



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL

**DIVERSIDAD DE MOSQUITOS (DÍPTERA: CULICIDAE) EN
SELVA BAJA CADUCIFOLIA CON VEGETACIÓN SECUNDARIA
EN YUCATÁN, MÉXICO.**

TESIS

Que presenta:

Fatima Raquel Martin Delgado

Como requisito parcial para obtener el grado de
Licenciada en biología

Director de tesis

Dr. Carlos Marcial Baak Baak

Conkal, Yucatán, México
Diciembre, 2023

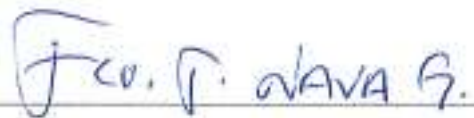


TecNM

La presente tesis fue realizada por Fatima Raquel Martin Delgado de la carrera de Licenciatura en Biología, con orientación en Parasitología de Regiones Tropicales y con el número de control 16800086, con el título “Diversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en selva baja caducifolia con vegetación secundaria, en Yucatá, México”, la cual fue dirigida, asesorada y revisada por el comité que fue asignado en su oportunidad, y cuyos integrantes firman su consentimiento para que este trabajo sea presentado como requisito parcial para la titulación, de acuerdo al Proceso de Titulación Integral al Manual de Lineamientos Académicos-Administrativos del Tecnológico Nacional de México.

DIRECTOR: 
DR. CARLOS MARCIAL BAAK BAAK

ASESOR: 
DR. ALEJANDRA GONZÁLEZ MORENO

REVISOR: 
M.C. FRANCISCO JAVIER NAVA GUIZAR

Conkal, Yuc. Diciembre 2023

DEDICATORIAS

Dedicatoria especial a mis padres (Amalia Delgado y José Luis Martín) y hermanos (José Martín y Baltazar Martín), por su apoyo incondicional en todo momento y sus palabras de aliento en los días malos. Por todo el esfuerzo y sacrificios que hicieron para poder concluir mis estudios

Al Dr. Carlos Baak; por su apoyo y paciencia durante toda la realización del estudio.

A mis mejores amigas (Orquídea y Nahomi) por siempre estar conmigo, a mi mejor amigo (Jesús Azcorra) y a Ingrid Cab por siempre apoyarme en todas mis aventuras, ayudarme en todo el proceso y ser mis cómplices incondicionales en todo.

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis, el Dr. Carlos Marcial Baak Baak por todo su apoyo, brindarme de su conocimiento y por darme la oportunidad de trabajar en conjunto en este estudio.

Al Dr. Julián por darme la oportunidad y de adoptarnos de nuevo para poder realizar mi trabajo y estudio de tesis en el Hideyo Noguchi. Por confiar en mi en todo momento y su apoyo emocional.

Al biólogo Julio Tzu Dzul por toda su ayuda y tiempo en las salidas a campo para coleccionar el material biológico, así como sus conocimientos en la identificación de los ejemplares colectados.

A mis padres y a todas las personas que estuvieron a lo largo de todo este camino

A mis maestros del Tecnológico Nacional de México campus Conkal por brindarme parte de sus conocimientos a lo largo de toda mi licenciatura.

RESUMEN

El estado de Yucatán tiene clima cálido subhúmedo en el 85.5% del territorio, y presenta temporadas diferenciadas de secas, y lluvias. Pocos estudios longitudinales han evaluado la diversidad biológica de mosquitos en áreas naturales. En virtud de lo anterior, en un área de selva baja caducifolia se estimó la diversidad y abundancia de mosquitos en temporada de secas y lluvia. En 2020, se realizaron 48 semanas de muestreo, y se identificaron 24 especies de mosquitos; 16 en etapa inmadura, seis en etapa adulta y dos especies a partir de la eclosión de huevos.

Palabras clave: Culicidae, silvestres, arbovirus, riqueza de especies.

INDICE

	PÁGINA
DEDICATORIAS	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
INDICE DE TABLAS	9
INDICE DE FIGURAS	10
INDICE DE ANEXOS	11
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
Objetivo general:	14
Objetivos específicos:	14
PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	14
MARCO TEÓRICO	15
Biología de los culícidos	15
Comportamiento y hábitos	15
Alimentación	16
Características morfológicas de orden díptera y de la familia Culicidae	16
Familia Culicidae	16
	6

Adulto	16
Larva	18
Pupa	18
Ubicación taxonómica	18
Factores que intervienen en la reproducción de los culícidos	19
Dinámica de poblaciones	20
DESARROLLO DEL PROYECTO	20
Sitio de estudio	20
Instalación de trampas	21
Colecta de mosquitos inmaduros	22
Características cualitativas de los criaderos.	23
ANÁLISIS DE DATOS	23
Cobertura de muestra	24
Índice de dominancia de Simpson (D)	25
Índice de Shannon-Wiener (H)	25
Índice de Pielou (J)	26
RESULTADOS	27
Frecuencia de criaderos positivos	27
Mosquitos relacionados con características de los criaderos	27
Riqueza, equidad y dominancia de las especies de mosquitos por temporada	30
Abundancia de los mosquitos por temporada	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	39

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	40
ANEXOS	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Riqueza y abundancia de mosquitos inmaduros colectados en el área de estudio 30

Tabla 2. Índices de diversidad biológica de los mosquitos 32

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del sitio	20
Figura 2. Instalación de trampas y ovitrampas	21
Figura 3. Criaderos positivos registrados en temporada de lluvias y secas.	26
Figura 4. Mosquitos relacionados con la materia orgánica en los criaderos.	27
Figura 5. Mosquitos relacionados con la turbidez del agua a en los criaderos	28
Figura 6. Mosquitos relacionados con el tamaño de los criaderos	28
Figura 7. Número de especies de mosquitos cohabitando en los criaderos registrados por temporada	29
Figura 8. Curva de rarefacción-extrapolación basada en número de mosquitos.	31
Figura 9. Abundancia de mosquitos colectados por temporada	36

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Colecta y revisión de trampas	48
Anexo 2. Estado larval de <i>Ae. albopictus</i>	48
Anexo 3. Estado larval de <i>Ae. cozumelensis</i>	49
Anexo 4. Estado larval de la especie <i>Tx. theobaldi</i> .	49
Anexo 5. Larva de <i>Ae. sollicitans</i>	49

INTRODUCCIÓN

Los mosquitos (Díptera: Culicidae), son artrópodos hematófagos con capacidad para transmitir patógenos de importancia médica y veterinaria (Eldridge, 2005). El ciclo biológico de los mosquitos comprende las fases de huevo, larva, pupa y adulto, cuya duración depende de las condiciones ambientales (precipitación, temperatura y humedad relativa) y la disponibilidad de alimento. En áreas urbanas, la tasa de supervivencia de los mosquitos es exitosa debido a la disponibilidad de criaderos como resultado de la actividad humana. Por ejemplo, en Yucatán los mosquitos vectores *Aedes (Stegomyia) aegypti* L. y *Culex quinquefasciatus* Say se encuentran a lo largo del año en las casas (Arana-Guardia *et al.*, 2014, Baak-Baak *et al.*, 2014). Sin embargo, especies no dependientes del ambiente doméstico solo aparecen en la temporada de lluvias (Baak-Baak *et al.*, 2014).

En la ciudad de Mérida, Yucatán, la riqueza de especies de mosquitos, se encuentra en los criaderos de casas (12 especies), terrenos baldíos (11 especies), y las alcantarillas de las calles (nueve especies) (Zapata-Peniche *et al.*, 2007, Arana-Guardia *et al.*, 2014, Baak-Baak *et al.*, 2014). Mientras que, en criaderos de las iglesias y cementerios se ha identificado hasta cinco especies (García-Rejón *et al.*, 2018, Baak-Baak *et al.*, 2019). En contraste, en hábitats naturales, se conoce poco de la biología y ecología de los mosquitos. La mayoría de los estudios realizados en Yucatán se han enfocado en reportes taxonómicos (Baak-Baak *et al.*, 2016).

Los arbovirus transmitidos por mosquitos son de origen selvático. En México existen registros de arbovirus con ciclos de transmisión que incluyen mosquitos, aves y mamíferos silvestres. Por ejemplo, en Nuevo León y Chiapas, el virus del Oeste del Nilo

fue identificado en *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. interrogator* y *Cx. nigripalpus* (Elizondo-Quiroga *et al.*, 2005; Ulloa *et al.*, 2009). En Veracruz, el virus de la encefalitis equina venezolana fue identificado en *Cx. coronator* y *Anopheles pseudopunctipennis* Theobald (Scherer *et al.* 1971). En Durango, el virus de la encefalitis de San Luis fue identificado en *Cx. tarsalis* (Sudia *et al.* 1975). En Yucatán, el virus Cache Valley, South River y el virus Kairi fueron identificados en *Aedes taeniorhynchus* Wiedemann (Farfán-Ale *et al.*, 2009; 2010). Las larvas y pupas de los mosquitos se desarrollan exclusivamente en hábitats acuáticos, y son la etapa más vulnerable del ciclo del desarrollo. Sin embargo, en condiciones naturales se desconoce los factores que determinan la diversidad, abundancia y los reguladores de la dinámica poblacional de los mosquitos.

