

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

T E S I S

**Influencia de parámetros ambientales y
fisicoquímicos del agua de los hábitats
larvales en la diversidad de larvas de
mosquitos (Díptera: Culicidae) en el
Centro Ecológico El Zapotal, Chiapas.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN
DE ECOSISTEMAS TROPICALES**

PRESENTA
MAGDALENA HERNÁNDEZ ÁLVAREZ

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

Octubre 2025





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS

**Influencia de parámetros ambientales y
fisicoquímicos del agua de los hábitats
larvales en la diversidad de larvas de
mosquitos (Díptera: Culicidae) en el Centro
Ecológico El Zapotal, Chiapas.**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN
BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN DE
ECOSISTEMAS TROPICALES**
PRESENTA
MAGDALENA HERNÁNDEZ ÁLVAREZ

Directora

DRA. ARIANE LILLIANE DOR

Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas- ECOSUR

Co-Director

DR. JOSÉ ANTONIO DE FUENTES VICENTE

Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular- UNICACH

Asesor

MTRO. VICENTE VIVERO SANTOS

Doctorado en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales Tropicales -UADY



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

SECRETARÍA ACADÉMICA

Dirección de Investigación y Posgrado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 30 de octubre de 2025

Oficio No. SA/DIP/1315/2025

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

C. Magdalena Hernández Álvarez

CVU: 1267914

Candidata al Grado de Maestra en Ciencias en Biodiversidad y
Conservación de Ecosistemas Tropicales

Instituto de Ciencias Biológicas

UNICACH

Presente

Con fundamento en la **opinión favorable** emitida por escrito por la Comisión Revisora que analizó el trabajo terminal presentado por usted, denominado **Influencia de parámetros ambientales y fisicoquímicos del agua de los hábitats larvales en la diversidad de larvas de mosquitos (Díptera: Culicidae) en el Centro Ecológico El Zapotal, Chiapas** y como Directora de tesis la Dra. Ariane Lilianne Jean Dor Roques (CVU: 263088) quien avala el cumplimiento de los criterios metodológicos y de contenido; esta Dirección a mi cargo **autoriza** la impresión del documento en cita, para la defensa oral del mismo, en el examen que habrá de sustentar para obtener el **Grado de Maestra en Ciencias en Biodiversidad y Conservación de Ecosistemas Tropicales**.

Es imprescindible observar las características normativas que debe guardar el documento, así como entregar en esta Dirección una copia de la Constancia de Entrega de Documento Receptacional que expide el Centro Universitario de Información y Documentación (CUID) de esta Casa de estudios, en sustitución al ejemplar empastado.

ATENTAMENTE
“POR LA CULTURA DE MI RAZA”

Dra. Dulce Karol Ramírez López
DIRECTORA



DIRECCIÓN DE
INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

C.c.p. Dra. Alma Gabriela Verdugo Valdez, Directora del Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH. Para su conocimiento.
Dr. José Antonio De Fuentes Vicente, Coordinador del Posgrado, Instituto de Ciencias Biológicas, UNICACH. Para su conocimiento.
Archivo/minutario.
EPL/DKRL/igp/gtr

2025, Año de la mujer indígena

Año de Rosario Castellanos



📍 Ciudad Universitaria, Libramiento Norte
Poniente 1150, Col. Lajas Maciel.
C.P. 29039 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
📞 Tel: (961) 6170440 Ext.4360
✉️ investigacionyposgrado@unicach.mx

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a la ahora SECIHTI por el apoyo económico para realizar este proyecto y seguir apoyando a la ciencia del país.

De igual manera mis agradecimientos al MVZ. Joe Miceli Hernández coordinador del Zoológico Miguel Álvarez Del Toro, por abrirme las puertas del zoológico para realizar el estudio.

Agradezco al Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular (LIDiaM) por el material y el espacio brindado, en especial al Dr. José Antonio de Fuentes Vicente por el apoyo brindado a lo largo de este proyecto y de todos estos años,

A la vez agradezco enormemente el apoyo en la dirección de este trabajo a la Dra. Ariane Dor, gracias por su guía en este camino, sin duda no hubiera podido seguir sin su apoyo. Al Mtro. Vicente Viveros le agradezco por siempre estar apoyando en cualquier duda, por siempre animarme y corregirme cuando se debía. ¡Que la pasión por los mosquitos siga!

Al Laboratorio de Artropodología y Salud de la BUAP; al Dr. Cesar Sandoval por abrirme las puertas de su laboratorio, por darme un espacio y la confianza, y sobre todo por enseñarme muchas cosas. A todos los del laboratorio gracias por las risas y los ánimos.

Agradezco a mis papás por seguir apoyándome y creyendo en mí.

A mis amigos y compañeros que me ayudaron en campo, gracias infinitas por ayudarme en este trabajo, por su entusiasmo en cada salida.

ÍNDICE

RESUMEN.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
 2. 1 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTOR	4
 2.1.1 Arbovirus.....	5
 2.1.2 Protozoarios.....	6
 2.1.3 Nemátodos	7
 2.1.4 Panorama de las ETV en Chiapas.....	8
 2. 2 ORDEN DÍPTERA.....	9
 2.3 FAMILIA CULICIDAE	9
 2.4 CICLO DE VIDA.....	9
 2.4.1 Huevo.....	10
 2.4.2 Larva	11
 2.4.3 Pupa o crisálida	13
 2.4.4 Adulto	14
 2.5. FACTORES AMBIENTALES Y FISICOQUÍMICOS	16
III. ANTECEDENTES.....	18
IV. OBJETIVOS.....	21
V. ZONA DE ESTUDIO	22
VI. MATERIALES Y MÉTODO	25
 6.1 TOMA DE DATOS AMBIENTALES DEL ENTORNO	25
 6.1.1 Cobertura vegeta	25
 6.1.2 Temperatura y humedad relativa	26
 6.2 CARACTERIZACIÓN DE CRIADEROS Y TOMA DE DATOS FISICOQUÍMICOS	26
 6.3 RECOLECTA DE FASES INMADURAS DE MOSQUITOS	27
 6.3.1 Crianza y preservación.....	27

6.4 DETERMINACIÓN TAXONÓMICA.....	28
6.5 ANÁLISIS DE DATOS	29
6.5.1 Parámetros ambientales.....	29
6.5.2 Caracterización de criaderos	29
6.5.3 Parámetros fisicoquímicos	29
6.5.4 Eficiencia de muestreo de mosquitos	30
6.5.5 Análisis de diversidad	30
6.5.6 Influencia de los factores ambientales en los parámetros fisicoquímicos del agua.....	31
6.5.7 Influencia de los factores ambientales y fisicoquímicos del agua en los mosquitos	31
VII. RESULTADOS.....	33
7.2 DATOS AMBIENTALES DEL ENTORNO	33
7.1.1 Cobertura de dosel	33
7.1.2 Temperatura ambiental.....	34
7.1.3 Humedad relativa del ambiente	34
7.2 CARACTERIZACIÓN DE CRIADEROS Y DATOS FÍSICOQUÍMICOS	35
7.2.1 Caracterización de criaderos	35
7.2.2 Valores fisicoquímicos del agua en los criaderos.....	38
7.3 DIVERSIDAD DE MOSQUITOS.....	39
7.3.2 Diversidad con Números de Hill	43
7.4. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES SOBRE LOS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA.....	46
7.5. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES Y FISICOQUÍMICOS DEL AGUA SOBRE LA DIVERSIDAD DE CULICIDOS.	47
VIII. DISCUSIÓN	53
8.1 DIVERSIDAD DE MOSQUITOS.....	53
8.1.1 Especies de culícidos, su entorno y su importancia médica	55

8.2 EFECTO DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES SOBRE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE LOS HÁBITATS LARVALES	60
8.3 INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA DIVERSIDAD DE CULÍCIDOS.....	63
IX. CONCLUSIÓN	68
X. BIBLIOGRAFÍA	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida del mosquito culícido (CDC, 2018).....	9
Figura 2. Diferentes formas del corion en los huevos de mosquitos. A) <i>Anopheles</i>, B) Culex, C) Aedes, D) <i>Toxorhynchites</i> (Vargas, 1976).	10
¡Error! Marcador no definido.	
Figura 4. Pupa vista lateral (Becker et al., 2010).....	13
Figura 5. Morfología general de un culícido adulto (Romero, 2018).	14
¡Error! Marcador no definido.	
Figura 7. Tipos de vegetación en el Centro Ecológico y recreativo "El Zapotal" (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2013)	24
Figura 8. Transectos realizados para la medición de cobertura del dosel.	25
Figura 9. Diferencia de porcentajes de cobertura de dosel en las tres zonas. Kruskal- Wallis (p < 0.05).	34
¡Error! Marcador no definido.	
¡Error! Marcador no definido.	
Figura 10. Diferencias en la temperatura ambiental. Kruskal-Wallis (p < 0.05).	34
¡Error! Marcador no definido.	
¡Error! Marcador no definido.	
Figura 13. Comportamiento de los parámetros físico-químicos del agua en las tres zonas. A) Conductividad eléctrica del agua. B) pH del agua. C) Solidos disueltos en el agua, D) Temperatura del agua. Prueba estadística Kruskal-Wallis.....	39
¡Error! Marcador no definido.	
Figura 15. Curva de acumulación de especies (q=0).....	43
Figura 16. Esfuerzo de muestreo basado en la riqueza (q=0).....	44
Figura 17. Diversidad de especies basadas en el exponencial de Shannon (q=1). ..	45
Figura 18. Diversidad de especies basado en el inverso de Simpson (q=2)	46
Figura 19. Análisis de Redundancia (RDA) de la influencia de los parámetros ambientales y fisicoquímicos del agua en la diversidad de mosquitos Culícidos. WT: temperatura del agua, AT: temperatura ambiental, EC: conductividad eléctrica del agua, H: humedad relativa, TDS: solidos disueltos totales en el agua, CC: cobertura de dosel. Ae. albo: Aedes albopictus, Ur.coa: Uranotaenia	

coatzacoalcos, *C. coro*: *Culex coronator*, *An. ei*: *Anopheles eiseni*, *Hg. equi*:
Haemagogus equinus, *Ae. epa*: *Aedes epactius*, *C. quin*: *Culex quinquefasciatus*,
Ae. ae: *Aedes aegypti*, *C. inte*: *Culex interrogator*, *An. argy*: *Anopheles argyritarsis*,
T. moc: *Toxorhynchites moctezuma*, *C. corn*: *Culex corniger*, *C. Mela*: *Culex*
(*Melanoconion*), *Ae. Prot*: *Aedes (Protomacleaya)*54

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de individuos de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) en CER el Zapotal, en la zona ZooMAT, reserva y urbana.	41
Cuadro 2. Modelos de regresión lineal múltiple del efecto de los parámetros ambientales (cobertura del dosel, temperatura ambiental, humedad relativa) sobre los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, conductividad eléctrica, temperatura del agua, sólidos disueltos). Codificación: * = resultado significativo.	47
Cuadro 3. Coeficientes de los parámetros ambientales y fisicoquímicos y coeficientes de las especies de mosquitos en los dos primeros ejes del RDA.	49
Cuadro 4. Modelo lineal de las especies con los parámetros ambientales y fisicoquímicos.....	50

RESUMEN

Los mosquitos culícidos son unos de los grupos de insectos más estudiados debido a la importancia médica que presentan, ya que algunas especies son importantes vectores de enfermedades como dengue, zika, paludismo, entre otras. La distribución y abundancia de las especies están influenciadas por diversos factores ambientales y fisicoquímicos del agua de sus criaderos. En este estudio se analizó la influencia de los parámetros ambientales del entorno y los factores fisicoquímicos del agua en la diversidad de culícidos presente en tres zonas con diferente cobertura de dosel (zona Reserva, zona ZooMAT y zona Urbana) del Centro ecológico recreativo “El Zapotal” en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Se realizó un muestro de hábitats larvales positivos en cada zona, registrando al mismo tiempo la temperatura ambiental, humedad relativa, temperatura del agua, conductividad eléctrica, pH y el total de material sólido disuelto en el agua de los criaderos. Para detectar posibles diferencias de los parámetros entre las zonas se realizaron pruebas de Kruskal-Kallis. La zona Urbana presentó mayor temperatura ambiental y menor humedad relativa en contraste con las otras dos zonas. En cuanto a las larvas de mosquito, se recolectaron un total de 834 individuos. La riqueza fue de 13 especies y dos morfoespecies. El análisis de diversidad mediante los números de Hill reveló a la zona ZooMAT como la zona de mayor diversidad ($q_0: 11$, $q_1: 6.07$, $q_2: 4.5$). Se aplicó un análisis de redundancia (RDA) para evaluar la relación entre los parámetros y la composición de especies. Este modelo explicó el 6.6 % ($p < 0.05$) de la variación existente en la distribución de las especies. Donde la temperatura tanto del ambiente como del agua tuvieron una influencia en la comunidad de mosquitos. Solamente se detectó que la cobertura de dosel, los sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica afectaron significativamente la especie *Aedes aegypti*. Esto es relevante ya que fue la especie dominante en la zona Urbana, y su importancia médica puede representar un riesgo epidemiológico en la zona.

Palabras claves: Culícidos, temperatura, urbanización, cobertura vegetal, análisis de redundancia

ABSTRACT

Culicid mosquitoes are among the most extensively studied insect groups due to their medical importance, as several species are major vectors of diseases such as dengue, Zika, and malaria, among others. The distribution and abundance of mosquito species are influenced by multiple environmental factors and by the physicochemical characteristics of the water in their breeding sites. This study analyzed the influence of surrounding environmental parameters and water physicochemical factors on culicid diversity across three zones with different canopy cover (Reserve zone, ZooMAT zone, and Urban zone) within the recreational ecological center “El Zapotal,” located in the city of Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico. Larval habitats positive for mosquitoes were sampled in each zone, while ambient temperature, relative humidity, water temperature, electrical conductivity, pH, and total dissolved solids were recorded for each breeding site. Differences in environmental and physicochemical parameters among zones were evaluated using Kruskal–Wallis tests. The Urban zone exhibited higher ambient temperatures and lower relative humidity compared to the other two zones. A total of 834 mosquito larvae were collected, comprising 13 species and two morphospecies. Diversity analysis based on Hill numbers identified the ZooMAT zone as the most diverse area ($q_0 = 11$, $q_1 = 6.07$, $q_2 = 4.5$). A redundancy analysis (RDA) was performed to assess the relationship between environmental and physicochemical variables and species composition. This model explained 6.6% of the variation in species distribution ($p < 0.05$), indicating that both ambient and water temperature influenced mosquito community structure. Canopy cover, total dissolved solids, and electrical conductivity were found to significantly affect only *Aedes aegypti*. This finding is particularly relevant because *A. aegypti* was the dominant species in the Urban zone, and its medical importance may represent an epidemiological risk in the area.

I. INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas son trastornos causados por organismos como bacterias, virus o parásitos y están estrechamente relacionadas con el ambiente, en especial aquellas que son transmitidas por vectores, agua y alimentos (Berberian y Rosanova, 2012). Las enfermedades trasmitidas por vector (ETV) representan el 17% de las enfermedades infecciosas en todo el mundo (Townaon *et al.*, 2005). Generalmente, el vector es un organismo hematófago que transmite un patógeno infeccioso de un huésped a otro (Townaon *et al.*, 2005). Estas enfermedades pueden ser virales (e.g. dengue, zika, encefalitis) o parasitarias (e.g. malaria, filariasis). La gravedad de estas puede llegar a ser mortal y se estima que a nivel mundial cerca de 750,000 personas mueren al año a causa de estas enfermedades (OMS, 2024).

Entre los vectores de enfermedades humanas más estudiados se encuentran los mosquitos, los cuales pertenecen al Orden Diptera y a la familia Culicidae. Durante su ciclo de vida presentan una metamorfosis completa, es decir un desarrollo holometábolo, con tres fases juveniles asociadas al medio acuático (huevo, larva y pupa) y una fase adulta asociada al medio terrestre/aéreo (Bueno, 2010). Las etapas juveniles, al necesitar de agua, pueden habitar en distintos sistemas acuáticos que van desde cuerpos de agua en el suelo, lagunas, lagos, bordes de ríos y/o hasta plantas que poseen estructuras donde se almacena agua (fitotelmata). La capacidad de explotar diferentes hábitats le provee a los mosquitos la posibilidad de adaptarse a nuevos nichos y ampliar su distribución (Navarro *et al.*, 2010).

