Entomotropica*, 145-156. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/41823/CONICET_Digital_Nro.9097b298-d7b3-4cc5-961f-73bded96b14c_A.pdf?isAllowed=y&sequence=2
- Moreno, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza: M&T–Manuales y Tesis SEA.
- Morilla-González, D. A. 2007. Encefalitis Equina Venezolana. *Ciencia Veterinaria*, 1, 136-204.
- Muñoz-Cabrera, L. O., Ibáñez-Bernal, S., y Corona-Vargas, M. D. 2006. Los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. I: Lista comentada de especies. 45(3): 223-271. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42445301>
- Navarro, J., Del ventura, F., Zorrilla, A., y Liria, J. 2010. Registros de mayor altitud para mosquitos (Diptera:Culicidae) en Venezuela. *Revista de Biología Tropical*, 58(1): 245-254.
- OMS. 2016. Organización Mundial de la Salud., de Fiebre Amarilla: <https://apps.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/es/index.html>
Consultado el 7 de Septiembre de 2021
- OPS. 2020. Organización Panamericana de la Salud. Paludismo: <https://www.paho.org/es/documentos/actualizacion-epidemiologica-malaria-10junio-2020> Recuperado el 14 de Noviembre de 2020,

- Orta-Persina, H., Mercado-Hernández, R., y Elizondo-Leal, J. 2005. Distribución de *Aedes albopictus* (Skuse) en Nuevo León, México, 2001-2004. *Salud pública de México*, 163-165.
- Ortega-Morales, A., Méndez-López, R., Garza-Hernández, J., González-Álvarez, V., y Ruiz-Arrondo, I. 2019. The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tabasco, México. *Revista de ecología vectorial*, 44(1): 57-67. <https://doi.org/10.1111/jvec.12329>
- Parra-Henao, G., y Suárez, L. 2012. Mosquitos (Diptera: Culicidae) vectores potenciales de arbovirus en la región de Urabá, noroccidente de Colombia. *Biomédica*, 32(2), 32-38.
- Ponce, G., Flores, A., Badii, M., Fernández, I., y Rodríguez, M. 2016. *Bionomía de Aedes albopictus* (Skuse). Nuevo León.
- Productora Nacional de Biológicos Veterinarios. 2019. Detecta Senasica casos de Virus de Encefalitis Equina del Oeste.
- Reyes, C. G., Jercic, M., Rada, V., Saldarriaga, M., y Pavletic, C. 2016. Manual de Culícidos (Diptera: Culicidae) de la zona norte y centro de Chile incluyendo Isla de Pascua. Santiago, Chile: Instituto de Salud Pública.
- Romero, T. S. 2018. Fauna de Culícidos (Diptera) presente en los distintos enclaves hídricos de Sevilla (España). Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Rossi, G., y Almirón, W. 2004. Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina. Buenos Aire, Argentina: Mundo sano. 5
- Rueda, L. 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. *Hydrobiologia*, 477-487.
- Schick R. 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XX. The terrens group of *Aedes* (Finlaya). *Cont Am Entomol Inst.* 5:1-157
- Secretaria de Salud. 2021. Sistema Nacional de vigilancia Epidemiológica. *Boletín epidemiológico*, 38(35), 28-30. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/667785/sem35.pdf>

- Taber E.D., Hutchinson M.L., Smithwick E. y J.I. Blanford. 2016. A decade of colonization: the spread of the Asian tiger mosquito in Pennsylvania and implications for disease risk. *Journal of vector ecology*. 42(1):3-12.
- Tandina, F., Doumbo, O., Seydou-Yaro, A., Traoré, S. F., Parola, P., y Robert, V. 2018. Mosquitoes (Diptera: Culicidae) and mosquito-borne diseases in Mali, West Africa. *Parasites and Vectors*, 11(467), 1-12. doi:<https://doi.org/10.1186/s13071-018-3045-8>
- Ulloa-García, A. 2019. Biodiversidad de mosquitos y vectores de enfermedad. *Revista Biomédica*, 30(3): 103-104.
- Valente-Acosta., B., y García-Acosta., J. 2017. Fiebre amarilla: revisión concisa ante el actual escenario epidemiológico. *Medicina interna de México*, 33(5).
- Vargas, V. M. 1976. *Notas sobre Antropodología Médica*. Publicaciones de Universidad de Costa Rica: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto128.htm> Consultado el 5 de Noviembre de 2020
- Viveros-Santos, V., Lopez-Ordoñez, T., Torres-Monzon, J., y Torres, O. 2020. Detección de *Dirofilaria immitis*. (Spirurida: Onchocercidae) en la comunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) de cementerios de la región Soconusco, sur de México. *Entomología médico y forense*, 490-497.
- Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU). 2010. Mosquitos vectores. <http://wrbu.com//mosquitos> Consultado el 24 de Julio de 2021.
- Ward, R. A. 1982. Aquatic Biota of Mexico. Central America and the West Indies. San Diego State University. San Diego. 417
- Weaver, S. C., & Reisen, W. K. 2010. Present and future of the arboviral threats. *Antiviral Research*, 85, 328-345.
- Weger, L., Auerswald, H., Vignuzzi, M., Dussart, P., y Karsson, E. 2018. Talking a bite out of nutrition and arbovirus infection. *PLoS Negl Trop Dis*, 12(3): 58-67.
- WHO. 2018. Organización Mundial de la Salud. Enfermedades transmitidas por vectores: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases> Consultado el 17 de Noviembre de 2020.