En ambientes naturales la sobrevivencia de los mosquitos depende exclusivamente de factores bióticos (regulación intra e interespecífica, depredación, disponibilidad de alimento) y abióticos (viento, temperatura, humedad, precipitación). En general, se conoce que los mosquitos proliferan en climas cálidos y húmedos. Sin embargo, la abundancia y diversidad de mosquitos es diferente en áreas con asentamientos humanos (rural, semiurbano y urbano) y naturales (manglar, selva baja caducifolia). El estado de Yucatán presenta clima cálido subhúmedo en el 85.5% del territorio y predomina la vegetación de selva baja caducifolia. Estas características son idóneas para el desarrollo de los mosquitos. A pesar de ello, no se han realizado estudios longitudinales para determinar la relación entre la estructura y dinámica poblacional de los mosquitos en áreas naturales del Estado de Yucatán. Con los datos generados se identificó los mosquitos con potencial para transmitir arbovirus y se determinó en qué época del año son más abundantes. Además, se determinó algunos factores bióticos y abióticos que regulan las poblaciones de mosquitos.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar los factores bióticos y abióticos relacionados con la diversidad de mosquitos en selva baja caducifolia con vegetación secundaria en Yucatán, México, durante la temporada de secas y lluvias de 2020.

Objetivos específicos:

- Estimar la frecuencia de los criaderos positivos en temporada de secas y lluvias.
- Determinar la relación entre la presencia de mosquitos con los parámetros del criadero (tamaño, materia orgánica, y color de agua)
- Estimar la riqueza, equidad y dominancia de las especies de mosquitos en temporada de secas y lluvias.
- Estimar la abundancia temporal de los mosquitos en temporada de secas y lluvias.

PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

La diversidad de mosquitos en selva baja caducifolia con vegetación secundaria en Yucatán, México, es dos veces mayor en temporada de lluvias y en criaderos con alta cantidad de materia orgánica, menor interacción interespecífica, y sin depredadores.

MARCO TEÓRICO

Biología de los culicidos

Las especies de la familia Culicidae, conocidas vulgarmente como mosquitos, se encuentran dentro del Orden Díptera y representan aproximadamente 3,618 especies (Harbach, 2013). Aquí hacemos referencia al grupo de insectos de mayor notoriedad en la salud pública. Ya que la necesidad hematófaga de las hembras para la maduración de los huevos hace que sea un vector por excelencia de bacterias, virus y protozoos de afección humana y animal. Así mismo, su picadura produce importantes reacciones alérgicas en personas sensibles que pueden ser objeto de hospitalización (Chordá-Olmos, 2014).

Su diversidad ecológica, la capacidad oportunista y su adaptación a todo tipo de colecciones hídricas y a los ambientes les ha permitido su expansión por todos los rincones del mundo a excepción del continente antártico ya que las condiciones climáticas (temperaturas extremadamente bajas) y las ambientales (ausencia de agua líquida sobre la superficie) impiden su establecimiento (Chordá-Olmos, 2014).

Comportamiento y hábitos

Los hábitos en la puesta de los huevos de las hembras varían ampliamente de una especie a otra. La mayoría de ellos requieren hábitats acuáticos para su desarrollo, por lo que, las hembras necesitan cuerpos de agua para depositar sus huevos. Sin embargo, algunas especies del género *Aedes* y *Ochlerotatus* pueden depositar sus huevos en el suelo húmedo sin el requerimiento de un cuerpo de agua. Aunque, es fundamental la inundación para que se produzca la eclosión y el desarrollo de las larvas (Bueno y Jiménez, 2011).

De forma general, los mosquitos aprovechan una amplia variedad de hábitats acuáticos para el desarrollo de las larvas; estos van desde los criaderos naturales generado por las precipitaciones hasta los criaderos artificiales generado por los humanos (Beeuwkes *et al.*, 2011).

Los mosquitos tienen tendencia a frecuentar las viviendas humanas, aunque muestran diferencia en la domesticidad. Algunos, se alimentan y reposan dentro de las casas (intradomiciliarios) y otros se alimentan y reposan fuera de las casas (peridomiciliares). Dicho comportamiento tiene gran importancia en la evaluación de la capacidad para transmitir patógenos (Rossi y Almirón, 2004).

Alimentación

La mayoría de las hembras de los culícidos son hematófagas obligadas para completar el desarrollo de los huevos, mientras que los machos se alimentan del néctar de algunas plantas (Vinogradova, 2000).

Características morfológicas de orden díptera y de la familia Culicidae

El insecto adulto del orden Díptera consta de cabeza, tórax y abdomen. Cada una de estas partes presenta características que varían según su función de la especie.

Las estructuras que permiten separarlos de otros grupos de insectos son el aparato bucal y la existencia de un único par de alas funcionales (Sánchez-Romero, 2018).

Familia Culicidae

Adulto

Cabeza: presenta dos grandes ojos compuestos por una gran cantidad de omatidios.

Un clipeo localizado encima de la inserción de la probóscide. En la frente se insertan las antenas, los cuales están formadas por 15 artejos en machos y 16 en hembras. El artejo basal (escapo) tiene aspecto de cilindro aplastado, el segundo artejo (pedicelo) es casi esférico; los restantes artejos que componen la antena constituyen lo que se conoce como flagelo, y son muy similares entre sí. Las estructuras que están relacionadas con la alimentación se encuentran en la probóscide, que surge del extremo anterior de la cabeza. En muchas especies es casi recta y cilíndrica, aunque en algunos géneros puede estar curvada en su tercio distal. En la hembra hematófaga está compuesta por seis piezas con aspecto de finos estiletes: el labroepifaringe, dos mandíbulas, dos maxilas y la hipofaringe que contiene el canal salival. En machos, las mandíbulas y maxilas están muy reducidas o faltan por completo, por lo que el néctar y jugos azucarados de los que se alimentan, son ingeridos directamente a través del canal labro-epifaringe (Sánchez-Romero, 2018).

Tórax: presentan 3 segmentos fusionados (pro, meso y metatórax). En los dípteros, la presencia del único par de alas útiles para volar se encuentra en el mesotórax, siendo los restantes (pro y metatórax) apenas evidentes. El tórax, como el resto del cuerpo, está cubierto de sedas y escamas de distinto tamaño y color, por lo que su distribución y colores son caracteres muy útiles en la clasificación específica de los mosquitos. En cada segmento torácico se inserta un par de patas (Sánchez-Romero, 2018).

Abdomen: En los insectos más primitivos el abdomen presentaba 11 segmentos. En los mosquitos, el primer segmento está reducido y a partir del segmento IX se van a encontrar muy modificados para poder formar las estructuras relacionadas con la cópula y la puesta de huevos (Sánchez- Romero, 2018).

Larva

Tienen el cuerpo dividido en tres partes: la cápsula cefálica completamente esclerotizada, un tórax comprimido formado por tres segmentos fusionados, claramente más ancho que las otras regiones del cuerpo en los estadios completamente desarrollados, y el abdomen formado por diez segmentos. Estas, 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* sp., el tórax expandido y el tubo respiratorio tubular o cilíndrico (el sifón). El sifón, se sitúa en el dorso del VIII segmento abdominal en todos los géneros, excepto en *Anopheles*, *Bironella* y *Chagasia* (Sánchez-Romero, 2018).

Pasan por cuatro estadios larvarios. Durante su desarrollo hay varios caracteres diagnósticos que cambian (Sánchez-Romero, 2018).

Pupa

La pupa es obtecta. Presenta la región cefálica y torácica unida, por lo que esta región se denomina cefalotórax. El abdomen, se compone de nueve segmentos, 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 (Sánchez-Romero, 2018).

Ubicación taxonómica

Dentro del orden díptera los mosquitos son considerados como chupadores de sangre inferiores ya que carecen de mandíbulas.

La familia Culicidae taxonómicamente está ubicada de la siguiente manera (Badii *et al.*, 2006):

Reino Animal

Phylum Arthropoda

Clase Insecta

Orden Díptera

Suborden Nematóceras

Familia Culicidae

Factores que intervienen en la reproducción de los culícidos

Se sabe que una de las principales causas de la presencia de mosquitos surge en los lugares con las condiciones ambientales donde estos puedan adaptarse con facilidad y puedan favorecer su proliferación. De acuerdo con estudios previos, la distribución de culícidos y la propagación de Enfermedades Transmitidas por Vectores (ETV's) pueden incidir dos tipos de factores: los intrínsecos y extrínsecos. Los intrínsecos, son los inherentes de la especie; capacidad de diapausa, plasticidad genética, alta tasa generacional, distribución altitudinal, longevidad, densidad demográfica del vector, que a su vez son influenciados por los factores extrínsecos (Murguía-Franco, 2018).

Por otro lado, los factores extrínsecos, son relativos a las cuestiones ambientales y sociales que inciden sobre la especie. Algunos de los factores ambientales como el tipo de suelo y altitud (estos influyen en la vegetación predominante y criaderos disponibles), poca abundancia de competidores, así como el aumento de la temperatura que a su vez puede influir directamente en el ciclo biológico del mosquito (Murguía-Franco, 2018).