Actualmente se reconocen alrededor de 3,724 especies de mosquitos que son clasificadas en 113 géneros a nivel mundial (Harbach, 2024). En México, se ha reportado la presencia de 20 géneros de mosquitos que integran a cerca de 247 especies (Dávalos-Becerril *et al.*, 2019). Particularmente en el estado de Chiapas se ha reportado la presencia de alrededor de 150 especies de mosquitos hasta el momento (Viveros-Santos *et al.*, 2022).

Las características medioambientales de determinadas regiones influyen en el crecimiento y desarrollo de los mosquitos, sobre todo durante la temporada de lluvias. Esto se debe a que el aumento de la precipitación provee condiciones favorables para un desarrollo óptimo (Crans, 2004). Se ha comprobado que hay factores ambientales que influyen particularmente en el desarrollo de los mosquitos a lo largo de todo su ciclo de vida. Tal es el caso de la temperatura ambiental y la humedad relativa, pues generalmente estos organismos pueden ser más abundantes en áreas con temperaturas cálidas y con mayor porcentaje de humedad relativa en el aire (Cardo, 2012). Debido a que las fases juveniles se desarrollan en el medio acuático, las condiciones físicas y químicas del agua representan parámetros importantes que actúan sobre el desarrollo, la supervivencia y la adaptación de estos organismos. Entre estos factores destacan la temperatura, la salinidad, el pH, la cantidad de oxígeno disuelto, el total de sólidos disueltos, entre otros (Hershey *et al.*, 2010).

Por ello, los estudios sobre culícidos y los factores que influyen en su desarrollo resultan cruciales, especialmente en regiones endémicas de ETV. Un ejemplo claro es el caso del estado de Chiapas en el sur del país, donde su clima tropical, los ecosistemas diversos y la diversidad biológica favorecen la presencia y proliferación de mosquitos. Además, el acelerado proceso de urbanización ha modificado la cobertura vegetal y la vegetación original de las áreas, modificando así las características de los criaderos disponibles y la densidad poblacional de los mosquitos. Como resultado a esto, la vulnerabilidad y riesgo de la población humana a infectarse por estas enfermedades en ciertas regiones aumenta de manera considerable (Ferraguti *et al.*, 2016). Esta situación se agrava en zonas urbanas cercanas a áreas naturales, donde las interacciones entre mosquitos vectores y humanos son más frecuentes. Tal es el caso del Centro Ecológico y Recreativo (CER) “El Zapotal”, que se encuentra dentro del municipio de Tuxtla Gutiérrez. Además de ser un área natural, es un centro turístico importante que alberga el Zoológico Miguel Álvarez del Toro (ZooMAT) que es visitado por aproximadamente 450 mil personas al año (SEMAHN, 2020).

Todo lo anterior subraya la necesidad de estudiar y describir los parámetros ambientales y fisicoquímicos de los potenciales hábitats larvales que pueden ser aprovechados por los mosquitos. Este conocimiento no solo aporta a la comprensión de la ecología de los culícidos, también resulta fundamental para el diseño de estrategias de control y prevención de enfermedades en una zona que además de ser una reserva se encuentra cercana a la mancha urbana.

II. MARCO TEÓRICO

2. 1 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTOR

Las enfermedades transmitidas por vectores (ETV) son todas aquellas que se transmiten por medio de un agente transmisor al que se conoce como vector, el cual generalmente es un artrópodo hematófago como mosquitos, garrapatas, chinches, pulgas y piojos. Estas ETV son ocasionadas por diversos microorganismos (agentes infecciosos) como virus, parásitos y bacterias (Parham *et al.*, 2015; Torres-Castro *et al.*, 2020). Las enfermedades llegan a ser mortales, particularmente entre los niños en países en desarrollo y pueden llegar a causar aproximadamente 1.4 millones de muertes al año, principalmente por malaria (Campbell-Lendrum *et al.*, 2005).

Como un ejemplo claro se puede mencionar el dengue, el cual es una ETV que ha incrementado la frecuencia de los casos y su distribución en las últimas décadas. Esta enfermedad representa actualmente la mayor problemática de salud pública ya que, de acuerdo con datos reportados por la OMS, existen entre 50 y 100 millones de infecciones al año. En el año 2023, todas las regiones del mundo se vieron afectadas por el dengue y se reportaron 6.5 millones de casos y más de 7,300 defunciones (OMS, 2023).

Por su importancia médica y veterinaria como vectores de patógenos que provocan enfermedades, los mosquitos de la familia Culicidae tienen particular atención en todo el mundo. Los reservorios vertebrados se infectan debido al comportamiento hematófago obligado de las hembras (consumidoras de sangre). A través de este proceso de alimentación e intercambio de fluidos, los mosquitos son potenciales vectores biológicos de distintos tipos de virus (arbovirus), protozoarios y nematodos, que afectan tanto a la salud humana como a los animales (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1995; Reyes *et al.*, 2016).

2.1.1 Arbovirus

Los virus transmitidos por artrópodos se denominan arbovirus (del inglés arthropod borne virus) y se transmiten de un hospedero o reservorio vertebrado infectado e infeccioso a un hospedero susceptible a través de artrópodos hematófagos obligados intermediarios o también llamados vectores (Barzon, 2018).

Las infecciones por arbovirosis constituyen uno de los principales problemas de salud pública en el mundo (OMS, 2024). Actualmente, se conocen alrededor de 537 virus de acuerdo con el Catálogo Internacional de Arbovirus (Center for Disease Control and Prevention CDC, 2018), de los cuales el 25% son de interés humano por producir infecciones de diferente gravedad. Estos virus se agrupan principalmente en cuatro familias de arbovirus: Flaviviridae, Togaviridae, Bunyaviridae y Reoviridae.

Entre las enfermedades que causan los virus de la familia Flaviviridae se encuentra el dengue; el cual tiene cuatro serotipos distintos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 y DENV-4. Dentro de esta familia tambien se encuentran el Zika, el virus de la fiebre amarilla, y la encefalitis japonesa, por mencionar solo algunas, mientras que dentro de la familia Togaviridae se encuentra el virus chikungunya y el de la fiebre de Mayaro (WHO, 2018).

Las especies *Ae. aegypti* (Linnaeus, 1762) y *Ae. albopictus* (Skuse, 1895) se consideran las especies de mayor importancia médica. Esto se debe a que son los principales vectores de arbovirus que circulan con mayor frecuencia en diferentes regiones del mundo y a su alta capacidad de adaptación a nuevos ambientes (Rey y Lounibos, 2015). Sin embargo, existen otras especies de los géneros *Haemagogus*, *Culex*, y *Sabethes* que se han reportado como vectores de importancia médica al ser transmisores de diferentes arbovirus al humano (Chippaux *et al.*, 2018).

Una de las enfermedades ya mencionadas es la fiebre amarilla, de la cual se conocen tres tipos de ciclos de transmisión, en estos participan especies de los géneros *Aedes* y *Sabethes*:

- Fiebre amarilla selvática: En las selvas tropicales lluviosas, los monos, son el principal reservorio del virus, estos son picados por mosquitos silvestres (*Sabettus* o *Haemagogus*) que transmiten el virus a otros monos. Las personas que se encuentren en la selva pueden recibir picaduras de mosquitos infectados y desarrollar la enfermedad.
- Fiebre amarilla intermedia: En este tipo de transmisión, los mosquitos semidomésticos (que se crían en la selva y cerca de las casas, *Aedes*) infectan tanto a monos como al hombre. El aumento del contacto entre las personas y los mosquitos infectados aumenta la transmisión, y pueden existir brotes simultáneos en pueblos distintos de una zona particular.
- Fiebre amarilla urbana: Las grandes epidemias se producen cuando las personas infectadas introducen el virus en zonas muy pobladas, con grandes poblaciones de mosquitos capaces de transmitir el virus (*Aedes*) y donde la mayoría de la población tiene escasa o nula inmunidad por falta de vacunación (OMS, 2016).

2.1.2 Protozoarios

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 a través de la picadura de mosquitos hembra del género *Anopheles*. Existen al menos cinco especies de parásitos causantes de la malaria en el ser humano; dos de ellas –*P. falciparum* y *P. vivax*– las más peligrosas (Guerra *et al.*, 2006). De éstas, la más diseminada en México es *P. vivax*. En un individuo no inmune, los síntomas provocados por esta especie suelen aparecer entre 10 y 15 días tras la picadura del mosquito infectivo. Usualmente resulta difícil reconocer el origen palúdico de los primeros síntomas (fiebre, dolor de cabeza y escalofríos), lo cuales pueden llegar a ser leves (Betanzos-Reyes, 2011).

Existen alrededor de 400 especies de *Anopheles* en el mundo, pero solo 30 de ellas son vectores importantes del paludismo. En México se encuentran 26 de estas especies de importancia médica, donde las de mayor relevancia son *An.*

pseudopunctipennis, *An. albimanus*, *An. vestitipennis*, *An. darlingi* y *An. punctimacula*. La intensidad de la transmisión depende de factores relacionados con el parásito, el vector, el huésped humano y el medio ambiente (Zamora-Cerritos, 2018).

2.1.3 Nemátodos

La filariasis linfática es una de las enfermedades causada por la infección de nemátodos de la familia Filarioidea. Hay tres tipos de gusanos filiformes, sin embargo, *Wuchereria bancrofti*, provoca el 90% de los casos. Esta especie es endémica de las regiones cálidas y húmedas del mundo, distribuyéndose principalmente por África subsahariana, el Sudeste asiático, India, Indonesia, varias islas del Pacífico y áreas focales de América Latina (son endémicos aún en Brasil, Guyana, Haití y República Dominicana) (WHO, 2024).

Los mosquitos se infectan con microfilarias al ingerir sangre contaminada de un portador infectado. Las microfilarias maduran en el intestino del mosquito y migran a las glándulas salivales para poder ser transmitidos. Cuando los mosquitos infectados pican a las personas, las larvas maduras del parásito se depositan en la piel, donde pueden penetrar en el nuevo hospedero. Las larvas se trasladan luego a los vasos linfáticos y se desarrollan en gusanos adultos que continúan el ciclo de transmisión (WHO, 2024).

La filariasis linfática es transmitida por diferentes especies de mosquito que pertenecen a los géneros *Culex*, con distribución en las zonas urbanas y semiurbanas; *Anopheles*, presentes principalmente en las zonas rurales, y *Aedes*, que son encontrados en casi en cualquier tipo de ecosistemas (WHO, 2024).

Otra enfermedad causada por nematos es la dirofilariasis, causada por organismos del género *Dirofilaria* que afecta principalmente a poblaciones caninas y felinas, siendo los humanos hospederos incidentales. Los mosquitos incriminados en la transmisión de dirofilariosis pertenecen a los géneros *Culex*, *Aedes* y *Anopheles* (Alvarado-Torres *et al.*, 2019).

La distribución de las ETV está estrechamente determinada por diversos factores medioambientales y socioeconómicos. Entre ellos, el turismo y el comercio internacional, la urbanización desmedida y los diferentes desafíos medioambientales como el cambio climático, pueden afectar de manera directa e indirecta a la salud humana debido a la exposición del humano a los vectores y a la transmisión de patógenos (Sutherst, 2004), provocando en algunos casos reportados que la temporada de transmisión sea más larga o intensa e incluso causar que enfermedades emergan en países donde antes no se tenían registro (Sutherst, 2004).

2.1.4 Panorama de las ETV en Chiapas

En Chiapas, las enfermedades transmitidas por mosquitos representan un gran desafío para la salud pública, ya que se encuentran aproximadamente 35 especies de vectores. Entre estas enfermedades, el dengue es una de las más importantes, la cual es transmitida por el mosquito *Aedes aegypti*. En el año 2023, se registraron 13,481 casos probables de dengue en la región, de los cuales se confirmaron 3,236, posicionándose como el sexto estado con más casos por debajo de Yucatán, Veracruz, Quintana Roo, Morelos y Guerrero. Aunque menos frecuente, el virus del chikungunya, que también es transmitido por *Ae. aegypti*, se presenta en nuestro estado, con un solo caso reportado en ese mismo año (Secretaría de Salud, 2024). Es importante destacar que, aunque en ocasiones los casos puedan ser escasos, es crucial monitorear la circulación de los virus, debido a que el vector permanece activo en muchas regiones durante largos períodos del año.

Otra ETV presente en esta entidad es el paludismo que se ha registrado por años en Chiapas. En el año 2023 se registraron 27 casos (Secretaría de Salud, 2024). La presencia de casos de paludismo en Chiapas plantea una preocupación adicional debido a la problemática de la migración humana en la frontera sur. La alta movilización de personas provenientes de países donde el paludismo es un problema importante puede aumentar el riesgo de propagación de estas enfermedades en territorio mexicano. Esta situación resalta la necesidad de

implementar estrategias de control de vectores, así como un mejor conocimiento en el contexto de la migración humana, para proteger la salud de todas las comunidades involucradas.

2. 2 ORDEN DÍPTERA

El orden Díptera es uno de los órdenes con mayor riqueza de especies, registrando a la fecha casi 153,000 especies válidas que se agrupan en alrededor de 150 familias (Reyes *et al.*, 2016).

Este grupo, en sentido muy amplio incluye a las moscas y mosquitos. Los dípteros se caracterizan por tener un par de alas anteriores membranosas y sus alas posteriores (metatorácicas) modificadas en órganos llamados halterios o balancines que no se utilizan para volar, sino para mantener la estabilidad y dirección durante el vuelo (Carles-Tolrá, 2015).

Tradicionalmente, los dípteros se dividen en dos subórdenes: Nematocera y Brachycera. La diferencia fundamental entre ambos grupos radica en la forma y longitud de las antenas. Los dípteros del suborden Nematócera presentan antenas largas compuestas por numerosos segmentos, mientras que los del suborden Brachycera poseen antenas cortas con pocos segmentos (Carles-Tolrá, 2015).

2.3 FAMILIA CULICIDAE

Los mosquitos pertenecen al suborden Nematocera y a la familia Culicidae. Están estrechamente relacionados con las familias Dixidae y Chaoboridae, pero se distinguen de estas por la prolongación de sus partes bucales en forma de probóscide y por la presencia de escamas en las venas de las alas (Ward, 1982). Son un grupo conocido por su importancia en salud pública. Los mosquitos son cosmopolitas y alcanzan su mayor diversidad en las selvas tropicales (Carpenter y La Casse, 1955).

2.4 CICLO DE VIDA

Los mosquitos son organismos holometábolos, es decir, exhiben una metamorfosis completa (Figura 1), la cual es una característica considerada como el más alto

grado de adaptación (Badii et al., 2006). Durante su vida presentan fases asociadas al medio acuático (huevo, larva y pupa) y la fase adulta asociada al medio terrestre/aéreo (Bueno, 2010).

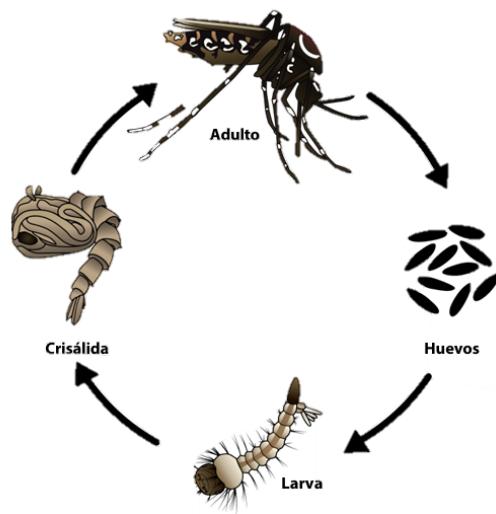


Figura 1. Ciclo de vida del mosquito culícido (CDC, 2018).

2.4.1 Huevo

Esta es la primera fase de vida de los mosquitos. En la mayoría de las especies, la oviposición ocurre alrededor de cuatro días después de la primera ingesta de sangre (especies anautogénicas), aunque existen otras especies que pueden colocar una primera puesta de huevos sin haber ingerido sangre (especies autogénicas) (Reyes et al., 2016). Las hembras son generalmente capaces de poner de entre 50 a 500 huevos en cada puesta, depositándolos en cuerpos de agua o en sitios que posteriormente, serán inundados (Foster y Walker, 2002).

Los huevos miden usualmente hasta un milímetro de largo y presentan formas alargadas, ovoides, o incluso esféricos o romboides. La capa más externa recibe el nombre de corion, este tiene estructuras y patrones diagnósticos de algunos géneros (Figura 2) (Vargas, 1976).