- Wilkerson, R. C., Strickman, D., Fernández-Salas, I., y Ibáñez-Bernal, S. 1990. *Clave ilustrada para la identificación de las hembras de mosquitos anofelinos de Mexico y Centro América*. Nuevo León : Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Yan, J. 2018. Ecology of vector-borne diseases: effects of host traits on mosquito feeding preferences and its implications for disease transmission. Tesis de doctorado.

XI. ANEXOS

Anexo 1

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN ENTOMOLÓGICA Y BIOCENSAYOS DE CHIAPAS



Colector (es): _____

01. No. Colecta	Posición 02. LAT	N	03. LON	W	04. ALT	msnm
05. Estado	06. Mpo.		07. Loc.			
08. Hora (24 Hrs.)	09. Fecha		10. Mapa		11. Ecoregión CONABIO	
Tipo de Colecta 12. Inmaduros 13. Reposo-Domiciliar 14. Reposo-Refugio 15. Reposo-Cuevas 16. Reposo-Hueco de árbol 17. Reposo-Vegetación 18. Picando 19. Red 20. Trampa de Luz CDC 21. Trampa Cebo-Magoon 22. Trampa Cebo 23. Enjambre 24. Posándose 25. Otros _____	Ambiente 47. Bosque Lluvioso 48. Bosque de Coníferas 49. Bosque de Encino 50. Bosque Mesófilo 51. Matorral 52. Sabana Tropical 53. Pradera Templada 54. Bosque Pantanoso 55. Pantano Abierto 56. Marisma 57. Playa 58. Manglar 59. Huerto 60. Campo de Cultivo 61. Arrozal 62. Bambú 63. Urbano 64. Rural		Hábitat Larval 68. Estanque 69. Charca 70. Pantano o Ciénega 71. Margen de la Corriente 72. Corriente 73. Cenote 74. Estanque con Corriente 75. Canal 76. Pozo 77. Manantial 78. Cisterna 79. Cont. Artificial _____ 80. Llantá 81. Marisma 82. Caparazón de Cangrejo 83. Coral 84. Huelias 85. Surcos 86. Madriguera Animal 87. Hueco de Roca 88. Hueco de Árbol _____ 89. Hueco de Bambú 90. Axila de Platanar 91. Axila de Heliconia 92. Axila de Bromelíacea 93. Axila de Araceae 94. Axila de Piña 95. Planta Tipo Jaro 96. Fronda de Palma 97. Hojas Caldas _____ 98. Frutos Caldos _____ 99. Otros _____		Dimensiones del Criadero 100. _____cm X101. _____cm X 102. _____cm Profundidad Tipo de Criadero 103. Permanente 104. Temporal Movimiento del Agua 105. Estacionaria 106. Ligero 107. Moderado 108. Rápido Salinidad 109. Dulce 110. Salobre Turbidez 111. Limpia 112. Coloreada 113. Turbia 114. Contaminada Vegetación acuática 115. Sub emergente 116. Flotante 117. Emergente 118. Hojarasca 119. Todos los Tipos Cant. de Vegetación Acuática 120. Ausente 121. Escasa 122. Abundante Algas 123. Verdes 124. Cafés Densidad de Algas 125. Ausente 126. Escasa 127. Abundante	
Terreno 26. Montañoso 27. Cerro 28. Valle 29. Oscuro 30. Niebla 31. Niebla espesa 32. Lluvia Ligera 33. Lluvia Fuerte	Parámetros del Criadero 65. pH _____ 66. Solutos _____ 67. Temp. _____					
Sombra 34. Ausente 35. Parcial 36. Total	Datos de Laboratorio 128. Fecha de ID 129. Identificador 130. No. de especímenes					
Hospedero 37. Humano 38. Caballo 39. Cerdo 40. Vaca 41. Burros 42. Aves 43. Otros _____	131. Especies Asociadas					
Viento 44. Ausente 45. Ligero 45. Moderado 46. Fuerte	132. Observaciones					