Entre las condiciones sociales humanas que generan lugares de oviposición y criaderos para mosquitos se encuentran deficiencias en el drenaje, contenedores destapados y al aire libre, plásticos que tienden a ser desechados en el ambiente, donde recogen agua de lluvia, hacinamiento de objetos como neumáticos y utensilios de desecho, todo lo cual permite almacenamiento de agua (Murguía-Franco, 2018).

Dinámica de poblaciones

Es la parte de la ecología que se centra en los estudios de las variaciones y cambios que sufren las comunidades biológicas en el tiempo, espacio y la densidad de ellas, así como los factores y mecanismos que los regulan. En estudios de fluctuaciones en el tamaño y/o la densidad de las poblaciones naturales están basadas en tres pilares fundamentales: principios teóricos generales que subyacen al cambio poblacional, la formalización e interpretación de estos principios a través de modelos matemáticos, y por último la interpretación de estos principios y modelos en términos de mecanismos biológicos (Ripa *et al.*, 2008).

DESARROLLO DEL PROYECTO

Sitio de estudio

El estudio se llevó a cabo en un área de 12,000 m² de selva baja caducifolia (20° 57'54 " N, 89° 20'56 " O) localizado a 4 km de la localidad de Ekmul, Tixkokob, Yucatán, México (Figura 1). El clima de Yucatán, es cálido y subhúmedo durante todo el año, y presenta dos temporadas climáticas definidas. La temporada de lluvia abarca los meses de mayo a octubre, en el cual, la temperatura media mensual es de 27.54°C y con precipitación

media de 1,100 mm. Mientras que, la temporada de secas abarca los meses de noviembre a abril, en el cual, la temperatura media mensual es de 25.14°C y con precipitación media de 300 mm. Presenta suelos en los que predominan el leptosol un 96.69% (INEGI, 2022). El área está poblada por árboles típicos de la región como *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera simaruba*, *Ehretia tinifolia*, *Havardia albicans*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa bahamensis*, *Piscidia piscipula* y la planta *Bromelia karatas*.

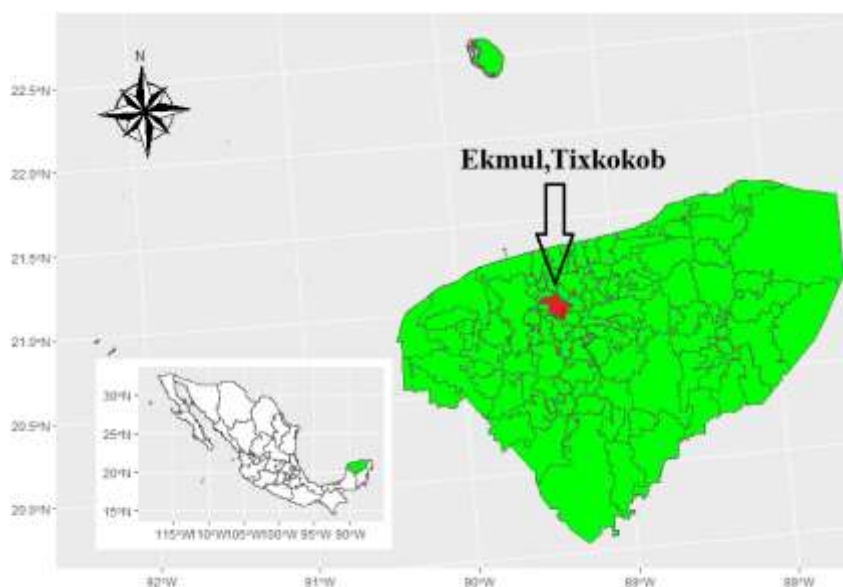


Figura 1. Mapa de la ubicación geográfica del sitio

Instalación de trampas

Las larvas y pupas de los mosquitos fueron monitoreados del 24 de enero a 18 de diciembre de 2020. En el área, se instalaron aleatoriamente 15 ovitrampas (1 lt. de capacidad) y 15 cubetas (10 lt de capacidad) en la base de los árboles mencionados anteriormente (Figura 2). Las ovitrampas y las cubetas se llenaron con 700 ml y 5 lt de agua corriente, respectivamente. Entre cada trampa instalada había aproximadamente 8 y 12 metros de distancia. Se utilizaron ovitrampas estándar similar a los que emplea la secretaria

de Salud de Yucatán (Service, 1993). La revisión de los criaderos se realizó cada semana y cuando estaban vacíos o con poca agua se rellenaron.



Figura 2. *Instalación de trampas y ovitrampas*

Colecta de mosquitos inmaduros

Las etapas inmaduras de los mosquitos, se colectaron con pipetas entomológicas y mallas de tela como filtro del exceso de agua y materia orgánica. Las larvas y pupas se colocaron en recipientes de plástico, etiquetados de acuerdo con la fecha, lugar de estudio y número de identificación de la trampa. Los mosquitos fueron transportado al Laboratorio de Arbovirología de la Universidad Autónoma de Yucatán. Durante la identificación morfológica, una parte de las larvas se sacrificaron en agua caliente (60 ° C) y las restantes se criaron individualmente para obtener adultos. A las pupas provenientes de campo se esperó que emergieran como adultos y fueron identificados morfológicamente. Se utilizaron estereomicroscopios y claves taxonómicas dicotómicas para identificar las

especies (Berlin 1969; Carpenter y LaCasse 1955; Clark-Gil y Darsie 1983; Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos 1994; Darsie y Ward 2005).

Características cualitativas de los criaderos

La presencia de materia orgánica disuelta en el agua de los criaderos se clasificó subjetivamente como baja, media y alta. El tamaño del criadero fue clasificado como grandes ($>1L$) y pequeños ($\leq 1L$). La turbidez del agua de los criaderos fue categorizada como agua clara, semioscuro y oscura (Baak-Baak *et al.*, 2014). Los recipientes artificiales se instalaron bajo la sombra de árboles y entre rocas.

Análisis de datos

La frecuencia de los criaderos (positivos y negativos) fue relacionado con la temporalidad y la materia orgánica, turbidez del agua, y el tamaño del criadero. Los datos se organizaron en tablas de contingencia y se analizaron con la prueba estadística X^2 . La prueba fue significativa cuando el valor de alfa fue menor al 5%.

La densidad poblacional fue estimada como el número total de especímenes colectados entre el número total de criaderos revisados.

En el presente estudio, se estimó la diversidad biológica de los mosquitos a nivel local, por ello se empleó la diversidad alfa (Smith, 2001). La diversidad biológica se analizó por temporada de secas (enero-abril y noviembre-diciembre de 2020), y lluvias (mayo-octubre de 2020).

Cobertura de muestra

Indica la proporción del número total de individuos de un ensamblaje que pertenecen a las especies representadas en la muestra. Al restar el valor de la cobertura de la muestra de la unidad, se obtiene la proporción de la comunidad que pertenece a las especies no muestreadas, lo cual, se denomina "déficit de la cobertura". El déficit de la cobertura de la muestra puede interpretarse como la probabilidad de que una nueva especie (i. e. especie no detectada previamente) se registre si aumenta la muestra con un individuo (Pineda y Moreno, 2015). La cobertura de la muestra se estima con los datos que se obtienen a partir del muestreo, sin necesidad de conocer de antemano las abundancias relativas reales de todas las especies que componen el ensamblaje. Esta se calcula con la siguiente formula (Chao y Jost, 2012):

$$\hat{C}_n = 1 - \left(\frac{f_1}{n} \left[\frac{(n-1)f_1}{((n-1)f_1 + 2f_2)} \right] \right)$$

n= tamaño de la muestra, el número total de individuos registrados (denotado como n).

f1= especies representadas por solamente un individuo en la muestra (el número de singletons).

f2= especies representadas por dos individuos en la muestra (el número de doubletons).

Índice de dominancia de Simpson (D) considera la probabilidad que dos individuos de una población seleccionados al azar correspondan a la misma especie. Mientras más alta es la probabilidad menos diversa es la comunidad. Señala la relación que existe entre la riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie. El índice de Simpson (D) tiene la tendencia de ser más pequeño cuando la población es más diversa, es decir, no hay dominancia de especies. Su expresión es

$$D_{Si} = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Donde:

P_i es igual a la proporción entre n_i y N

n_i : número de individuos de la especie i

Su valor oscila entre 0 y 1. Si el valor de D es igual a 0, significa que la diversidad es infinita o más diversa es la comunidad. Si el valor de D es más cercano a 1, es menor la diversidad de las especies (Campos y Duval, 2014).

Índice de Shannon-Wiener (H) evalúa la riqueza de las especies y su abundancia. Este índice relaciona el número de las especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas en la muestra. También mide la uniformidad de la distribución de los individuos entre las especies (Campos y Duval, 2014). Su fórmula se expresa como:

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

Adquiere valores entre 0, cuando hay una sola especie, y el logaritmo S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Cuando mayor es el valor de H, mayor será la diversidad de especies en una comunidad en particular. Cuando el valor de H es bajo, la diversidad biológica se considera bajo (Moreno, 2001).