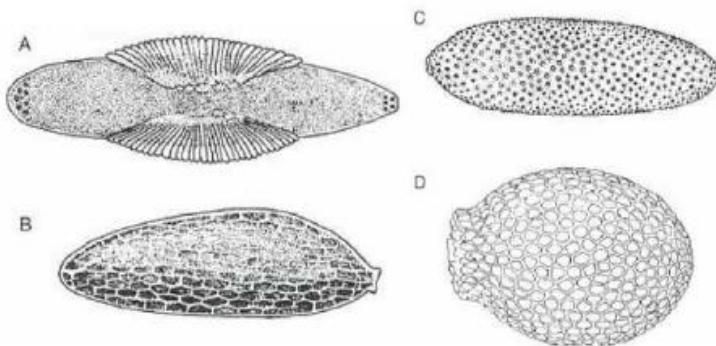


Figura 2. Diferentes formas del corion en los huevos de mosquitos. A) *Anopheles*, B) *Culex*, C) *Aedes*, D) *Toxorhynchites* (Vargas, 1976).

La diapausa es un fenómeno genéticamente determinado que permite la supervivencia de muchos mosquitos al reducir su actividad metabólica de los huevos ante condiciones ambientales adversas (Araujo-Diniz *et al.*, 2017). En zonas tropicales, este estado se presenta principalmente durante las estaciones secas, cuando la falta de agua limita la disponibilidad de criaderos óptimos. Este proceso, regulado por mecanismos neurohormanales, asegura la continuidad de las poblaciones. Por otro lado, en regiones templadas, la diapausa ocurre típicamente durante el invierno, en respuesta ante estímulos como lo son la disminución del fotoperiodo y las bajas temperaturas (Ponce *et al.*, 2016).

2.4.2 Larva

La siguiente fase es la de larva donde los organismos habitan en cuerpos de agua con poco o ningún movimiento. Estos hábitats larvales son denominados criaderos. Existe una gran variedad de cuerpos de agua que los mosquitos pueden aprovechar como sitios de crianza, que van desde extensos cuerpos de agua como pantanos, u orillas de río, hasta pequeños contenedores como son las llantas, utensilios domésticos, huecos de árboles, axilas de plantas e incluso hojas caídas (Silver, 2008).

En el cuerpo de las larvas se reconocen tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. La larva tiene un par de espiráculos en la parte distal del abdomen y son las únicas aberturas con funciones respiratorias. En la subfamilia Culicinae, los espiráculos están situados al final del sifón, y la larva queda suspendida diagonalmente bajo la superficie del agua, con sus espiráculos abiertos al exterior. En la subfamilia Anophelinae, debido a la ausencia del sifón, los espiráculos se encuentran como placas respiratorias al final del abdomen por lo que las larvas se orientan paralelamente a la superficie del agua (Harwood y James, 1987). Alrededor del cuerpo de estos organismos se encuentran dispuestas cerca de 290 sedas, el arreglo y descripción que estas tienen se denomina quetotaxia (Darsie y Ward, 2005) (Figura 3).

Las larvas de mosquitos pasan por cuatro estadios antes de alcanzar el estado de pupa. El primer estadio larval puede identificarse principalmente por su tamaño pequeño y a que el cuerpo carece de coloración aparente. Durante el segundo estadio, inmediatamente después de la muda y luego de la expansión del cuerpo que permite el subsecuente desarrollo, la cápsula cefálica y el sifón se endurecen y obsurecen (volviéndose tejidos más esclerotizados). El tercero y cuarto estadio son muy parecidos. Sin embargo, una larva completamente desarrollada del tercer estadio puede distinguirse de una larva del cuarto estadio, ya que en esta última la cabeza nunca se obscurece por completo y presenta rudimentos de las trompetas ventiladoras (Badii *et al.*, 2006).

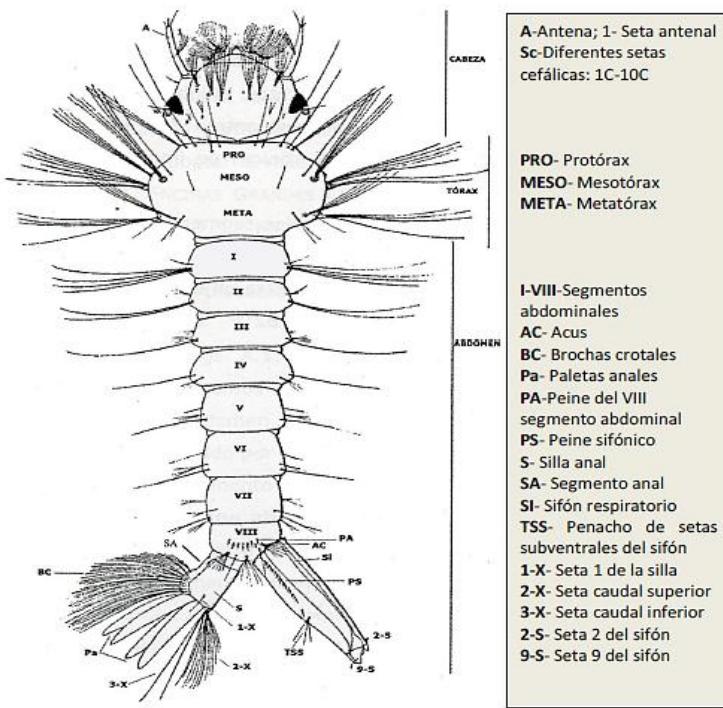


Figura 3. Morfología de una larva de cuarto estadio de la subfamilia Culicinae (Bueno, 2010).

La duración de cada estadio larval depende de la disponibilidad de nutrientes, de la densidad larval y la temperatura del agua, entre otros factores. Es importante recalcar que temperaturas elevadas del agua acortan el ciclo larval y pueden llegar a afectar otras características. Sin embargo, las bajas temperaturas propias del periodo invernal tampoco son un impedimento para el hallazgo larvario de ciertas especies. Aquellas especies que hibernan en estado de larva presentan diversas adaptaciones metabólicas entre las que destacan las acumulaciones de reservas energéticas (Bueno, 2010; Reyes *et al.*, 2016).

2.4.3 Pupa o crisálida

La fase pupal aparece posterior a la cuarta muda larval. El abdomen se compone de nueve segmentos (Figura 4), cuando la pupa está en reposo estos se encuentran dispuestos bajo el céfalo-tórax, lo que le confiere a esta fase el aspecto de coma que la caracteriza. El movimiento energético del abdomen permite el desplazamiento de la pupa en el agua, aunque normalmente permanecen cerca de la superficie,

respirando el aire atmosférico a través de un par de trompetas respiratorias localizadas en la parte dorsal del céfalo torax. 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 Anofélidos la pinna es ancha y el meatus corto, mientras que en los Culicinos la pinna es estrecha y el meatus alargado (Romero, 2018).

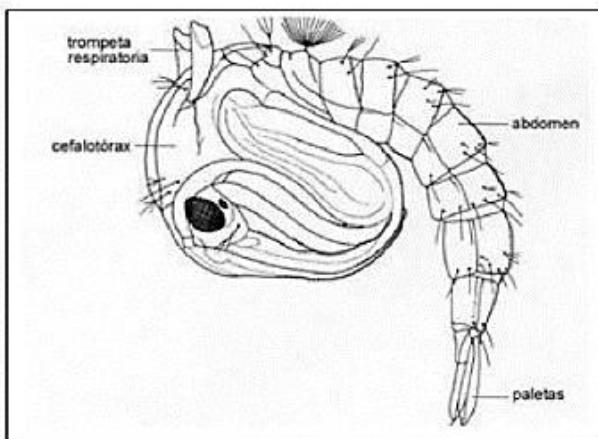


Figura 4. Pupa vista lateral (Becker et al., 2010).

2.4.4 Adulto

En la fase adulta, los machos emergen generalmente entre uno a dos días antes que las hembras; después, experimentan la rotación de sus genitales antes de ser sexualmente activos, este proceso puede tardar un día. Una vez que las hembras emergen y endurecen su exoesqueleto, el comportamiento de algunas especies es volar hasta los enjambres formados por machos para copular con varios de ellos y conservar los espermatozoides en estructuras especializadas denominadas espermatecas. La atracción de los machos hacia las hembras en su mayoría es por la frecuencia del sonido producido por la fricción de las alas al volar (Reyes et al., 2016).

Los culícidos adultos (Figura 5) son pequeños, entre 3.0 y 9.0 mm de largo, con cuerpo, patas y alas alargadas, presentando una amplia diversidad de colores. La superficie corporal o exoesqueleto está cubierto de escamas, setas y finas pilosidades que otorga patrones de ornamentación y coloración característicos para cada especie.

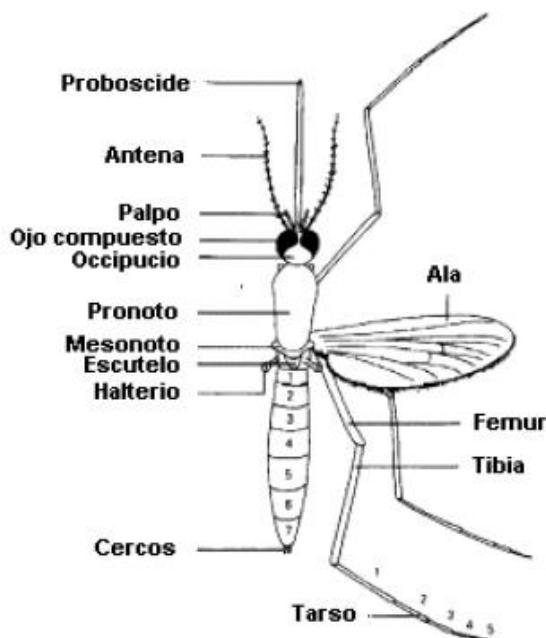


Figura 5. Morfología general de un culícido adulto (Romero, 2018).

Los adultos presentan una cabeza pequeña, subesférica, ojos reniformes, con facetas de igual tamaño, similares en ambos sexos, y ausencia de ocelos. La probóscide es prominente, proyectada anteriormente y adaptada para perforar y succionar sangre en el caso de las hembras. (Reyes *et al.*, 2016)

Los adultos culícidos poseen antenas largas y filamentosas, con escapo pequeño. Los palpos son variables en longitud en los distintos grupos. En general, son cortos en las hembras (subfamilia Culicinae) y más largos que la probóscide en los machos, a excepción de los anofélidos en donde en ambos sexos los palpos son igual o más largos que la probóscide.

El tórax es ovoide, ancho dorsalmente y cuenta usualmente con escamas. Sus alas son largas y delgadas, con presencia de escamas y un característico patrón de venación bastante uniforme al interior de la familia (Reyes, *et al.*, 2016).

2.5. FACTORES AMBIENTALES Y FISICOQUÍMICOS

Los mosquitos están fuertemente influenciados por factores ambientales (Marquez-Benítez *et al.*, 2019; Ferraguti *et al.*, 2016). En el caso de los mosquitos que son vectores de patógenos, estos factores pueden potenciar el riesgo de trasmisión de enfermedades. Aspectos como la temperatura ambiental, la precipitación, la estacionalidad y la humedad relativa del aire tienen un impacto significativo en su biología y ecología, afectando tanto la supervivencia como su capacidad para transmitir patógenos (Githeko *et al.*, 2001).

La cobertura del dosel, por ejemplo, juega un papel muy importante en el ciclo de nutrientes, la química y la calidad del agua de los arroyos (Arocena, 2000). Además, las especies arbóreas difieren en la calidad y cantidad de su hojarasca, e influyen en la tasa de descomposición, la liberación de nutrientes y en el ciclo de los ecosistemas forestales (Kavvadias *et al.*, 2001, Ribeiro *et al.*, 2002). Así mismo otros factores ambientales y climáticos que ocurren cíclica o aleatoriamente pueden alterar las propiedades fisicoquímicas en cuerpos de agua lenticos, afectando a su vez a los estados inmaduros de los mosquitos.

Las formas inmaduras de los mosquitos se han adaptado a diversos ambientes acuáticos. Muchas especies se encuentran en cuerpos de agua permanentes o temporales, con poco o nulo movimiento (Clements, 1992). Algunas especies pueden ser encontradas en ambientes con alta salinidad, alta alcalinidad y concentraciones iónicas inusuales, como marismas o lagunas costeras (Hershey *et al.*, 2010). Así pues, las condiciones fisicoquímicas de agua representan parámetros importantes que actúan sobre el desarrollo, la supervivencias y adaptación de los organismos, así como la diversidad de especies presente.

La salinidad del agua es uno de los factores más estudiados. La cantidad total de sales disueltas es un factor limitante cuando esta se encuentra por encima

de ciertos valores variando según las especies, ya que estas sales casi siempre se encuentran en cantidad suficiente para posibilitar los equilibrios osmóticos (Margalef, 1974). El pH es otro de los parámetros comúnmente estudiados, ya que proporciona información valiosa acerca de diferentes procesos ecológicos influyentes en el desarrollo larvario. Se ha demostrado que varios géneros de larvas de la tribu Aedinii pueden tener un desarrollo larvario y pupal exitoso cuando los niveles de pH oscilan entre valores de cuatro y once (Clark *et al.*, 2004).

Un parámetro menos estudiado es la conductividad eléctrica del agua. Esta se mide para evaluar la capacidad del agua para conducir electricidad. Las capacidades de conductancia están vinculadas a la concentración de iones presentes en la columna de agua y pueden ser provocadas por la dureza, salinidad y la concentración de metales. En consecuencia, los niveles elevados de conductividad se han asociado con una menor calidad del agua (Banna *et al.*, 2014). Se ha observado que con niveles más altos de conductividad se impulsa al desarrollo de biopelículas (capa delgada de microorganismos, que se adhieren a una superficie). Estas pueden afectar al crecimiento de las larvas, al limitar la disponibilidad de nutrientes como resultados de la competencia bacteriana (Goller y Romeo, 2008).

III. ANTECEDENTES

La mejor herramienta con la que contamos hasta ahora para prevenir el contagio de las ETV es a través del diseño de estrategias de control de los insectos que participan en los diferentes ciclos de transmisión. No obstante, la complejidad de las historias de vida de cada especie, sus interacciones intra- e interespecíficas y los efectos que tienen los diversos factores bióticos y abióticos en las especies ha motivado un estudio más profundo sobre el efecto de las variables ambientales en los estadios acuáticos de los mosquitos vectores. En particular, el estudio de los parámetros ambientales y fisicoquímicos del agua en hábitats larvales ha sido fundamental para comprender la diversidad y distribución de mosquitos culícidos, un grupo de insectos con implicaciones significativas para la salud pública.

Para esto, primero se debe reconocer que los parámetros ambientales también afectan a los parámetros fisicoquímicos del agua. Por ejemplo, la cobertura de las plantas en ciertas áreas puede modificar la calidad de agua que llega al suelo de tres maneras: 1) a través de interacciones con iones, partículas y gases depositados en la superficie de las copas; 2) a través de los procesos de absorción y lixiviado de las copas de los árboles; y 3) a través de la producción de los materiales generados dentro de las copas de los árboles, como el polen (Decina *et al.*, 2020). No se ha encontrado literatura sobre el efecto directo o indirecto de la cobertura vegetal sobre las comunidades de mosquitos en los cuerpos de agua. Sin embargo, es evidente el efecto de la cobertura vegetal sobre los suelos y los cuerpos de agua, afectando sus perfiles fisicoquímicos, como es el caso de los arroyos y del río Grijalva de acuerdo con Hernández-Falconi *et al.*, 2023.

Diversos resultados han mostrado que las características fisicoquímicas del agua pueden influir de manera decisiva en la presencia, abundancia o la distribución de las larvas de mosquitos. Por ejemplo, Berti-Moser *et al.* (2004) exploraron las relaciones entre el tipo de hábitat, algunas variables químicas y la presencia de larvas de dos especies de *Anopheles*. Sus resultados destacaron que ciertos

parámetros químicos del agua, como el pH y la concentración de nutrientes, son determinantes en la distribución de las larvas. Además, indicaron que cada especie de *Anopheles* tiene requisitos específicos en cuanto a las características fisicoquímicas del agua. *Anopheles aquasalis* (Curry, 1932) presentó mayor relación con alcalinidad y la salinidad del agua, mientras que *An. pseudopunctipennis* (Theobald, 1901) presentó mayor relación con el pH del agua y con el tipo de hábitat tipificado como orilla de río. Lo anterior sugiere que las variaciones en estos parámetros influyen en la composición de las comunidades larvales según el tipo de hábitat.