Índice de Pielou (J) es el grado de uniformidad en la distribución de individuos entre especies. Este se puede medir comparando la diversidad en una comunidad contra la diversidad máxima posible de una comunidad hipotética con el mismo número de especies (Moreno, 2001).

$$J = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde

H'_{max} : es el logaritmo natural de S

Su valor va de 0 a 1. Donde 1 corresponder a situaciones donde todas las especies son iguales en abundancia y 0 es la ausencia de uniformidad.

RESULTADOS

Frecuencia de criaderos positivos

Se revisaron 1,767 veces los recipientes y se encontró el 48.1% (850/1,767) de los criaderos con al menos una larva o pupa de mosquito. Hubo diferencia estadística significativa ($X^2 = 10.25$, $P = 0.001$) en el número de criaderos positivos entre temporadas (Figura 3). La mayoría de los criaderos se encontró en temporada de lluvias ($n = 582$) comparado con secas ($n = 268$). Estos resultados son similares con los trabajos realizados en la ciudad de Mérida, donde se reportó mayor porcentaje de criaderos positivos en iglesias, cementerios, terrenos baldíos y casas durante la temporada de lluvias (García-Rejón *et al.*, 2008; Arana-Guardia *et al.*, 2014; Baak-Baak *et al.*, 2014; 2019).

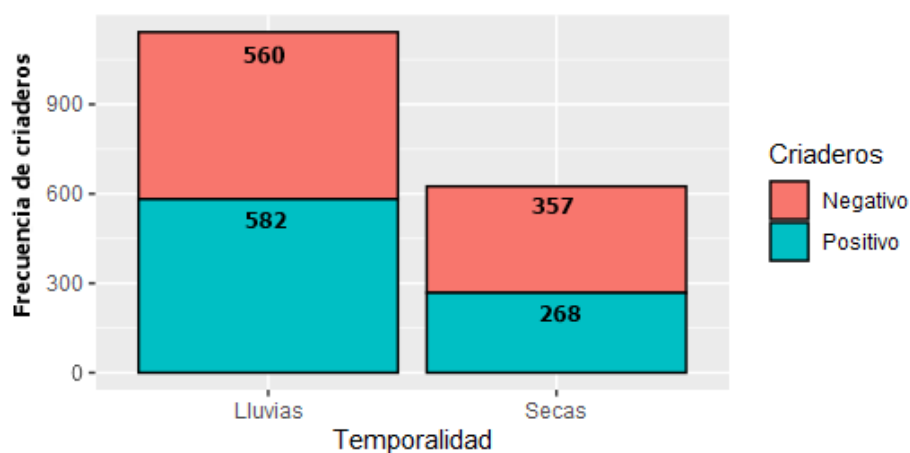


Figura 3. Criaderos positivos registrados en temporada de lluvias y secas.

Mosquitos relacionados con características de los criaderos

Los mosquitos seleccionaron criaderos con características particulares. La cantidad de materia orgánica en el criadero es un recurso importante porque sirve de alimento para el desarrollo de las larvas. En el trabajo se encontró relación estadísticamente significativa

entre los criaderos positivos y la presencia de materia orgánica con nivel medio ($X^2 = 188.06$, $P = 0.00$, Figura 4).

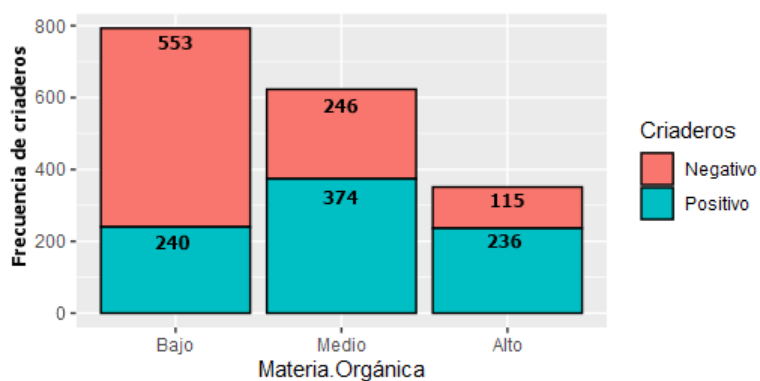


Figura 4. *Mosquitos relacionados con la materia orgánica en los criaderos.*

En el trabajo, se encontró relación estadísticamente significativa entre los criaderos positivos y la turbidez del agua ($X^2 = 95.9$, $P = 0.00$). Los mosquitos seleccionaron principalmente criaderos con agua de color claro (Figura 5). Los mosquitos también seleccionaron criaderos grandes ($>1L$) comparado con los pequeños ($\leq 1L$). La diferencia fue estadísticamente significativa ($X^2 = 6.38$, $P = 0.01$, Figura 6). Estudios previos señalaron que especies del género *Culex* prefieren criaderos con abundante materia orgánica y agua de color oscuro. En contraste, mosquitos del género *Aedes* prefieren agua clara y semioscura (Arana-Guardia *et al.*, 2014; Baak-Baak *et al.*, 2014).

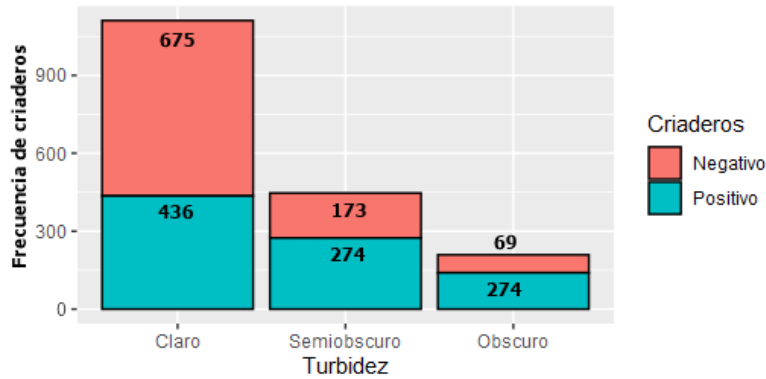


Figura 5. *Mosquitos relacionados con la turbidez del agua a en los criaderos*

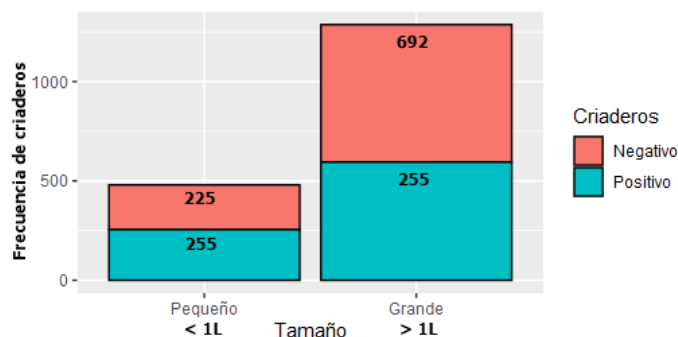


Figura 6. *Mosquitos relacionados con el tamaño de los criaderos*

El agua fue un recurso limitado para los mosquitos. En el 61.6% (524/850) de los recipientes se encontró una sola especie de mosquitos. Mientras que, en el 38.4% (326/850) cohabitó más de una especie. La coocurrencia de dos a cuatro especies fue hallada en el 36.79% (312/84) de los criaderos y solo en el 1.88% se identificó hasta cinco especies. Cuando la coocurrencia de mosquitos se analizó por temporada, en secas se encontró más criaderos, en los cuales, cohabitaban entre cuatro y cinco especies (Figura 7).

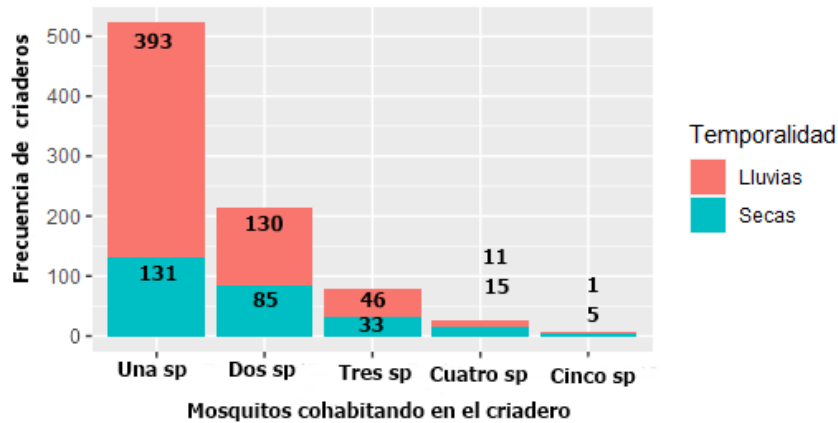


Figura 7. Número de especies de mosquitos cohabitando en los criaderos registrados por temporada.