Recientemente, Medeiro-Sousa *et al.* (2020) analizaron la influencia de los parámetros fisicoquímicos del agua en la diversidad de mosquitos en Brasil. Su estudio se centró en variables como la temperatura, el pH, la conductividad y la concentración de materia orgánica. Los autores encontraron que la temperatura y el pH son factores importantes para encontrar cierta diversidad de especies y que estas variables afectan la tasa de desarrollo y supervivencia de las larvas. También se observó que la concentración de materia orgánica y la conductividad tienen un impacto significativo en la composición de las comunidades de mosquitos, sugiriendo que los cambios en estos parámetros pueden modificar la estructura del ensamblaje de especies en los hábitats larvales.

Estos estudios subrayan la importancia de considerar los parámetros fisicoquímicos del agua al evaluar la diversidad de mosquitos ya que proporcionan información importante para conocer cómo las condiciones ambientales específicas afectan las comunidades de mosquitos en diferentes regiones. La comprensión de estas relaciones es esencial para la gestión y control de las poblaciones de mosquitos y para la prevención de enfermedades transmitidas por estos insectos.

De manera particular, en el estado de Chiapas se han realizado estudios sobre diversidad de culícidos, algunos de ellos tomando en cuenta las características cualitativas del hábitat larval, como lo realizaron Viveros-Santos *et al.* (2022). En este trabajo, se caracterizaron los hábitats larvales de 49 especies que se encontraron en la subprovincia fisiográfica Volcanes de Centroamérica. Las

especies encontradas fueron agrupadas en sitios grandes a nivel de suelo (orillas de río, charcas, pastos inundables), en fitotelmatas temporales pequeños (huecos de árbol, brácteas de plantas), fitotelmatas grandes (áxilas de plantas y hojas caídas) y en sitios artificiales (recipientes descartados de uso humano). Se destacó la presencia de especies de importancia médica como *Aedes aegypti*, *Ae. epactius*, *Ae. albopictus*, *Culex quinquefasciatus* asociados a contenedores artificiales. Mientras que mosquitos menos conocidos, pero con igual importancia médica como *Haemagogus equinus* estaba asociado a fitotelmatas pequeños. Se obtuvo un panorama de las especies que se encuentran en el estado, así como también la preferencia de sus criaderos.

En cuanto a información generada sobre culícidos en Tuxtla Gutiérrez, Hernández-Álvarez (2022) reporta 23 especies en los miradores turísticos del Parque Nacional Cañón del Sumidero. Cabe señalar que este trabajo reportó por primera vez en el estado de Chiapas a *Ae. amabilis* (Schick, 1970) y encontró a seis especies de importancias médica, entre las cuales destacan por su relevancia: *Ae. albopictus*, *Haemagogus equinus* y *Sabethes chloropterus* (von Humboldt, 1819). Finalmente, González-Díaz (2022) reportó cuatro especies en el Centro Ecológico y Recreativo (CER) “El Zapotal”: *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Culex spp.* y *Cx. quinquefasciatus*.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

- Identificar la relación entre los parámetros ambientales del entorno, los parámetros fisicoquímicos del hábitat larval y la diversidad de culícidos en el CER “El Zapotal”.

Objetivos particulares

- Determinar la diversidad de especies de culícidos en tres sitios con diferente cobertura de dosel en el CER “El Zapotal”.
- Evaluar el efecto de los parámetros ambientales sobre los parámetros fisicoquímicos del agua de los hábitats larvales de tres sitios con diferente cobertura de dosel en el CER “El Zapotal”.
- Evaluar el efecto de los factores ambientales del entorno y los parámetros fisicoquímicos del agua de los hábitats larvales en la diversidad de culícidos en el CER “El Zapotal”.

V. ZONA DE ESTUDIO

El presente estudio se llevó a cabo en El CER “El Zapotal”, ubicado en el municipio de Tuxtla Gutiérrez que pertenece a la provincia denominada Depresión Central de Chiapas. Esta región forma parte de la elevación geográfica conocida como “Meseta de Copoya”, a 2 km al sureste de la ciudad Tuxtla Gutiérrez. El rango altitudinal va de los 600 a los 850 msnm.

La vegetación presente se compone principalmente de selva baja caducifolia, con árboles presentando una altura máxima de 15 m. Entre las especies más comunes encontramos *Bursera simaruba*, *Alvaradoa amorphoides*, *Bursera excelsa*, *Ficus cookii*, *Acacia collinsii*, *Tecoma stans* y *Gymnopodium floribundum var antigenoides*. También hay representaciones de selva mediana subperennifolia, en donde se encuentra principalmente *Diospyros digyna*, *Manilkara achras*, *Brosimum alicastrum*, *Pouteria mammosa* y *Trophis racemosa*. Finalmente se encuentra vegetación secundaria tipo Sabana (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2013).

El clima es de tipo Cálido Subhúmedo con lluvias en verano (Awo(w)(i)) con un bajo porcentaje de lluvia invernal y canícula o sequía intraestival en la mitad del periodo lluvioso. Es el clima menos húmedo de los cálidos subhúmedos, con poca oscilación térmica y el mes más caliente antes del solsticio de verano. Los vientos dominantes provienen del noroeste, con una precipitación total anual de 948.2mm y una temperatura media de 24.7 C° (SEMAHN, 2013).

Dentro de la zona de estudio se encuentra el ZooMAT, este espacio público es uno de los atractivos turísticos más visitados en Tuxtla Gutiérrez con aproximadamente 450 mil visitantes al año (SEMAHN, 2020). En él se exhiben al público 240 especies de fauna regional bajo cuidado humano, de las cuales aproximadamente el 20% está catalogado en alguna categoría de riesgo dentro de la Norma Oficial Mexicana 2010. También en esta zona se encuentra el Parque Patricia junto a la colonia Cerro Hueco con un aproximado de 5 000 habitantes.

Las áreas de muestreo se eligieron considerando el nivel de cobertura de dosel presente; tomando en cuenta áreas con cobertura de dosel alta (zona Reserva), además de ser una zona sin acceso al público. Áreas con una cobertura media (zona ZooMAT) en donde se encuentra el zoológico, y una última área con cobertura baja (zona Urbana), la cual es la zona urbana adyacente. Dentro de cada nivel se trabajó en dos puntos de muestro. Cada círculo presentaba un diámetro de 200 metros (Figura 6).

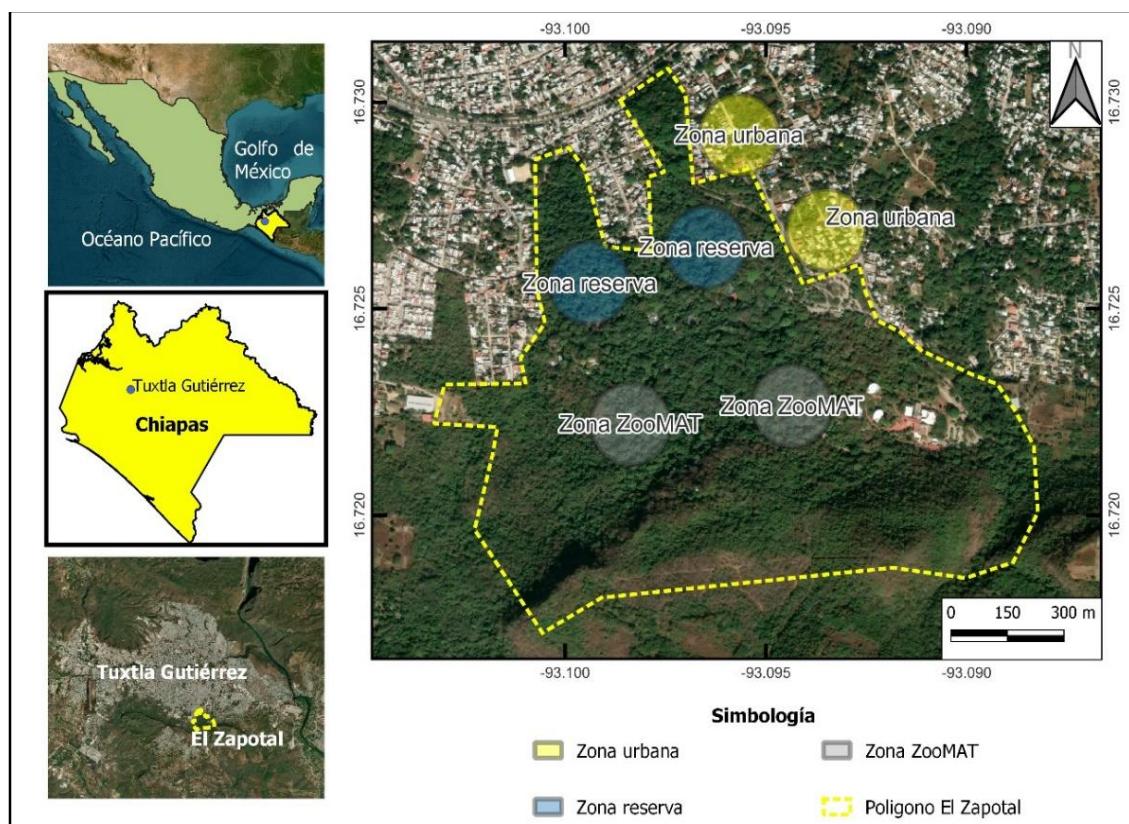


Figura 6. Sitios de muestreo en el Centro Ecológico Recreativo “El Zapotal”
(Elaborado en QGis 3.36).

CENTRO ECOLOGICO Y RECREATIVO "EL ZAPOTAL"

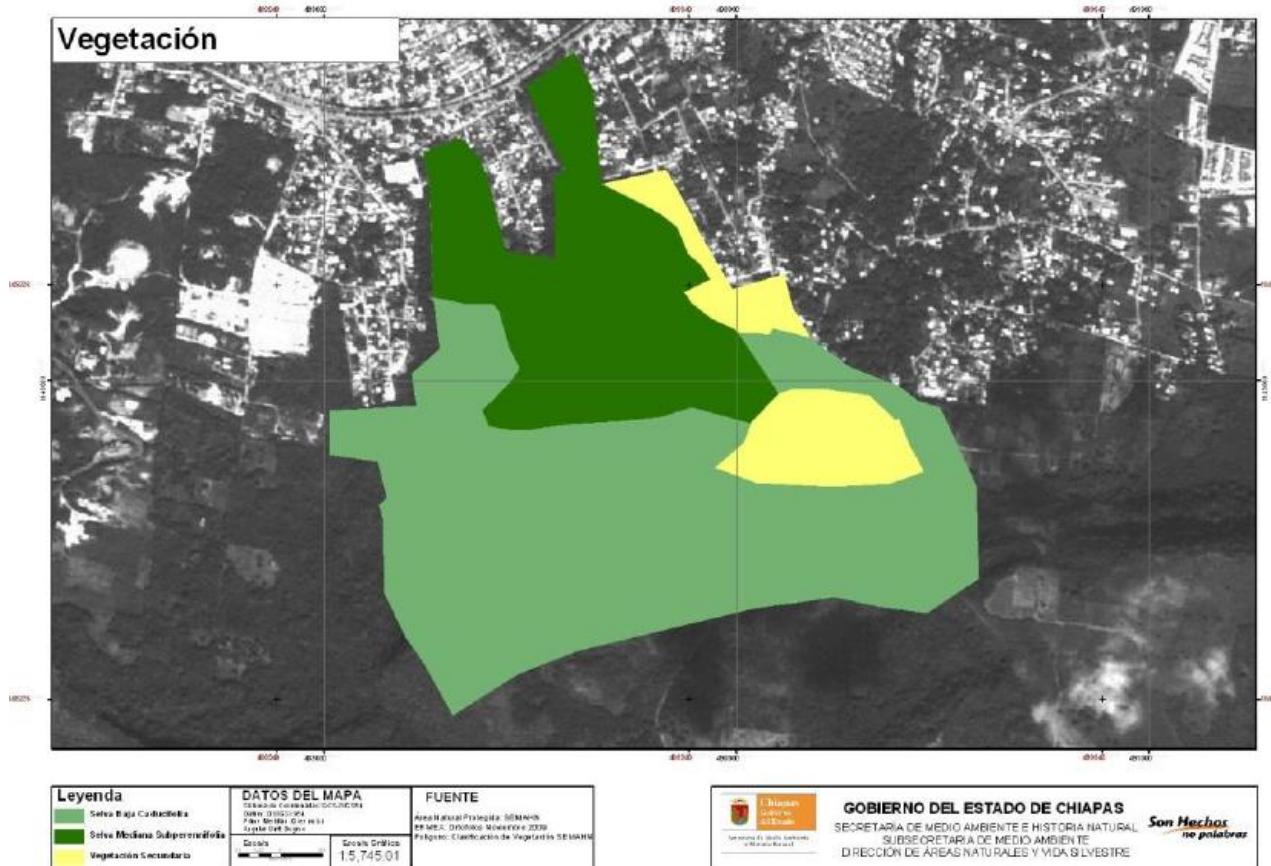


Figura 7. Tipos de vegetación en el CER "El Zapotal" (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2013).

De acuerdo con la Figura 7, el tipo de vegetación que predomina en la zona Reserva es la selva Mediana Subperennifolia, mientras que en la zona ZooMAT se encuentra principalmente selva Baja Caducifolia. Por último, la zona Urbana es donde se encuentra la vegetación secundaria (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2013).

VI. MATERIALES Y MÉTODO

6.1 TOMA DE DATOS AMBIENTALES DEL ENTORNO

6.1.1 Cobertura vegetal

Para estimar el porcentaje de cobertura del dosel de cada punto de muestreo se realizaron transectos de 50 metros siguiendo los puntos cardinales (cuatro transectos; norte, sur, este y oeste) con ayuda de una brújula (Figura 8) en cada una de las seis zonas de trabajo. Para realizar las mediciones se utilizó un densímetro de corona esférica (Forestry Suppliers) modelo Convex A. Las medidas se tomaron cada 10 metros sosteniendo el densímetro a 30 centímetros de distancia del cuerpo del operador. Los valores obtenidos se registraron y al terminar los cuatro transectos se promediaron para obtener un solo valor. Este valor se multiplicó por la constante de 1.04, según las instrucciones del instrumento.

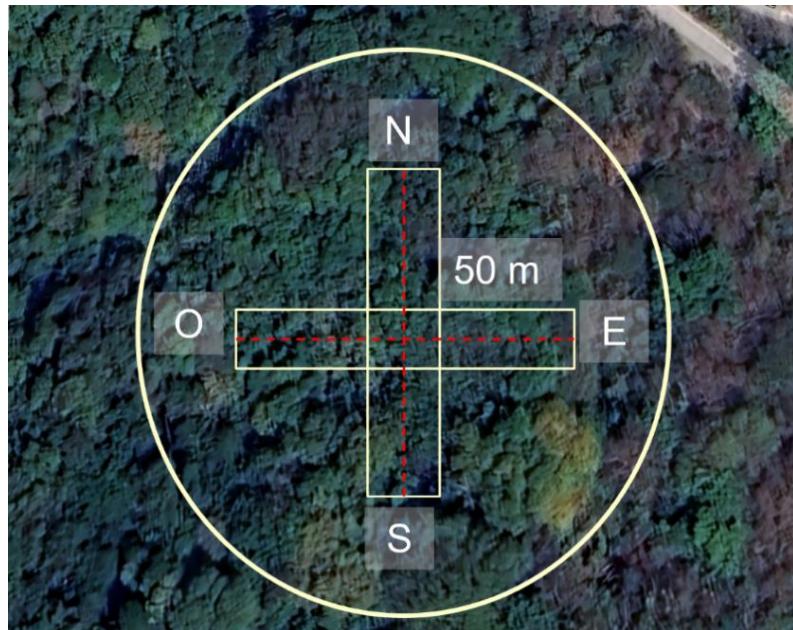


Figura 8. Transectos realizados para la medición de cobertura del dosel.

6.1.2 Temperatura y humedad relativa

Para medir la temperatura ambiental y la humedad relativa se instalaron dataloggers (Elitech) en cada nivel de cobertura de dosel; zona Reserva (alta), zona ZooMAT (media) y zona Urbana (baja), en cada uno de los seis puntos de muestreo. Estos dispositivos fueron colocados durante la temporada de lluvia, del mes de junio a noviembre de 2023 (seis meses), en sitios estratégicos dentro de cada sitio para garantizar una medición precisa. Previamente, fueron programados para registrar datos cada hora y así obtener una recopilación continua de datos durante el periodo del estudio. Al finalizar el periodo de medición, los dataloggers fueron retirados de los sitios y los datos fueron descargados.