Riqueza, equidad y dominancia de las especies de mosquitos por temporada

En total, se recolectaron 24 especies pertenecientes a seis géneros: *Aedes* (Ae.), *Culex* (Cx.), *Toxorhynchites* (Tx.), *Limatus* (Lm.), *Psorophora* (Ps.), y *Haemagogus* (Hg.). Dieciséis especies fueron recolectadas en etapa de larvas y pupas (Tabla 1), y seis en etapa adulta. *Aedes taeniorhynchus* (n= 20), *Ae. trivittatus* (n= 25), *Ps. albipes* (n= 8), *Ps. ferox* (n= 25), *Ps. cyanescens* (n= 35), y *Hg. equinus* (n= 4) fueron capturados en su estado adulto. Mientras que, *Ae. epactius* (n= 89) y *Ae. scapularis* (n= 22) fueron identificados a partir de eclosión de huevos colectados. A nivel mundial la familia Culicidae comprenden 3,616 especies, clasificados en 112 géneros (Harbach, 2022). Las especies colectadas en el estudio, constituyó el 0.66% de las especies a nivel global. De acuerdo con el Catálogo Sistemático de Culicidae (WRBU por sus siglas en inglés), en México están registrados 248 especies de mosquitos (Ortega- Morales *et al.*, 2019, WRBU, 2022). Los mosquitos colectados en el presente estudio representaron el 9.68% de las especies registradas en el País. En Yucatán, ha sido registrado 65 especies (Baak-Baak *et al.*, 2016; Ortega-Morales

et al., 2018, Tzuc-Dzul *et al.*, 2023), por lo que, la diversidad de mosquitos del presente estudio representa el 36.92% de las especies conocidas. La riqueza de especies es bajo si consideramos que en Veracruz, Tabasco y Quintana Roo, han sido identificados 139, 104 y 86 especies de mosquitos, respectivamente (Ortega-Morales *et al.*, 2019; Chan-Chable *et al.*, 2020).

Número de especie	Especies de mosquito	Abundancia de inmaduros	
		Secas	Lluvia
1	<i>Aedes albopictus</i>	477	1653
2	<i>Culex declarator</i>	967	505
3	<i>Culex lactator</i>	633	744
4	<i>Culex salinarius</i>	846	341
5	<i>Toxorhynchites Moctezuma</i>	195	426
6	<i>Culex nigriplapus</i>	168	104
7	<i>Aedes cozumelensis</i>	6	129
8	<i>Culex coronator</i>	58	75
9	<i>Aedes infirmatus</i>	0	63
10	<i>Culex interrogator</i>	31	13
11	<i>Culex restuans</i>	8	35
12	<i>Aedes podographicus</i>	0	40
13	<i>Limatus durhamii</i>	2	15
14	<i>Aedes sollicitans</i>	6	0
15	<i>Culex stigmatosoma</i>	2	0
16	<i>Culex thriambus</i>	2	0
	Total	3,041	4,143

Tabla 1. Riqueza y abundancia de mosquitos inmaduros colectados en el área de estudio.

En etapa inmadura se recolectaron 14 especies en temporada de secas, mientras que en lluvias fueron 13 especies. Sin embargo, cuando se incluyeron las especies identificadas

en etapa adulta y por colecta de huevos, la riqueza fue de 21 especies de mosquitos en temporada de lluvias. Estos datos fueron incluidos en la construcción del análisis de rarefacción de especies (Figura 8). El análisis señaló con un nivel de confianza del 95% que la diferencia de la riqueza de especies en temporada de secas y lluvia fue estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$). La cobertura de muestreo fue del 100%, lo cual, indica que potencialmente colectamos a todas las especies presentes en el área de estudio.

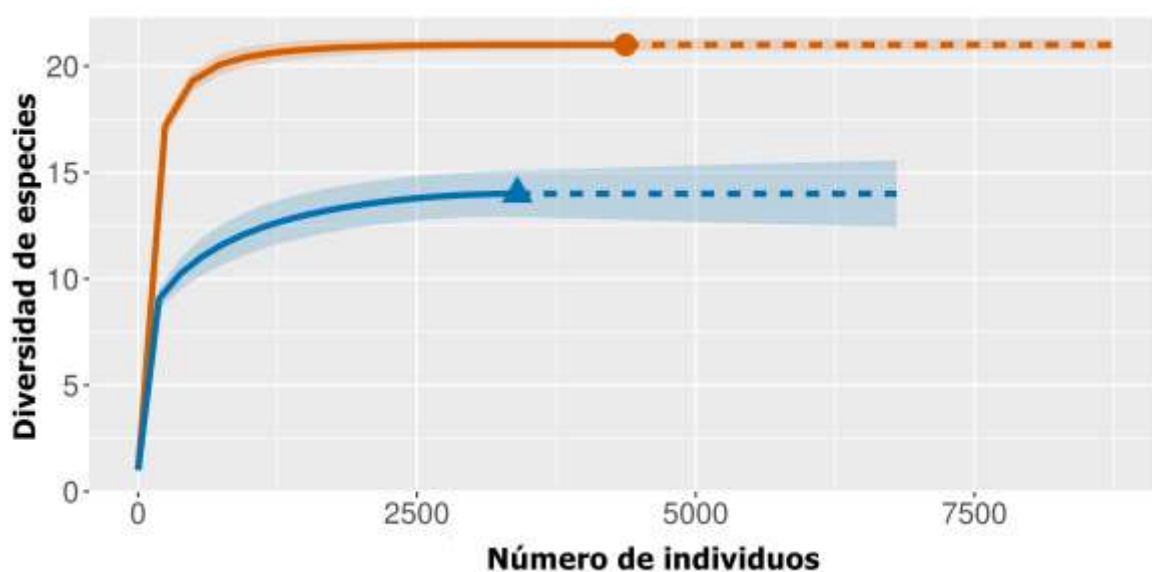


Figura 8. Curva de rarefacción-extrapolación basada en número de mosquitos. Línea continua indica interpolación y línea punteada indica extrapolación. La sombra muestra el intervalo de confianza del 95% para cada temporada. La diferencia fue estadísticamente significativa porque áreas sombreadas bajo la curva (intervalos de confianza) no se superponen. Cobertura de muestreo fue 100% en ambas temporadas.

De acuerdo con el índice de Shannon-Wiener, la diversidad biológica fue mayor en temporada de lluvias (2.03) comparado con secas (1.77). Sin embargo, de acuerdo con los índices de Simpson y Pielou, hubo dominancia y baja equitatividad de especies,

respectivamente. Esto se debió a que, *Ae. albopictus*, *Cx. declarator*, *Cx. lactator*, *Cx. salinarius*, *Cx. nigripalpus*, y *Tx. moctezuma* fueron especies dominantes y abundantes en ambas temporadas de muestreo (Tabla 2).

Tabla 2. *Índices de diversidad biológica de los mosquitos*

Índice	Secas	Lluvia	Interpretación
Simpson (D)	0.8	0.8	Baja diversidad (dominancia)
Shannon (H)	1.77	2.03	Mayor diversidad en lluvias
Pielou (J)	0.67	0.67	Equitatividad baja

Abundancia de los mosquitos por temporada

En total se recolectaron 7,412 especímenes de mosquitos en etapas inmaduras. *Aedes albopictus* fue la especie más abundante (n= 2,130 individuos); constituyó el 33.88% de la población total obtenida. En América, *Ae. albopictus* es considerado un vector secundario del virus dengue y Zika (Juliano, 2009; Fader, 2016). En México, ambos virus han sido identificados en poblaciones silvestres de *Ae. albopictus* (Sanchez-Rodríguez *et al.*, 2014; Huerta *et al.*, 2017). Aunque es vector potencial de 16 arbovirus que circulan en América (García-Rejón *et al.*, 2021). Además, el mosquito Asiático puede desplazar a especies nativas cuando cohabitar en los criaderos (Juliano, 2009; Fader, 2016). En el presente estudio se encontró cohabitando con *Ae. cozumelensis*, un mosquito nativo de la península de Yucatán (García-Rejón *et al.*, 2012). *Aedes albopictus* presenta una amplia distribución en América. La distribución actual abarca 21 de 44 países de América; aunque el periodo de colonización del vector es distinto en cada país. El primer registro de esta especie fue en EE. UU. en 1983. Tres años más tarde, en Brasil (1986) se capturaron tres mosquitos con

características similares al mosquito asiático. Estas fueron identificadas y confirmadas como *Ae. albopictus* (García-Rejón *et al.*, 2021). En México fue reportado por primera vez en 1988 en el Noreste de Tamaulipas, en larvas colectadas en llantas (Ortega-Morales *et al.*, 2018). En junio de 2017, se registró por primera vez en Yucatán, en el municipio de Tizimín. Estas fueron colectadas en Ovitrapas (Ortega-Morales *et al.*, 2018). Dos años después se registró en barrios y fraccionamientos de la ciudad de Mérida, Yucatán (Gonzales- Olvera *et al.*, 2021). La elevada plasticidad ecológica, fisiológica y genética de esta especie, le ha permitido una adaptación exitosa a ambientes urbanos, rurales, semiurbanos, así como a escenarios silvestres. Cabe resaltar, que la población de *Ae. albopictus* que estudiamos es silvestre y podría tener implicaciones epidemiológicas si se dispersan a los asentamientos humanos. Por otra parte, *Cx. stigmatosoma* y *Cx. thriambus* fueron raros en la colecta; dos individuos de cada especie fueron identificados. Cabe destacar que, estas dos especies del género *Culex* fueron colectadas en la temporada de secas en un criadero con abundante materia orgánica (MO) y bajo el árbol de *Bursera simaruba*.

Por otro lado, se observó la presencia de la especie *Tx. moctezuma*, el cual, es depredador de otros mosquitos y artrópodos acuáticos. En total, se colectaron 621 especímenes en etapa larval y pupa. Por su comportamiento depredador y canibalismo, las hembras del género *Toxorhynchites* ponen pocos huevos por criadero; tienden a diversificarlos entre los recipientes. Por ello, es poco frecuente hallar más de siete larvas por criadero. Este comportamiento fue consistente en el trabajo. Documentamos a *Tx. moctezuma* en 417 criaderos diferentes. Aunque está documentado que actúan como

reguladores de las poblaciones de mosquitos, falta investigar el número de larvas que pueden comer por hora o día, con el fin de usarlos como controladores biológicos.

En el género *Toxorhynchites*, se agrupan cuatro subgéneros (*Toxorhynchites*, *Afrorhynchus*, *Ankylorhynchus* y *Lynchiella*) y 90 especies (Vargas 1956, Darsie 1996, Macias-Duarte *et al.*, 2009, Ortega Morales *et al.*, 2010, Ortega-Morales *et al.*, 2015). *Ankylorhynchus* y *Lynchiella* tienen distribución restringida en América (Donald *et al.*, 2020). En México, se reconocen cuatro especies de *Toxorhynchites*: *Toxorhynchites grandiosus* (Williston), *Toxorhynchites haemorrhoidalis superbus* (Dyar y Knab), *Toxorhynchites moctezuma* (Dyar y Knab) y *Toxorhynchites theobaldi* (Dyar y Knab) (Vargas 1956, Darsie 1996, Macias-Duarte *et al.*, 2009, Ortega Morales *et al.*, 2010, Ortega-Morales *et al.*, 2015). Entre algunas especies de *Toxorhynchites* existen similitudes morfológicas que los hacen muy parecidos unos a otros. Esto ha ocasionado que se describan con nombres diferentes y se informe erróneamente con su distribución. Tal es el caso de la especie *Toxorhynchites rutilus* (Coquillett) que aparentemente se recolectó en Nuevo León y en el estado de Yucatán (Eads y Campos, 1963, Ortega-Morales *et al.*, 2010, Baak-Baak *et al.*, 2014). Sin embargo, *Tx. rutilus* es de climas fríos de EE. UU. y Canadá, en México no se reconoce su presencia.

Algunos estudios usan el nombre de *Tx. theobaldi* como sinónimo de *Tx. moctezuma* (Alvarado-Castro y Reyes-Villanueva, 1995). Actualmente, se conoce que ambos mosquitos son especies diferentes (Zavortink y Chaverri, 2009). Trabajos previos han evaluado su biología y destacaron las ventajas que tendría como un agente de control biológico (Collins y Blackwell, 2000, Focks 2007, Donald *et al.*, 2020). Las hembras de *Toxorhynchites* son exclusivamente nectaríferas (Collins y Blackwell, 2000), por lo tanto,

no participan en la adquisición y transmisión de patógenos entre vertebrados. Con esta característica muy particular de este género, se garantiza que la liberación de hembras grávidas para control biológico no sean un griesgo para la salud humana (Focks, 2007).

Mosquitos del género *Culex* fueron los más abundantes en la colecta, el cual, representó el 61.14% (4,532/7,412) de la población. Además, fue el género con mayor riqueza de especies colectadas con un total de diez. Las especies con mayor abundancia fue *Cx. declarator* (n=1,472 individuos), seguido de *Cx. lactator* (n=1,377 individuos) y *Cx. salinarius* (n=1,188 individuos). *Aedes* fue el segundo género más abundante, representando el 32.02% (2,374/7,412) total de la población. En este género se colectaron cinco especies; resaltando la presencia de *Ae. albopictus* (n=2,130), el cual, tiene el mayor número de larvas colectadas de todas las especies de los cuatro géneros descritos con anterioridad. En cuanto a los otros dos géneros, *Toxorhynchites* representó el 8.37% (621/7,412) y *Limatus* el 0.22% (17/7,412) de la colecta.

En total se recolectaron 803 pupas de las 16 especies identificadas. El mayor número de pupas fue de *Ae. albopictus* con 361, es decir, un 45% (361/803) de las colectadas. Pupas de *Tx. theobaldi* también fue abundante con 146, representando un 18.18% (146/803). Pupas de *Cx. lactator*, fue el tercero más abundante con 125, representando el 15% del total colectado (125/803). En la etapa de pupa hay menor mortalidad en los mosquitos, por ello, es un indicador de los especímenes que llegarán exitosamente a la etapa adulta, y es un parámetro entomológico importante de los vectores. Existe una correlación positiva entre el número de pupas y la población de los mosquitos adultos (Barrera *et al.*, 2011).

La abundancia de las especies fue diferente entre temporadas, el 58.98% (4,371/7,412) de los mosquitos fue colectado durante la temporada de lluvias. La temporalidad podría significar la afinidad de varias especies a las temporadas de lluvias, donde los factores bióticos y abióticos son los más adecuados para asegurar la supervivencia de las especies (Figuras 9). *Aedes albopictus*, *Tx. moctezuma* y *Cx. lactator* son especies que fueron colectados frecuentemente a lo largo del año. Sin embargo, *Ae. sollicitans*, *Cx. thriambus*, y *Cx. stigmatosoma* solo se encontraron en temporada de secas. Mientras que, las siguientes diez especies solo se encontraron en lluvias: *Ae. epactius*, *Ae. infirmatus*, *Ae. podographicus*, *Ae. scapularis*, *Ae. trivittatus*, *Ae. taeniorhynchus*, *Ps. albipes*, *Ps. cyanescens*, *Ps. ferox*, y *Hg. equinus*.

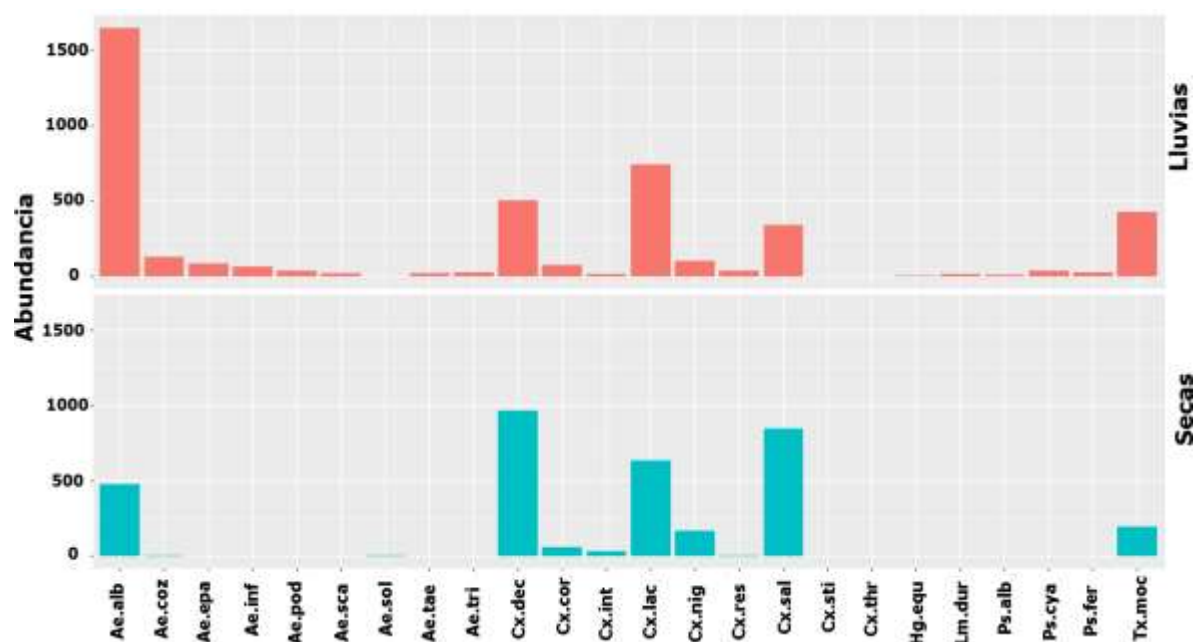


Figura 9. Abundancia de mosquitos colectados por temporada. Abreviatura de mosquitos en la figura: *Ae. albopictus* (*Ae.alb*), *Ae. cozumelensis* (*Ae.coz*), *Ae. epactius* (*Ae.epa*), *Ae. infirmatus* (*Ae.inf*), *Ae. podographicus* (*Ae.pod*), *Ae. sollicitans* (*Ae.sol*), *Ae. taeniorhynchus* (*Ae.tae*), *Ae. trivittatus* (*Ae.tri*), *Cx. declarator* (*Cx.dec*), *Cx. coronator* (*Cx.cor*), *Cx. interrogator* (*Cx.int*), *Cx. lactator* (*Cx.lac*), *Cx. nigripalpus* (*Cx.nig*), *Cx. restuans* (*Cx.res*), *Cx. salinarius* (*Cx.sal*), *Cx. stigmatosoma* (*Cx.sti*), *Cx. thriambus* (*Cx.thr*), *Hg. equinus* (*Hg.equ*), *Lm. durhamii* (*Lm.dur*), *Ps. albipes* (*Ps.alb*), *Ps. cyanescens* (*Ps.cya*), *Ps. ferox* (*Ps.fer*) y *Tx. moctezuma* (*Tx.moc*).