6.2 CARACTERIZACIÓN DE CRIADEROS Y TOMA DE DATOS FISICOQUÍMICOS

En cada punto de muestreo se realizó la búsqueda de criaderos potenciales de mosquitos en un radio de 100 metros desde el centro de cada punto.

Se caracterizaron cada uno de los hábitats larvarios o criaderos positivos con el apoyo del formato de datos propuesto por el Dr. Aldo I. Ortega-Morales (Anexo 1). Este formato recopila información como la ubicación exacta, hora de la recolecta, tipo de recolecta, tipo de hábitat larval, así como las condiciones en las que se encontraba el hábitat larvario.

Por otro lado, se midieron las siguientes variables fisicoquímicas del agua de los hábitats larvarios: pH del agua, temperatura del agua, sólidos disueltos y conductividad eléctrica del agua. Para ello se usó un multiparamétrico portátil de la marca Hanna modelo HI98131. En los criaderos en donde era posible sumergir directamente el multiparamétrico se realizó la medición sumergiendo el dispositivo en el agua y se esperó cinco minutos para que el dispositivo estabilizara las lecturas, registrándose los valores obtenidos para cada una variable. En aquellos criaderos donde no era posible introducir el multiparamétrico, se recolectó la mayor cantidad de agua posible con ayuda de un calador de plástico con mango de 300ml o de una pipeta de transferencia de 50ml. El agua recolectada era depositada en

contenedores de plásticos limpios, y se dejaba reposar cinco minutos para su posterior medición. Después de cada medición, el multiparamétrico se enjuagó cuidadosamente con agua destilada para su uso en los próximos criaderos potenciales.

6.3 RECOLECTA DE FASES INMADURAS DE MOSQUITOS

La recolecta de larvas y pupas se llevó a cabo durante la misma temporada de lluvias del año 2023. La recolecta abarcó los meses de junio a noviembre realizando una recolecta por mes, dando así un total de seis muestreos en cada punto de muestreo.

Para la recolecta y preservación del material encontrado tanto en criaderos naturales como criaderos artificiales se utilizó la metodología reportada por Ibáñez-Bernal y Martínez Campos (1994), haciendo una búsqueda activa. Para ello, se utilizó un calador de plástico con mango largo de 300ml, o bien, una pipeta de transferencia de plástico con una capacidad de 50ml, esto dependiendo de la medida del hábitat larval. Se recolectaron todas las larvas y pupas de culícidos presentes en los criaderos. Las muestras se depositaban posteriormente en charolas de 30 x 25 x 8 cm. Y posteriormente con pipetas Pasteur de 5ml se tomaron las formas inmaduras de mosquitos (larvas a partir del segundo estadio y pupas) y se depositaron en tubos Falcón de 14 ml, con la misma agua del criadero. En cada tubo se colocaron un máximo de seis larvas y se etiquetó utilizando una clave que indicaba el tipo de criadero, fecha y el sitio de colecta.

6.3.1 Crianza y preservación

Las larvas y pupas fueron transportadas vivas a las instalaciones del Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular (LIDiaM) del Instituto de Ciencias Biológicas de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH). Una vez en el laboratorio, el material recolectado era separado con ayuda de agujas especiales en viales previamente etiquetados. Las larvas de segundo y tercer estadio se criaron hasta que alcanzaran el cuarto estadio, mientras que, las pupas se criaron hasta que emergieron los adultos. Las larvas y pupas fueron separadas en viales de 2 ml

y se criaron con la misma agua de su criadero, y una vez al día se les administraba alimento (alimento para conejo triturado, pasado por tamiz de 30 mallas y esterilizado a 15 Lb de presión por 30 minutos).

Los mosquitos emergidos eran pasados a tubos Falcón para ser sacrificados mediante choque térmico en frío. Para ello se metieron durante 1 hora en un congelador horizontal de uso médico de la marca VESTFROST a -20°C, y posteriormente, fueron montados en alfileres entomológicos No.2 de la marca Austerlitz Insect Pins. Por último, los ejemplares se preservaron en una caja entomológica con su respectiva etiqueta de recolecta e identificación y están depositados en el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular (LIDiaM) de la UNICACH.

En cuanto a las larvas de cuarto estadio, estas se sacrificaron por medio de choque térmico utilizando agua caliente a 70°C por unos segundos. Una vez realizado el proceso, las larvas se colocaron con ayuda de agujas entomológicas en tubos Eppendorf con alcohol al 96°, donde se mantuvieron cinco horas. Pasado este tiempo las larvas se cambiaron a tubos Eppendorf con alcohol al 70°, para su preservación y almacenamiento.

6.4 DETERMINACIÓN TAXONÓMICA

La identificación de los organismos se llevó a cabo en dos laboratorios. El 80% de larvas fueron identificadas en el Laboratorio de Artropodología y Salud de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), con ayuda de un estereoscopio de la marca Leica modelo S4e.

Los adultos y el 20% restantes de larvas se identificaron en el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico Molecular de la UNICACH, con ayuda de un estereoscopio de la marca OPTIKA modelo SLX-2.

Para identificar las larvas, estas fueron colocadas de manera individual en una caja Petri con alcohol al 70°C, y fueron identificadas siguiendo las claves de Clark-

Gil y F. Darsie (1983), Zapata-Peniche y colaboradores (2007) e Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos (1994).

Los mosquitos adultos se identificaron utilizando las siguientes claves:

- Claves fotográficas para hembras de zancudo (Diptera: Culicidae) presentes en Centroamérica y Panamá (Chaverri, 2003).
- Clave fotográfica para hembras de *Haemagogus* Williston 1896 (Diptera: Culicidae) de Venezuela (Liria y Navarro, 2009).
- The Terrens Group of *Aedes* (Finlaya) (Schick., 1970).
- The Mosquitoes of Guatemala Their Identification, Distribution and Bionomics Whit Keys to Adult Female Larvae (Clark-Gill y Darsie., 1983).
- Identification and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America and México (Darsie y Ward, 2005).

6.5 ANÁLISIS DE DATOS

6.5.1 Parámetros ambientales

Para determinar si existieron diferencias significativas en la cobertura de dosel, temperatura ambiental y humedad relativa entre las tres zonas, se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-Wallis. Posteriormente, se realizó un análisis *post hoc*. Este análisis se llevó a cabo en el software R versión 4.3.2.

6.5.2 Caracterización de criaderos

Para conocer si había diferencias significativas entre los tipos de criaderos encontrados en las tres zonas, se realizó una prueba de Fisher. Este análisis se llevó a cabo en el software R versión 4.3.2.

6.5.3 Parámetros fisicoquímicos

Para determinar si existieron diferencias significativas en la temperatura del agua, pH del agua, conductividad eléctrica del agua y los sólidos disueltos totales del agua entre las tres zonas, se realizó la prueba estadística no paramétrica de Kruskal-

Wallis. Posteriormente, se realizó un análisis *post hoc*. Este análisis se llevó a cabo en el software R versión 4.3.2.

6.5.4 Eficiencia de muestreo de mosquitos

Se estimó la eficiencia de muestreo utilizando específicamente el orden 0 ($q=0$) de los números de Hill, ya que este orden se basa en la riqueza observada, y permite analizar la fuerza de muestreo, emplea algoritmos que permite extrapolar las curvas de acumulación de especies con el objetivo de comparar un mismo tamaño de muestreo, pero sin perder muestra. Esta extrapolación se construye con base en el estimador asintótico Chao y emplea los números de Hill, como medida de diversidad (Hsieh *et al.*, 2016).

6.5.5 Análisis de diversidad

Para conocer la diversidad que presentaban las tres zonas de estudios se utilizaron los números de Hill (número efectivo de especies). Este análisis se compone de tres números:

1. La riqueza observada u Orden 0 ($q=0$), la cual da el mismo peso a todas las especies.
2. Exponencial de la diversidad de Shannon u Orden 1 ($q=1$), la cual da un peso a todas las especies de forma equitativa.
3. Inverso de Simpson u Orden 2 ($q=2$), el cual da más peso a las especies abundantes.

Los tres primeros números de Hill (1973) son parámetros muy recomendables actualmente para hacer estudios de biodiversidad. En su conjunto, estos tres valores dan una idea clara tanto de la riqueza como de la dominancia y/o equidad dentro de la comunidad. Además, es preferible trabajar con índices como estos que miden entidades biológicas reales y no otras medidas de información, como bits en el caso del índice de Shannon (Moreno *et al.*, 2011).

Las diferencias fueron evaluadas mediante intervalos de confianza bootstrap al 95% de los números de Hill, considerando significativas aquellas comparaciones cuyos intervalos no se traslaparon.

Este análisis se realizó por medio del programa iNETX Online disponible en:
<https://chao.shinyapps.io/iNEXTOnline/>.

6.5.6 Influencia de los factores ambientales en los parámetros fisicoquímicos del agua

Para conocer la influencia de los parámetros ambientales sobre los parámetros fisicoquímicos del agua, se realizaron modelos de regresión lineal múltiple, siguiendo el método de mínimos cuadrados ordinarios. Se ajustó un modelo independiente para cada variable de respuesta, que fueron: temperatura ambiental, humedad relativa y la cobertura de dosel.

En la regresión lineal múltiple suponemos que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una tercera variable. El modelo lineal generalizado se utiliza cuando la variable dependiente no es continua o no cumple con las suposiciones necesarias para un modelo lineal simple (binaria, conteos o proporciones) (Montero-Granados, 2016).

6.5.7 Influencia de los factores ambientales y fisicoquímicos del agua en los mosquitos

Para conocer la influencia que presentan los factores ambientales y los parámetros fisicoquímicos del agua del hábitat larval en la diversidad de especies de mosquitos culícidos se realizaron análisis de regresión múltiple basados en modelos lineales generalizados, y un análisis de redundancia (RDA).

El RDA fue desarrollado por Van den Wollenberg (1977) como alternativa al análisis canónico de correlación. El RDA permite estudiar la relación entre dos tablas de variables Y y X, a través de la extracción y resumen de la variación de los datos en un conjunto de variables de explicativas. En síntesis, es una técnica de análisis de gradiente directo que resume las relaciones lineales entre los componentes de las variables de respuesta que son “redundantes”. Este análisis se puede utilizar por ejemplo para comprender la influencia de diversos parámetros ambientales en la distribución de una o varias especies.

Para evaluar la influencia de los parámetros sobre la abundancia individual de las especies de culícidos, se utilizaron Modelos Lineales Generalizados (GLM) con distribución *quasipoisson*. Se analizaron las especies que presentaron cinco o más registros de abundancia en criaderos, para garantizar la mínima de observaciones que permitiera analizar adecuadamente los datos. En total se analizaron siete especies. Los análisis se realizaron en R versión 4.3.2.

VII. RESULTADOS

7.2 DATOS AMBIENTALES DEL ENTORNO

7.1.1 Cobertura de dosel

Los valores de las coberturas del dosel en las tres zonas de estudio mostraron que hubo diferencias significativas entre las zonas. La prueba *post hoc* mostró que las tres zonas presentan diferencias significativas entre todas (Figura 9).

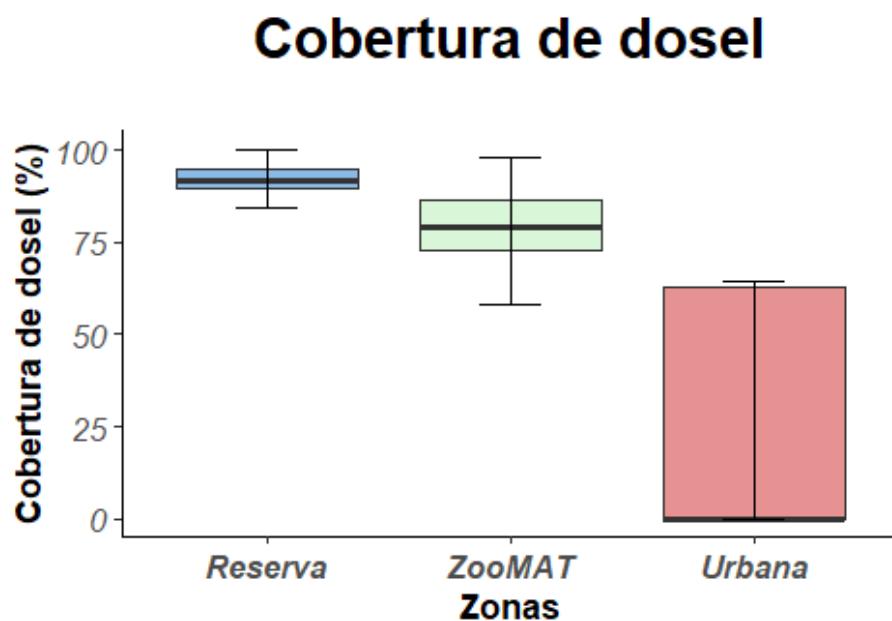


Figura 9. Diferencia de porcentajes de cobertura de dosel en las tres zonas. Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

La descripción de las características del dosel de cada uno de los sitios se detalla a continuación:

- Zona Reserva: presentó el mayor porcentaje de cobertura de dosel con una media de 92.3%. La vegetación está dominada por especies arbóreas como Zapote negro (*Diospyros nigra*), Chicozapote (*Manilkara zapota*), Zapotillo (*Pouteria reticulata*) y Jobo (*Spondias mombin*).

- Zona ZooMAT: mostró una cobertura menor a la zona Reserva, con una media de 77.8%.
- Zona Urbana: registró el porcentaje más bajo de cobertura de dosel, con una media de 20.3%. En esta zona predominan especies de flora como Guaya (*Melicoccus bijugatus*) y Benjamina (*Ficus benjamina*).

7.1.2 Temperatura ambiental

A partir de los datos obtenidos, se observó una diferencia significativa ($p < 0.05$) en la temperatura ambiental entre la zona Urbana respecto a las otras dos zonas, con valores en la mediana de 24.8 °C en la zona Reserva, 24.1°C en la zona ZooMAT y 29.4°C en la zona Urbana (Figura 10).

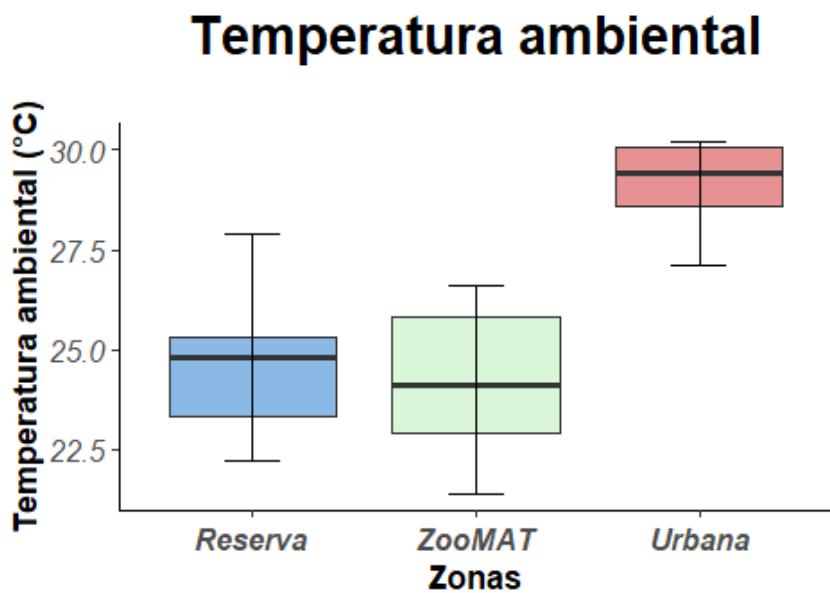


Figura 10. Diferencias en la temperatura ambiental. Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

7.1.3 Humedad relativa del ambiente

Al evaluar la humedad relativa de las tres zonas, los resultados observados mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) y la prueba *post hoc* arrojó que la zona Urbana mostró una humedad relativa inferior a las de las zonas Reserva y ZooMAT (Figura 11):

- Zona Reserva: presenta la humedad relativa más alta, con un valor mediano de 85%.
- Zona ZooMAT: la humedad relativa es intermedia, con un valor de 75%.
- Zona Urbana: registra la humedad relativa más baja, con un valor de 59%.