El monitoreo e identificación de especies de anfibios no fue objeto de estudio. Sin embargo, se observó su presencia al inicio de la temporada de lluvias. No se pudo llegar a especie de anfibio. Sin embargo, *Bufo valliceps* y *Rana berlandieri* son los anfibios más comunes que se encuentran en el estado, alimentándose de larvas de mosquitos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El número de criaderos positivos en lluvias (n=582) fue dos veces mayor comparado con secas (n=268).

Fue más probable encontrar a los mosquitos en criaderos con materia orgánica con nivel medio, agua de color claro y recipientes grandes (10 L).

En temporada de secas, el agua fue un recurso limitante. Esto probablemente influyó en mayor coocurrencia de especies en los criaderos.

Se identificaron 24 especies de mosquitos; con mayor número de especies en temporada de lluvias. La riqueza de especies representó el 36.92% de los mosquitos registrados en el estado de Yucatán.

En ambas temporadas de monitoreo, fueron dominantes seis especies (*Ae. albopictus*, *Cx. declarator*, *Cx. lactator*, *Cx. salinarius*, *Cx. nigripalpus*, y *Tx. moctezuma*). Esto influyó en baja equitatividad de especies durante el estudio.

Toxorhynchites moctezuma, se encontró cohabitando con otros mosquitos. La larva del mosquito es depredadora de otros artrópodos acuáticos, incluido los mosquitos. En estudios futuros debe evaluarse su potencial como control biológico.

En el presente estudio se documentó una población silvestre de *Ae. albopictus*, vector potencial de arbovirus en México. La evidencia sugiere el establecimiento de *Ae. albopictus* en el área de estudio. Se recomienda estudios sobre su distribución espacial y temporal en el estado de Yucatán.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arana-Guardia, R., Baak-Baak, C.M., Loroño-Pino, M.A., Machain-Williams, C., Beaty, B.J., Eisen, L. y García-Rejón, J.E. Stormwater drains and catch basins as sources for production of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Acta Trop.* 2014; 134:33–42.
- Baak-Baak, C.M., Cigarroa-Toledo, N., Pech-May, A. *et al.*, (2019) "Entomological and virological surveillance for dengue virus in churches in Merida, Mexico", *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 61p. doi:10.1590/s1678-9946201961009
- Baak-Baak, C.M., Arana-Guardia, R., Cigarroa-Toledo, N., Puc-Tinal, M., Coba-Tun, C., Rivero-Orsino, V., Lavalle-Kantun, D., Loroño-Pino, M.A., Machain-Williams, C., Reyes-Solis, G.C., Beaty, B.J., Eisen, L. y García-Rejón, J.E. (2014). Urban mosquito fauna in Merida City, Mexico: immatures collected from containers and storm-water drains/catch basins. *Southwestern Entomologist* 39: 291–306
- Baak-Baak, C.M., Cigarroa-Toledo, N., Arana-Guardia, R., Chi-Chim, W.A., Chan-Orilla, J.A., Machain-Williams, C. y García-Rejón, J.E. 2016. Mosquito fauna associated with *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Yucatán State of southeastern México, and checklist with new records. *Florida Entomologist*. 2016;99:703-9.
- Baak-Baak, C.M., Cigarroa-Toledo, N., Pech-May, A., Cruz-Escalona, G.A., Cetina-Trejo, R.C., Tzuc-Dzul, J.C., Talavera-Aguilar, L.G., Flores-Ruiz, S., Machain-Williams, C., Torres-Chable, O.M., Blitvich, B.J., Mendez-Galvan, J. y Garcia-Rejon, J.E. 2019. Entomological and virological surveillance for dengue virus in churches in Merida, Mexico. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 14;61:e9. doi: 10.1590/S1678-9946201961009.

- Badii, M., Garza, V., y Landeros, H. 2006. Diversidad y relevancia de los mosquitos. Revista Cultura Científica y Tecnológica, Bionomía. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez 13: 4-16.
- Barrera. R., Amador, M. y MacKay, A.J. 2011. Population Dynamics of *Aedes aegypti* and Dengue as Influenced by Weather and Human Behavior in San Juan, Puerto Rico. PLoS Negl Trop Dis 5(12): e1378. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001378>.
- Beeuwkes, J., Den Hartog, W., Dik, M., and Scholte, E. (2011). Surveillance and findings of exotic mosquitoes in used tires in the Netherlands; a methodological approach. Proceedings of the Netherlands Entomological Society Meeting 22: 31-37.
- Berlin, O.G.W. (1969) Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XII. A revision of the neotropical subgenus *Howardina* of *Aedes*. Estudios sobre zancudos (Diptera, Culicidae) XII. RevisionRevisión del generogénero neotropical *Howardina* de *Aede*. Contrib AEI 4:1–190.
- Bueno, M. R. and Jiménez, P. R. 2011. Classification of Spanish Mosquitoes in Functional Groups. Journal of American Mosquitoes Control Association 27: 1- 7
- Carpenter, S.J. y LaCasse, W.J. 1955. Mosquitoes of North America (North of Mexico). University of California Press, Berkeley, California.
- Chan-Chable, R.J., Martínez-Arce, A., Ortega-Morales, A.I. y Mis-Ávila, P.C. 2020. New Records and Updated Checklist of Mosquito Species in Quintana Roo, Mexico, Using DNA-Barcoding. J Am Mosq Control Assoc. 36(4):264-268. doi: 10.2987/20-6941.1.
- Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. Ecology, 93, 2533–2547.
- Chordà-Olmos, 2014. Biología de Mosquitos (Díptera: Culicidae) en enclaves representativos de la Comunidad Valenciana (Doctoral dissertation, Universitat de València).

- Clark-Gil, S. y Darsie, Jr. R.F. 1983. The mosquitoes of Guatemala. Their identification, distribution and bionomics, with keys to adult females and larvae. *Mosquito Systematics* 15: 151–284.
- Darsie, Jr. R.F. y Ward, R.A. 2005. Identification and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America, North of Mexico. University of Florida Press, Gainesville, Florida.
- Darsie, R. F. J. (1996). A survey and bibliography of the mosquito fauna of Mexico (Diptera: Culicidae). *J. Am. Mosq. Control Assoc.*
- Donald, C. L., P. Siriyasatien, and A. Kohl.(2020). *Toxorhynchites* species: A review of current knowledge. *Insects*.
- Eads, R.B. y Campos, E.G. (1963). Mosquitoes collected in the Mexican states of Tamaulipas and San Luis Potosi. *Mosq. News*. 1963; 23:45–48.
- Elizondo-Quiroga, D., Davis, C.T., Fernández-Salas, I., Escobar-Lopez, R., Velasco-Olmos, D., Soto-Gastalum, L.C, Aviles-Acosta, M., Elizondo-Quiroga, A., Gonzalez-Rojas, J.I., Contreras-Cordero, J.F., Guzman, H., Travassos da Rosa, A., Blitvich, B.J., Barrett, A.D., Beaty, B.J. y Tesh, R.B. 2005. West Nile virus isolation in human and mosquitoes, México. *Emerging Infectious Diseases* 11: 1449–1452.
- Fader, J.E. (2016). The importance of interspecific interactions on the present range of the invasive mosquito *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) and persistence of resident container species in the United States. *J Med Entomol* 53:992–1001.
- Farfán-Ale, J.A., Loroño-Pino, M.A., García-Rejón, J.E., Hovav, E., Powers, A.M., Lin, M., Dorman, K.S., Platt, K.B., Bartholomay, L.C., Soto, V., Beaty, B.J., Lanciotti, R.S. y

- Blitvich, B.J. 2009. Detection of RNA from a novel West Nile-like virus and high prevalence of an insect-specific flavivirus in mosquitoes in the Yucatán Península of México. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 80: 85–95.
- Farfán-Ale, J.A., Loroño-Pino, M.A., García-Rejón, J.E., Soto, V., Lin, M., Staley, M., Dorman, K.S., Bartholomay, L.C., Hovav, E. y Blitvich, B.J. 2010. Detection of flaviviruses and orthobunyaviruses in mosquitoes in the Yucatán Península of México in 2008. *Vector Borne and Zoonotic Diseases* 10: 777–783.
- García-Rejón, J.E, López-Uribe, M.P., Loroño-Pino, M.A., Arana-Guardia, R., Puc-Tinal, M., López-Uribe, G.M., Coba-Tún, C., Baak-Baak, C.M., Machain-Williams, C., Reyes-Solis, G.C., Lozano-Fuentes, S., Saavedra-Rodriguez, K., Black, W.C. 4th, Beaty, B.J. y Eisen, L. 2012. *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Howardina) cozumelensis* in Yucatán State, México, with a summary of published collection records for *Ae. cozumelensis*. *J Vector Ecol.* 37(2):365-72. doi: 10.1111/j.1948-7134.2012.00240.x.
- Garcia-Rejon, J.E., Loroño-Pino, M.A., Farfán-Ale, J.A., Flores-FloresL, Del Pilar Rosado-Paredes, E. y Rivero-Cardenas, N. 2008. Dengue virus-infected *Aedes aegypti* in the home environment. *Am J Trop Med Hyg.* 79:940-950.
- Garcia-Rejon, JE, Ulloa-Garcia A, Cigarroa-Toledo N, Pech-May A, Machain-Williams C, Cetina-Trejo R.C. y Baak-Baak, C.M. 2018. Study of *Aedes aegypti* population with emphasis on the gonotrophic cycle length and identification of arboviruses: implications for vector management in cemeteries. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo.* 60:e44.
- Garcia-Rejon, J. E., Navarro, J.C., Cigarroa-Toledo, N. and. Baak-Baak, C.M. (2021). An Updated Review of the Invasive *Aedes albopictus* in the Americas; Geographical Distribution, Host Feeding Patterns, Arbovirus Infection, and the Potential for Vertical Transmission of Dengue Virus.

- Harbach, R.E. 2013. Mosquito Taxonomic Inventory, <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/simpletaxonomy/term/6045> (last accessed 18 October 2021).
- Helinski, M.E. y Harrington, L.C. 2011. Male mating history and body size influence female fecundity and longevity of the dengue vector *Aedes aegypti*. Journal of medical entomology, 48(2), 202–211. <https://doi.org/10.1603/me10071>.
- Huerta, H., González-Roldán, J.F., Sánchez-Tejeda, G. *et al* (2017). Detection of Zika virus in *Aedes* mosquitoes from Mexico. Trans R Soc Trop Med Hyg 111:328–331.
- Ibáñez-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 (Díptera: Culicidae). Folia Entomológica Mexicana 92: 43–73.
- Juliano, S.A. (2009) Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. Annu Rev Entomol 54:37–56.
- Knight, K.L. y Stone, A. A. 1977. Catalog of the Mosquitoes of the World (Díptera: Culicidae). 2a ed. College Park, Maryland: Sociedad entomológica de América. 1977; 6: 6-11.
- Lounibos, P., y R.E. Campos (2002). Investigaciones recientes sobre *Toxorhynchites rutilus* (Diptera: Culicidae) con referencia al control biológico de mosquitos habitantes en recipientes. Vol. 17(2): 145-156.
- Macias-Duarte, A., J. A. Alvarado-Castro, M. E. Dórame-Navarro, and A. A. Félix-Torres. (2009). Dispersal and oviposition of laboratory-reared gravid females of *Toxorhynchites moctezuma* in an arid urban area of Sonora, Mexico. J. Am. Mosq. Control Assoc. 25: 417–424.

- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp.
- Murgia-Franco, A. J. (2018). Efecto de factores sociales y ambientales relevantes sobre el uso de mosquiteros en Mérida, Yucatán. Centro de investigación y de estudios avanzados del instituto politécnico nacional.
- Ortega-Morales, A. I., P. Mis-Avila, A. Elizondo-Quiroga, R. E. Harbach, Q. K. Siller-Rodríguez, and I. Fernández-Salas. (2010). Los mosquitos del estado de Quintana Roo, México (Diptera: Culicidae). *Acta zoológica Mex.* 26: 33–46.
- Ortega-Morales, A.I, Méndez-López, R., Garza-Hernández, J.A., González-Álvarez, V.H., Ruiz-Arrondo, I., Huerta-Jiménez, H., Rodríguez-Martínez, L.M. y Rodríguez-Pérez, M.A. 2019. The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tabasco, Mexico. *J Vector Ecol.* 44 (1):57-67. doi: 10.1111/jvec.12329.
- Ortega-Morales, A. I., Guillermo Bond., Ramon Méndez-López, J.A. Garza-Hernández, L. M. Hernández-Triana, And Mauricio Casas-Martínez, (2018). First record of invasive mosquito *aedes albopictus* in tabasco and Yucatán, México. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 34(2):120–123, 2018 The American Mosquito Control Association, Inc.45.
- Ortega-Morales, A. I., T. J. Zavortink, H. Huerta-Jiménez, F. J. Sánchez-Rámos, M. T. Valdés-Perezgasga, F. Reyes-Villanueva, Q. K. Siller-Rodríguez, and I. Fernandez-Salas. (2015). Mosquito Records from Mexico: The Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tamaulipas State. *J. Med. Entomol.* 52: 171–184.

- Ortega-Morales, A. I., T.J. Zavortink., J.A. Garza-Hernández., Q.K. Siller-Rodríguez, I. Fernández-Salas. (2019). The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Nuevo León, México, descriptions of two new species.
- Pineda, E., Moreno, C.E. 2015. Evaluación de la diversidad de especies en ensamblajes de vertebrados: un primer acercamiento midiendo y comparando la riqueza de especies. Manual de técnicas del estudio de la fauna, 115-133.
- Ripa, S., Renato y Larral D., Pilar (eds.) (2008). Manejo de plagas en paltos y cítricos [en línea]. Quillota: Version-Producciones Graficas Ltda.. Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 23. 7:220b.
- Rossi, G. C, Almirón W. R. 2004. Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina
- R. Bueno., R. Acosta y J. Serna. (2014). Primeras capturas de *Aedes albopictus* (Skuse,1894) (Diptera: Culicidae) en el área metropolitana de Valencia. Departamento de Investigación y Desarrollo (I+D), Laboratorios Lokímica. Polígono Industrial Pla de la Vallonga. c/ Meteorito, 59. 03006, Alicante. e-mails: rbueno@lokimica.es / ruben.bueno@uv.es
- Rueda, L.M. (2004) Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with dengue virus transmission. Zootaxa 589:1–60.
- Sánchez-Romero, 2018. Fauna de Culícidos (Díptera) presente en los distintos enclaves hídricos de Sevilla (España).
- Sanchez-Rodríguez, O.S, Sanchez-Casas, R.M., Laguna-Aguilar, M. (2014). Natural transmission of dengue virus by *Aedes albopictus* at Monterrey, Northeastern Mexico. Southwest Entomol 39:459–468

- Scherer, W.F., Dickerman, R.W., Diaz-Najera, A., Ward, B.A., Miller, M.H., Schaffer, P.A. 1971. Ecologic studies of Venezuelan encephalitis virus in southeastern México. 3. Infection of mosquitoes. The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 20: 969–979.
- Service, M. (1993). Mosquito Ecology. Field Sampling Methods. London, United Kingdom: Elsevier Science Publishers Ltd Sudia WD, Fernández L, Newhouse VF, Sanz R, Calisher CH. 1975. Arbovirus vector ecology studies in México during the 1972 Venezuelan equine encephalitis outbreak. American Journal of Epidemiology 101: 51–58.
- Smith, L.R. (2001). Ecología. Madrid, Pearson Educación, 62 – 64.
- Steinwascher, K. (2018) Competition among *Aedes aegypti* larvae. PLoS ONE 13(11): e0202455. doi.org/10.1371/journal.pone.0202455.
- Tzuc-Dzul, J.C., Azcorra-Couoh, J.E., Chi-Chim, W.A., Cigarroa-Toledo, N., Loria-Cervera, E.N., Garcia-Rejon, J.E., Baak-Baak, C.M. 2023. New state record for *Culex rejector* and *Cx. restrictor* in Yucatan, Mexico. J Am Mosq Control Assoc. 39: 1-4. doi: 10.2987/22-7098.
- Ulloa, A., Ferguson, H.H., Méndez-Sanchez, J.D., Danis-Lozano, R., Casas-Martínez, M., Bond, J.G., Garcia-Zebadua, J.C., Orozco-Bonilla, A., Juarez-Ordaz, J.A., Farfán-Ale, J.A., García-Rejón, J.E., Rosado-Paredes, E.P., Edwards, E., Komar, N., Hassan, H.K., Unnasch, T.R., Rodriguez-Perez, M.A. 2009. West Nile virus activity in mosquitoes and domestic animals in Chiapas, México. Vector Borne and Zoonotic Diseases 9: 555–560.
- Vargas, L. (1956). Especies y distribución de mosquitos mexicanos no anofelinos (Insecta

Diptera). Rev. Inst. Salubr. Enferm. Trop. 16: 19–36.

Vinogradova, E.B. 2000 *Culex pipiens pipiens* mosquitoes: taxonomy, distribution, ecology, physiology, genetics, applied importance and control, Sofia Vora N (2008) Impact of anthropogenic environmental alterations on vector-borne diseases. Medscape Journal Medical 10: 238.

Walter Reed Biosystematics Unit (WRBU) (2022).

Zapata-Peniche, A., Manrique-Saide, P., Rebollar-Téllez, E., Ché-Mendoza, A., Dzul-Manzanilla, F. 2007. Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Merida, Yucatan, Mexico y sus principales criaderos. Revista Biomédica. 18:3–17.

ANEXOS



Anexo 1. Colecta y revisión de trampas



Anexo 2. Estado larval de Ae. albopictus



Anexo 3. Estado larval de *Ae. cozumelensis*



Anexo 4. Estado larval de la especie *Tx. theobaldi*.



Anexo 5. Larva de *Ae. sollicitans*