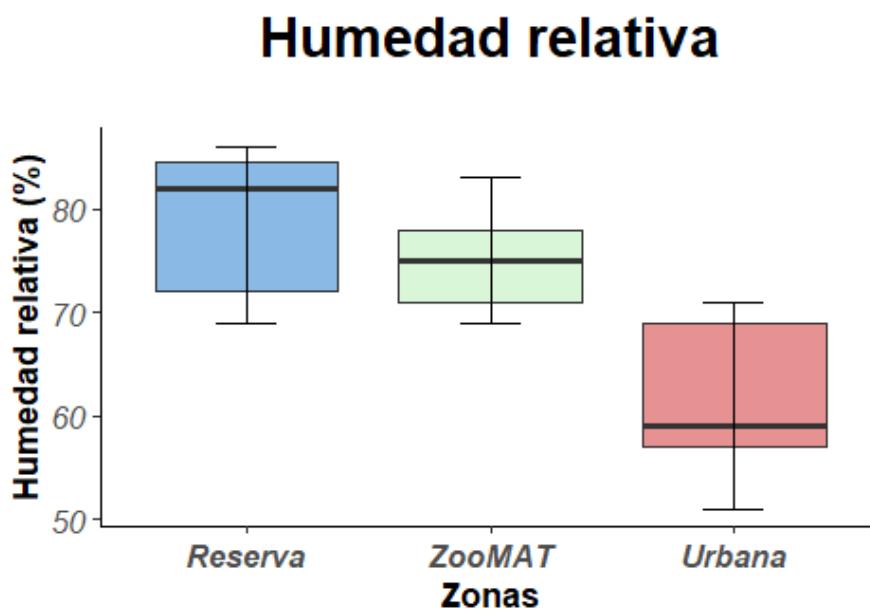


Figura 11. Diferencias de la humedad relativa. Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

7.2 CARACTERIZACIÓN DE CRIADEROS Y DATOS FÍSICOQUÍMICOS

7.2.1 Caracterización de criaderos

Durante este estudio se registró un total de 105 criaderos positivos, es decir con presencia de larvas o pupas. Para el análisis solo se tomaron en cuenta 91, mientras que los 14 restantes contenían larvas en los primeros estadios (primero y segundo), las cuales no lograron a llegar al cuarto estadio y no pudieron ser identificadas a nivel especie.

En general, los criaderos se tipificaron en 13 tipos diferentes (Figura 12). De ellos, el hueco de árbol fue el criadero más común con 22 registros, seguido de los contenedores artificiales de plástico con 19. Mientras tanto, los criaderos menos frecuentes fueron pozos (3) y contenedores artificiales de unicel (1).

Tipos de criaderos

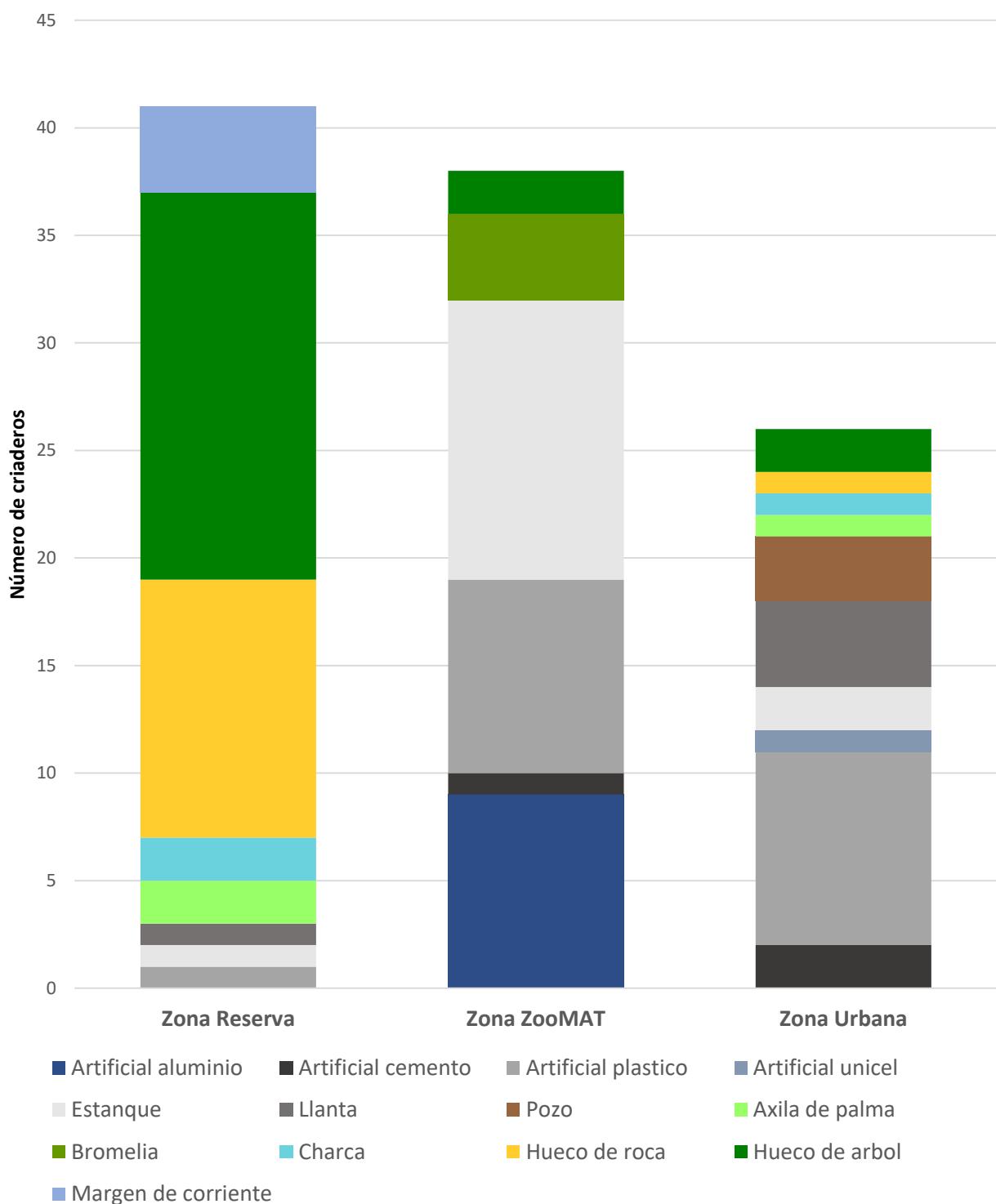


Figura 12. Gráfica de los tipos de criaderos encontrados en las tres zonas.

Los 105 criaderos encontrados se distribuyeron con diferencias significativas en la cantidad y tipos en las tres zonas (Prueba de Fisher $p < 0.05$):

- Zona Reserva: se registraron 41 criaderos, fue la zona con el mayor número de criaderos encontrados. Los criaderos naturales fueron los más abundantes con el 90% del total: huecos de árboles (45%), huecos de rocas (32%), márgenes de corriente (9%) y charcas (4%).
- Zona ZooMAT: se encontraron 38 criaderos. Aquí los criaderos artificiales fueron los más frecuentes con el 80% del total, destacando los estanques (39%), recipientes de plástico (20%) y recipientes de aluminio (17%). El 20% restante fue representado por criaderos naturales como huecos de árboles (10%) y bromelias (10%).
- Zona Urbana: se identificaron 26 criaderos, siendo la zona con menos criaderos positivos encontrados. Aquí también los criaderos artificiales (73%) fueron los más frecuentes con recipientes de plástico (37%), llantas (21%), estanques (5%) y recipientes de unicel (5%). Los criaderos naturales fueron menos con 27% del total: hueco de árbol (12%), seguido de charca, hueco de roca y axila de planta (5% cada una).

Analizando estos resultados de manera general, la zona Reserva se caracteriza por tener una gran mayoría de criaderos naturales, mientras que las zonas Zoomat y Urbana mostraron mayores criaderos artificiales.

7.2.2 Valores fisicoquímicos del agua en los criaderos

Se analizaron los parámetros fisicoquímicos del agua en los criaderos de las tres zonas. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en los valores de conductividad eléctrica (Figura 13 A), pH (Figura 13 B), así como tampoco en los valores del material sólido disuelto del agua (Figura 13C) entre las tres zonas. Aunque no se observaron diferencias significativas, los valores de la conductividad eléctrica mostraron un amplio rango de 0.10 a 1.82 $\mu\text{S/cm}$, mientras que el pH osciló entre 4.8 – 9.64, y los niveles de material sólido disuelto en el agua variaron entre 70 - 2500. Únicamente la temperatura del agua en la zona Urbana mostró una

temperatura significativamente más alta, con 29.8°C, en comparación a la zona Reserva y ZooMAT, con 25.2°C y 24.6°C respectivamente ($p < 0.05$, Figura 13 D).

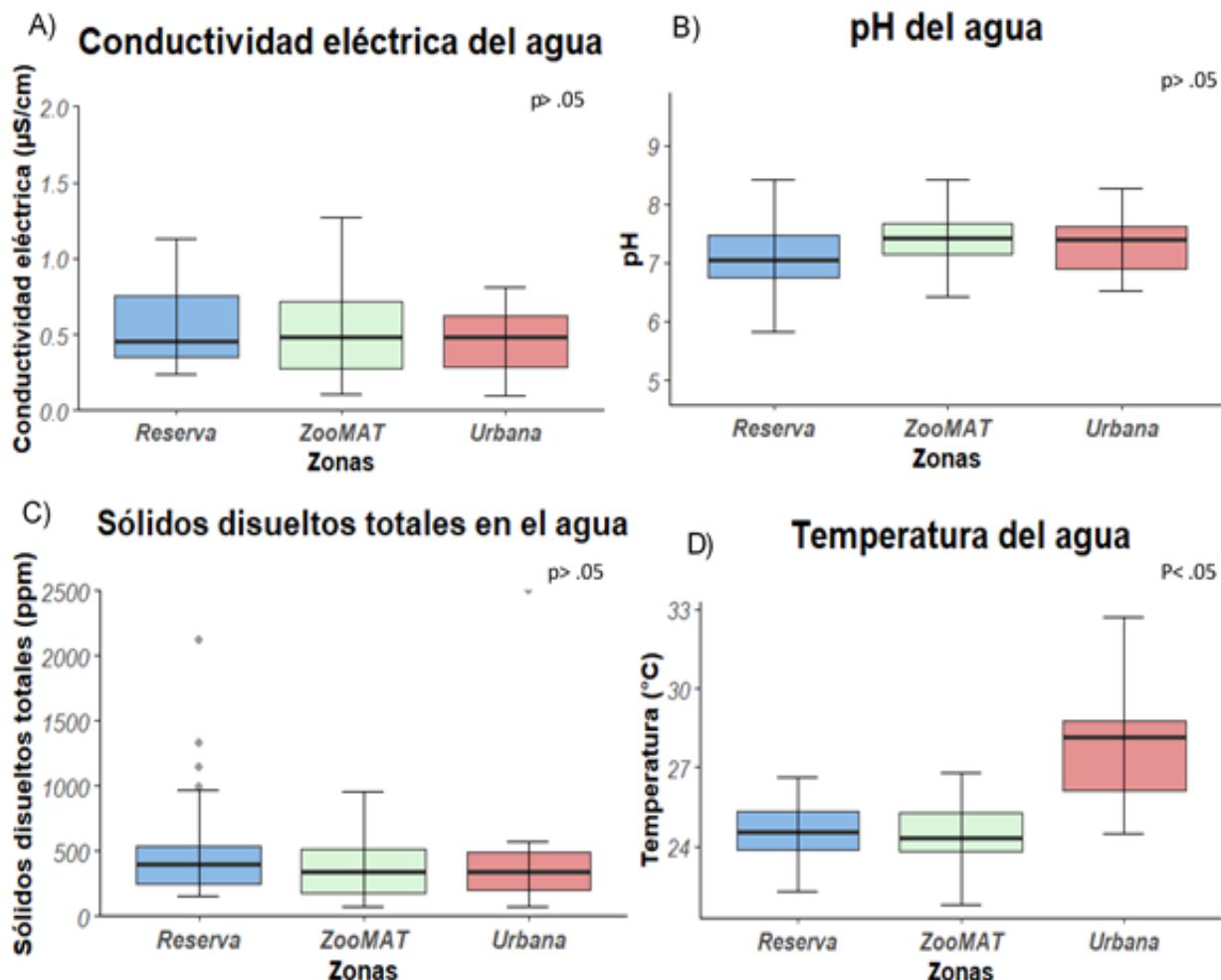


Figura 13. Comportamiento de los parámetros físico-químicos del agua en las tres zonas. A) Conductividad eléctrica del agua. B) pH del agua. C) Sólidos disueltos en el agua, D) Temperatura del agua. Prueba estadística Kruskal-Wallis.

7.3 DIVERSIDAD DE MOSQUITOS

Un total de 834 individuos fueron recolectados en este estudio, 802 fueron identificados, el resto de las larvas fueron excluidos debido a que se encontraban en los primeros estadios. De los organismos identificados, 760 pudieron ser identificados a nivel de especie y 42 se lograron solo identificar hasta nivel de

subgénero. En total se registraron 13 especies y 2 morfoespecies que pertenecen a siete géneros y nueve subgéneros (Cuadro 1).

En la zona Reserva se colectaron 228 individuos, de estos destaca la presencia de *Aedes albopictus* como la especie más abundante (110). Por otra parte, en la zona ZooMAT, 271 individuos fueron recolectados, siendo *Culex coronator* la especie más abundante (95 individuos) seguida de *Aedes albopictus* (44 individuos). Por último, en la zona Urbana se encontró el mayor número de individuos con un total de 303, de los cuales las especies más representadas fueron *Ae. aegypti* (159 individuos) y *Cx. quinquefasciatus* (41 individuos).

Ae. albopictus mostró ser una especie común con una abundancia alta en las tres zonas estudiadas. Por otro lado, se encontraron especies particulares en la zona ZooMAT y zona Reserva, como *Anopheles argyritarsis* y *Uranotaenia coatzacoalcos*, respectivamente. Finalmente, se observaron especies con menor abundancia como *Ae. (Protomacleaya) sp 1* y *Uranotaenia coatzacoalcos* con un total de 9 y 5 individuos respectivamente (Figura 14).

Cuadro 1. Número de individuos de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) en CER el Zapotal, en la zona ZooMAT, reserva y urbana.

Especies	Zona Reserva	Zona ZooMAT	Zona Urbana	Total
<i>Anopheles (Anopheles) eiseni</i>	3	0	0	3
<i>Anopheles (Nyssorhynchus) argyritarsis</i>	0	7	0	7
<i>Aedes (Georgecraigius) epactius</i>	4	0	4	8
<i>Aedes (Protomacleaya) sp 1</i>	9	0	0	9
<i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i>	18	8	172	198
<i>Aedes (Stegomyia) albopictus</i>	110	68	41	219
<i>Haemagogus (Haemagogus) equinus</i>	0	10	0	10
<i>Culex (Culex) coronator</i>	24	95	2	121
<i>Culex (Culex) interrogator</i>	0	13	12	25
<i>Culex (Culex) nigripalpus</i>	11	44	25	80
<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i>	3	3	41	47
<i>Culex (Melanoconion) sp 1</i>	20	13	0	33
<i>Culex (Phenacomyia) corniger</i>	19	9	5	33
<i>Toxorhynchites (Lynchiella) moctezuma</i>	2	1	1	4
<i>Uranotenia (Uranotenia) coatzacoalcos</i>	5	0	0	5
Total	228	271	303	802

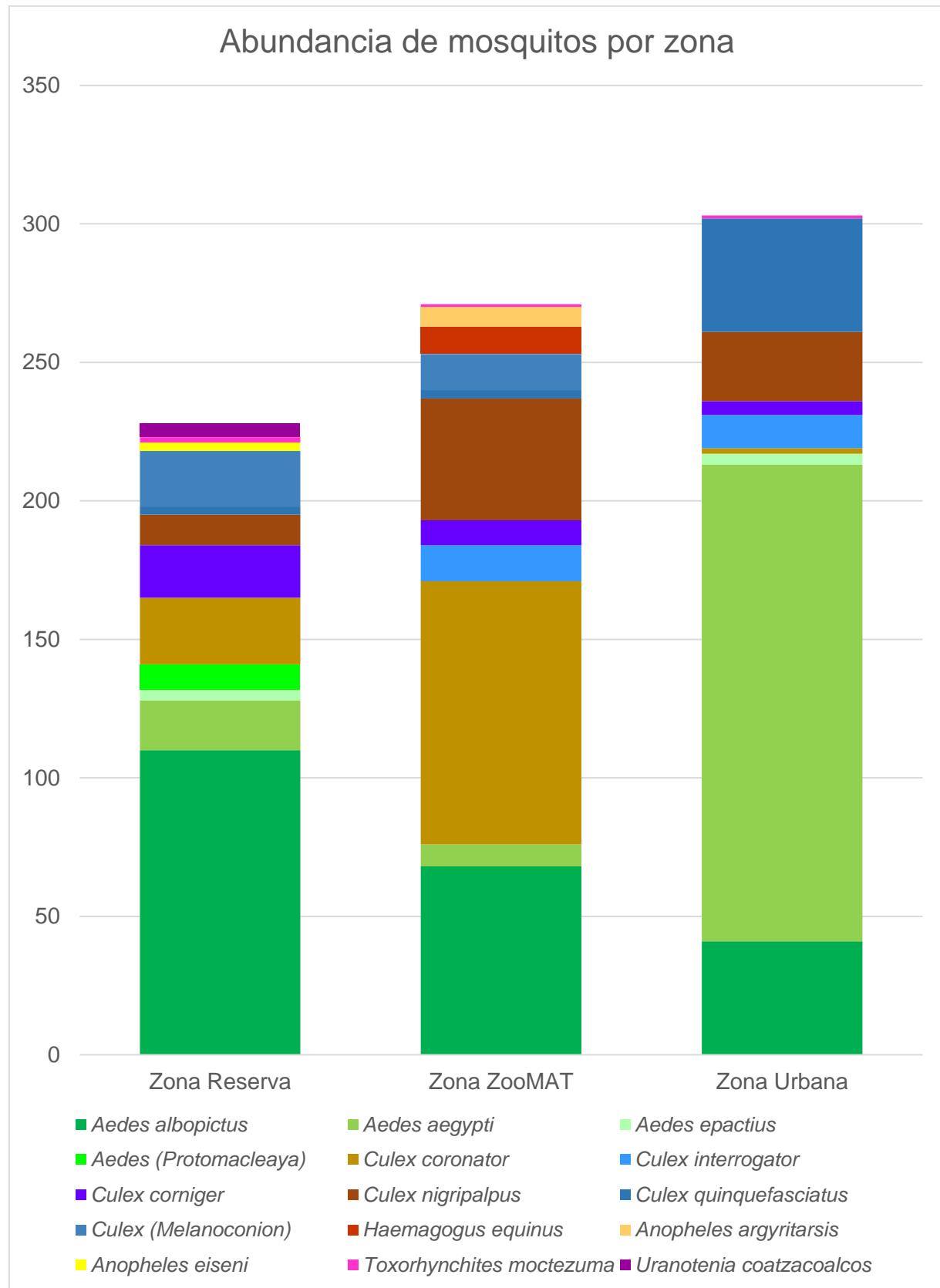


Figura 14. Abundancia de culícidos en las tres zonas del CER "El Zapotal"

7.3.2 Diversidad con Números de Hill

Para describir la diversidad de especies de culícidos en las tres zonas estudiadas, se utilizaron los números de Hill, que permiten evaluar la diversidad en diferentes órdenes.

Orden 0 (riqueza observada). En este orden se analiza la riqueza de especies, a través de una curva de acumulación de especies, donde se muestra que la zona Reserva presentó la mayor riqueza estimada con 12 especies, seguida por ZooMAT con 11 especies. Mientras que la zona Urbana tuvo la menor riqueza, ya que este análisis estimó apenas 9.49 especies. La extrapolación sugiere que las tendencias observadas se mantendrían estables a medida que aumente el número de individuos capturados. Se observa que los intervalos de confianza al 95% (área sombreada) se traslapan, por lo que no hay diferencias significativas en la riqueza de especies. (Figura 15).

Curva de acumulación de especies

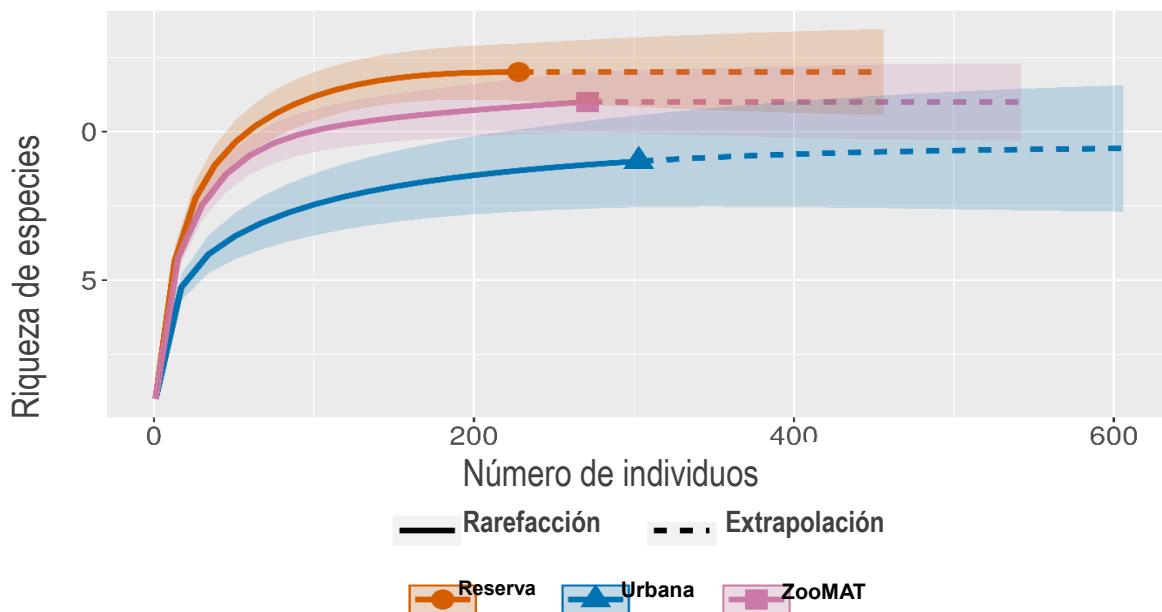


Figura 15. Curva de acumulación de especies ($q=0$).

Este mismo análisis de primer orden muestra si el esfuerzo de muestreo fue óptimo. Como se observa en la Figura 16, en la zona Reserva y ZooMAT las curvas alcanzaron la asíntota, y tuvieron valores de 1.00, lo que indica que los muestreos fueron óptimos. Para la zona Urbana, el valor fue de 0.99 lo que sugiere que el muestreo también fue bueno.

Esfuerzo de muestreo

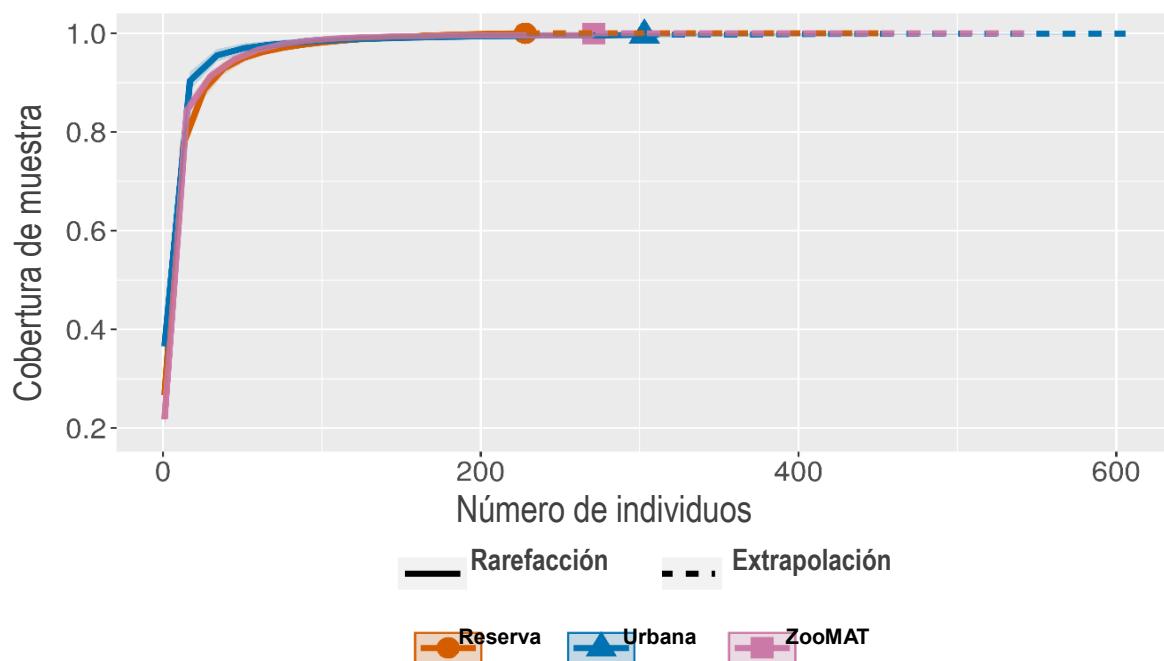


Figura 16. Esfuerzo de muestreo basado en la riqueza ($q=0$).

Orden 1 (exponencial de Shannon). La diversidad afectiva fue mayor en la zona del ZooMAT (6.07) y Reserva (6.01), mientras que la zona Urbana presentó un valor significativamente menor (3.94). Esto indica que en las primeras dos zonas la equitatividad de la comunidad es mayor, es decir, que las abundancias de las especies están más equilibradas en comparación con la zona Urbana (Figura 17).

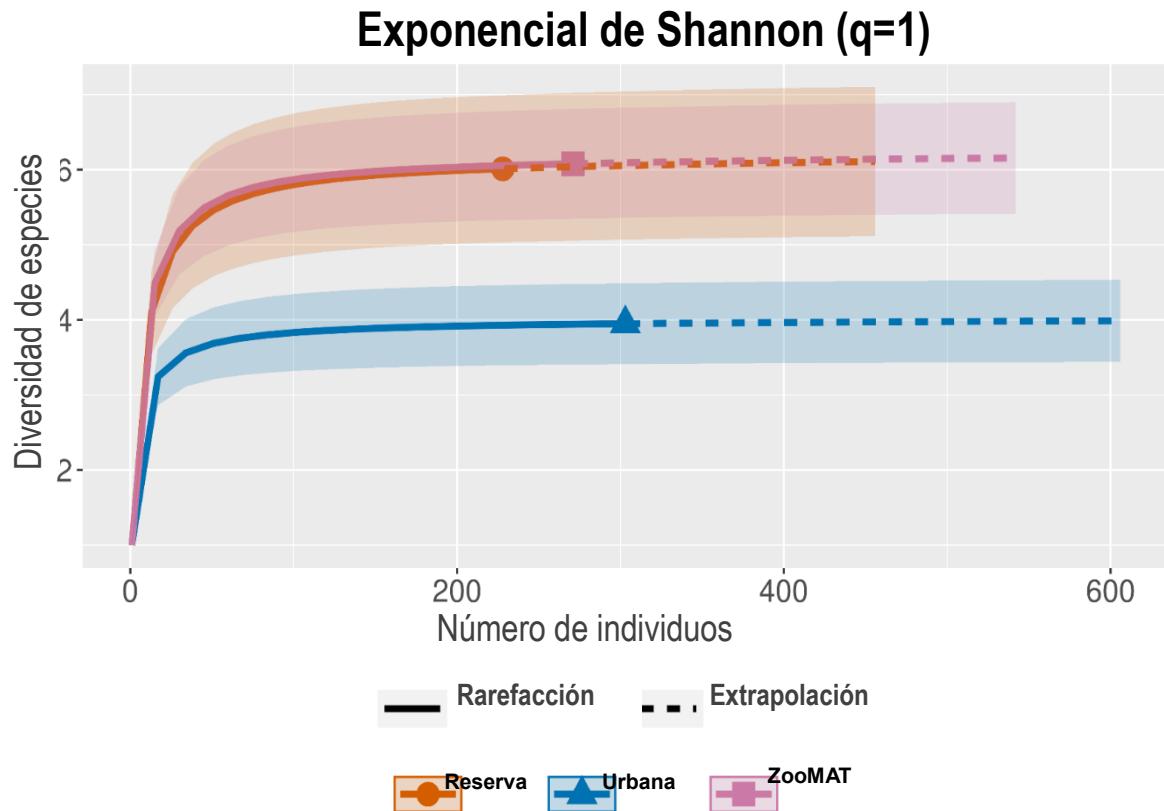


Figura 17. Diversidad de especies basadas en el exponencial de Shannon (q=1).

Orden 2 (inverso de Simpson). En este caso, la diversidad disminuyó en todas las zonas, reflejando el mayor peso de las especies dominantes. La zona Urbana presentó la menor diversidad (2.71), lo que indica que unas pocas especies son especialmente abundantes en comparación con el resto. La zona ZooMAT mostró el valor más alto (4.5), el cual fue significativamente mayor que el de la zona Urbana, de acuerdo con la ausencia de traslape entre los intervalos de confianza al 95%. Esto sugiere una distribución más equitativa de las poblaciones, dado que las especies dominantes no exceden a las demás. Por su parte, la diversidad en la zona Reserva presentó un valor intermedio (3.7), sin diferencias significativas respecto al ZooMAT ni la zona Urbana, lo que indica una equitatividad moderada en la distribución de las abundancias (Figura 18).

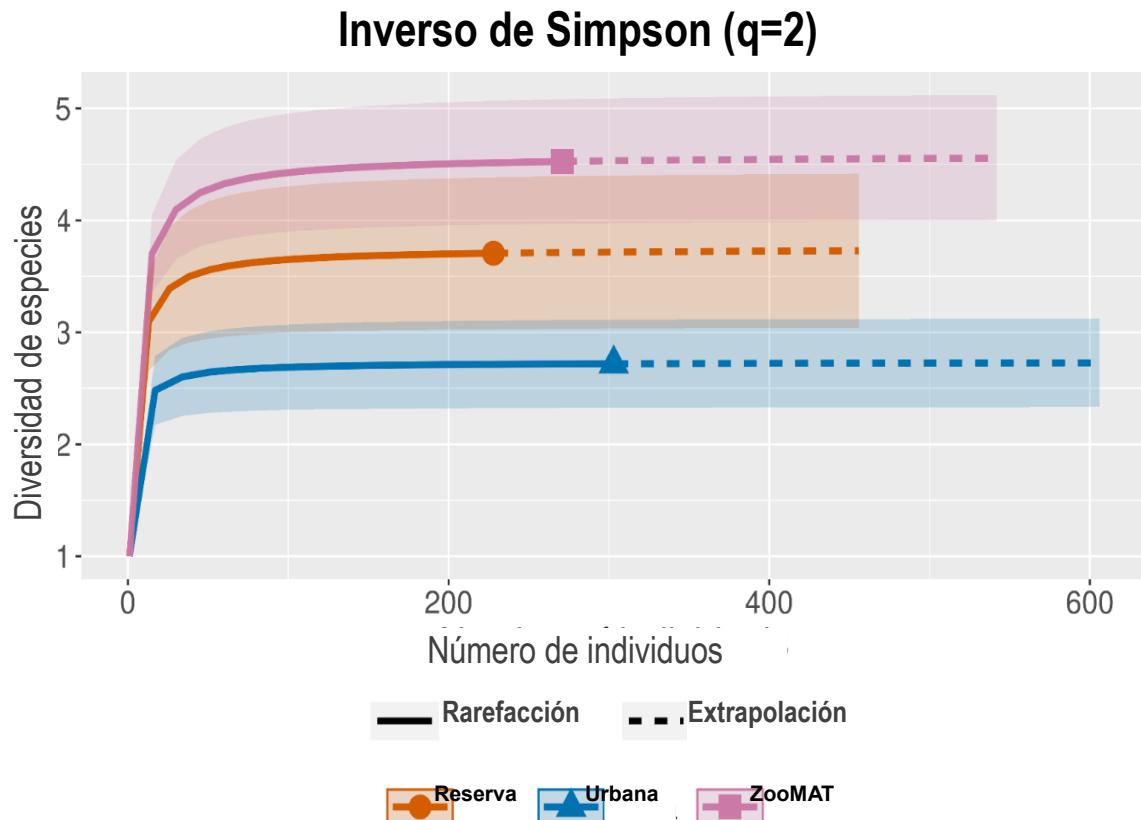


Figura 18. Diversidad de especies basado en el inverso de Simpson (q=2)

7.4. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES SOBRE LOS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA

Con los modelos de regresión lineal múltiple, se pudo observar que ciertos parámetros ambientales influyeron en los parámetros fisicoquímico del agua de los criaderos. Como se observa en el cuadro 2, la temperatura ambiental influenció fuertemente la temperatura del agua ($\beta=0.36$, $p=0.002$) y marginalmente el pH ($\beta=0.094$, $p=0.053$). La humedad relativa influyó negativamente el pH ($\beta=-0.024$, $p=0.040$). La cobertura del dosel afectó positivamente la conductividad eléctrica ($\beta=0.008$, $p=0.021$). Finalmente, Los sólidos disueltos totales no mostraron ser influenciados por algún parámetro ambiental evaluado en este estudio.

Cuadro 2. Modelos de regresión lineal múltiple del efecto de los parámetros ambientales (cobertura del dosel, temperatura ambiental, humedad relativa) sobre los parámetros fisicoquímicos del agua (pH, conductividad eléctrica, temperatura del agua, sólidos disueltos). Codificación: * = resultado significativo.

Parámetros	Valores estadísticos	Temperatura del agua	pH	Sólidos disueltos	Conductividad eléctrica
Cobertura del dosel	β	-0.022	0.007	4.883	0.008
	T	-1.665	1.294	1.258	2.348
	p	0.099	0.199	0.212	0.021 *
Humedad relativa	β	0.014	-0.024	-15.044	-0.008
	T	0.499	-2.084	-1.864	-1.150
	p	0.619	0.040 *	0.066	0.253
Temperatura ambiental	β	0.366	0.094	28.683	0.048
	T	3.191	1.959	0.847	1.555
	p	0.002 *	0.053	0.399	0.124

7.5. INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES Y FISICOQUÍMICOS DEL AGUA SOBRE LA DIVERSIDAD DE CULICIDOS.

Se realizó un Análisis de Redundancia (RDA) para evaluar la influencia de los parámetros ambientales y fisicoquímicos del agua sobre la diversidad de mosquitos (Figura 19). Este análisis permitió identificar los principales gradientes ambientales asociados con la distribución de las especies. El modelo RDA explicó el 13.96% de la varianza total ($R^2 = 0.1396$), que ajustado por el número de variables y tamaño de muestra corresponde a un 6.62% (R^2 ajustado = 0.0662), es decir, el 6.62% de la variación total en las especies está explicada por los parámetros ambientales incluidos en el modelo.

Los ejes RDA1 y RDA 2 obtenidos en el análisis explican la mayor parte de la variabilidad observada:

- El eje RDA1 explicó el 3.96% de la varianza en las especies y fue el único estadísticamente significativo ($p=0.001$). Este eje representó un gradiente ambiental dominado, en su extremo positivo, por la temperatura ambiental (0.677), temperatura del agua (0.416) y el pH (0.158), mientras que en el extremo negativo se asociaron la cobertura de dosel (-0.879) y la humedad relativa (-0.553) (Cuadro 3). A lo largo de este gradiente se observó diferencias en la composición de la comunidad de mosquitos, donde especies asociadas a ambientes más abiertos y cálidos se proyectaron hacia valores positivos, mientras que aquellas relacionadas con ambientes más sombreados y húmedos se ubicaron hacia valores negativos. En particular, *Aedes aegypti* mostró valores positivos (0.718), los que sugiere afinidad por los sitios cálidos. *Ae. albopitus* (-0.367) y *Cx. coronator* (-0.121) se asociaron a valores negativos (Cuadro 4).
- El eje RDA2 explicó una menor proporción de la varianza con el 1.16% y no fue estadísticamente significativo ($p = 0.64$). Este eje estuvo caracterizado principalmente por la influencia negativa de la conductividad eléctrica (-0.637) y la humedad relativa (-0.447), mientras que la temperatura del agua (0.71) y la temperatura ambiental (0.362) afectan positivamente la distribución de la varianza (Cuadro 3). Aunque este eje no definió un patrón fuerte a nivel comunitario, algunas especies, como *Toxorhynchites moctezuma* se proyectaron hacia valores negativos, lo que sugiere que puede encontrarse en ambientes con mayores niveles de conductividad eléctrica (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficientes de los parámetros ambientales y fisicoquímicos y coeficientes de las especies de mosquitos en los dos primeros ejes del RDA.

	Coeficientes	RDA1	RDA2
Parámetros ambientales	Cobertura del dosel	-0.879994	-0.333301
	Humedad relativa	-0.553080	-0.447448
	Temperatura ambiental	0.677122	0.362194
Parámetros fisicoquímicos	Temperatura del agua	0.416154	0.713836
	pH	0.158269	0.011181
	Sólidos disueltos	-0.199241	-0.084673
	Conductividad eléctrica	-0.004342	-0.637431
Especies de mosquitos	<i>Ae. aegypti</i>	0.718425	0.147945
	<i>Ae. albopictus</i>	-0.367438	0.318282
	<i>Ae. epactius</i>	0.034911	0.036246
	<i>Ae. (Protomacleaya) sp1</i>	-0.054014	-0.021862
	<i>An. argyritarsis</i>	-0.000809	-0.037773
	<i>An. eiseni</i>	-0.016585	-0.008157
	<i>Cx. (Melanoconion) sp1</i>	-0.099511	-0.171905
	<i>Cx. corniger</i>	-0.012801	-0.072904
	<i>Cx. coronator</i>	-0.121803	0.066359
	<i>Cx. interrogator</i>	0.084331	-0.023497
	<i>Cx. nigripalpus</i>	-0.065147	0.003601
	<i>Cx. quinquefasciatus</i>	0.072625	0.024488
	<i>Hg. equinus</i>	-0.010992	-0.003772
	<i>Tx. moctezuma</i>	0.008200	-0.192475
	<i>Ur. coatzacoalcos</i>	-0.021111	-0.003205

Las flechas rojas en la Figura 19 indican la dirección y magnitud del efecto de cada parámetro ambiental o fisicoquímico sobre las comunidades de culícidos. En este sentido se puede observar que la temperatura ambiental (ET) y la temperatura del agua de los criaderos (WT) presentaron una mayor proyección, lo que sugiere una posible influencia sobre la distribución general de las especies. Sin embargo, al complementar este análisis con los modelos de regresión (GLM, Cuadro 4), se comprobó que solamente *Ae. aegypti* presentó relaciones estadísticamente significativas con algunos de los parámetros evaluados. La abundancia de esta especie aumentó significativamente en los criaderos con los valores más altos de conductividad eléctrica ($\beta= 8.59$, $p= 0.002$), mientras que disminuyó en criaderos con mayor cobertura de dosel ($\beta= -0.053$, $p= 0.025$) y con mayor cantidad de sólidos disueltos totales ($\beta= -0.0136$, $p= 0.003$).

Cuadro 4. Modelo lineal de las especies con los parámetros ambientales y fisicoquímicos.

Especie	Cobertura del dosel	Humedad relativa	Temperatura ambiental	Temperatura del agua	pH	Sólidos disueltos	Conductividad Eléctrica
<i>Ae. aegypti</i>	$\beta=-0.053$ $p=0.025$	$\beta=0.013$ $p=0.689$	$\beta= 0.035$ $p= 0.880$	$\beta=0.060$ $p=0.640$	$\beta= -0.466$ $p=0.168$	$\beta=-0.013$ $p=0.003$	$\beta=3.69$ $p=0 .002$
<i>Ae. albopictus</i>	$\beta=0.020$ $p=0.165$	$\beta=-0.30$ $p=0.32$	$\beta=0.02$ $p=0.88$	$\beta=0.127$ $p=0.277$	$\beta=0.060$ $p=0.81$	$\beta=0.000$ $P= 0.68$	$\beta=-0.989$ $p= 0.170$
<i>Cx. Melanoconion</i>	$\beta=0.02$ $p=0.659$	$\beta=0.119$ $p=0.164$	$\beta=-0.201$ $p=0.40$	$\beta=-0.483$ $p=0.157$	$\beta=1.17$ $p=0.17$	$\beta=-0.001$ $p=0.77$	$\beta=0.589$ $p=0.83$
<i>Cx. corniger</i>	$\beta=-0.23$ $p=0.523$	$\beta=0.054$ $p=0.53$	$\beta=0.145$ $p=0.57$	$\beta=-0.655$ $p=0.141$	$\beta=-1.18$ $p=0.137$	$\beta=-0.00$ $p=0.917$	$\beta=-0.095$ $p=0.91$
<i>Cx. coronator</i>	$\beta=0.020$ $p=0.37$	$\beta=-0.039$ $p=0.38$	$\beta=-0.206$ $p=0.34$	$\beta=0.05$ $p=0.74$	$\beta=0.42$ $p=0.23$	$\beta=-0.005$ $p=0.43$	$\beta=1.135$ $p=0.806$
<i>Cx. interrogator</i>	$\beta=-0.042$ $p=0.22$	$\beta=-0.04$ $p=.554$	$\beta=0.03$ $p=0.92$	$\beta=-0.676$ $p=0.11$	$\beta=-1.1$ $p=0.18$	$\beta=-0.00$ $p=0.81$	$\beta= 1.04$ $p=0.56$
<i>Cx. nigripalpus</i>	$\beta=-0.03$ $p=0.20$	$\beta=-0.01$ $p=0.83$	$\beta=-0.03$ $p=0.89$	$\beta=-0.53$ $p=0.08$	$\beta=-0.69$ $p=0.27$	$\beta=-0.005$ $p=0.63$	$\beta=1.91$ $p=0.795$

También se analizaron las diferentes zonas, encontrando patrones diferenciados en cuanto a la composición de especies y las condiciones ambientales:

- En la zona Reserva se registraron con mayor frecuencia especies asociadas a hábitats con mayor cobertura vegetal y humedad relativa como: la morfoespecie del subgénero *Melanoconion* y *Cx. coronator*.
- La zona ZoomAT mostró una combinación de especies adaptadas a características ambientales tanto de áreas urbanas como áreas mejor conservadas, encontrándose ahí especies como: *Haemagogus equinus* y *Anopheles argyritarsis*
- Por otra parte, en la zona Urbana, especies relacionadas con las temperaturas más altas y hábitats con menor cobertura vegetal fueron las más dominantes. La especie más frecuente de esta zona fue *Aedes aegypti*, pero también se encontraron otras como: *Ae. epactius* y *Cx. quinquefasciatus*.

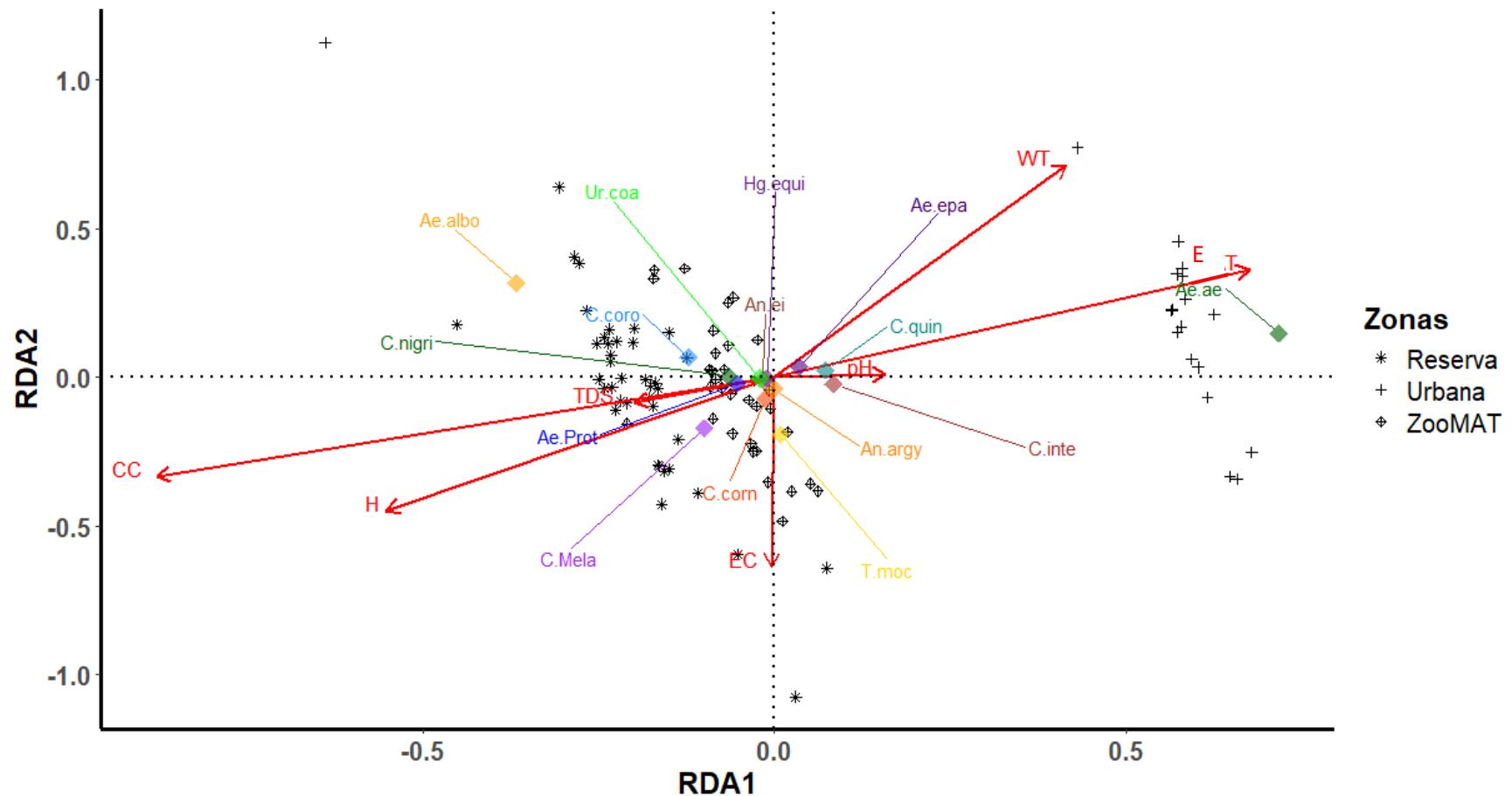


Figura 19. Análisis de Redundancia (RDA) de la influencia de los parámetros ambientales y fisicoquímicos del agua en la diversidad de mosquitos Culícidos. WT: temperatura del agua, ET: temperatura ambiental, EC: conductividad eléctrica del agua, H: humedad relativa, TDS: sólidos disueltos totales en el agua, CC: cobertura de dosel. Ae. albo: *Aedes albopictus*, Ur.coa: *Uranotaenia coatzacoalcos*, C. coro: *Culex coronator*, An. ei: *Anopheles eiseni*, Hg. equi: *Haemagogus equinus*, Ae. epa: *Aedes epactius*, C. quin: *Culex quinquefasciatus*, Ae. ae: *Aedes aegypti*, C. inte: *Culex interrogator*, An. argy: *Anopheles argyritarsis*, T. moc: *Toxorhynchites moctezuma*, C. corn: *Culex corniger*, C. Mela: *Culex (Melanoconion)*, Ae. Prot: *Aedes (Protomacleaya)*.

VIII. DISCUSIÓN

8.1 DIVERSIDAD DE MOSQUITOS

En este estudio se logró identificar a 13 especies y dos morfoespecies pertenecientes a siete géneros y nueve subgéneros. Entre los géneros identificados, destacó *Aedes* por ser el más abundante, con *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* como las especies más representadas. Este resultado coincide con lo reportado en otros trabajados, donde *Aedes* es uno de los géneros más abundantes en zonas tropicales y subtropicales debido a su capacidad para adaptarse a una amplia variedad de hábitats larvales, incluyendo criaderos artificiales y naturales (Barrera *et al.*, 2011; Lounibos, 2002). Segundo, se encuentra el género *Culex* que presentó la mayor diversidad con seis especies, esto refleja la amplia distribución y adaptación que estas tienen a diferentes ambientes, tal como se ha documentado en estudios previos (Forattini, 2002; Wilkerson *et al.*, 2015).

La distribución de las especies varió entre las zonas estudiadas. En la zona Reserva, *Ae. albopictus* fue la especie dominante, lo que podrá estar relacionada con que en esta área se encontró la mayor disponibilidad de hábitats larvales que pueden ser aprovechados para su desarrollo, como huecos de roca y de árbol. Por otro lado, en el ZooMAT, *Cx. coronator* fue la especie más abundante, seguida de *Ae. albopictus*. La predominancia de *Cx. coronator* podría estar asociada a la presencia de cuerpos de agua permanentes o semipermanentes que son favorables para su desarrollo (Herbach, 1988), así como se sabe que esta especie está bien adaptada a ambientes modificados y a criaderos artificiales. En contraste, *Ae. aegypti* fue la especie dominante en la zona Urbana, lo que concuerda con su conocida preferencia por ambientes urbanos (Gubler, 1998; Rivera-García, 2018; Flores-Ruiz *et al.*, 2022).

Además de las especies más abundantes, se identificaron cuatro taxones de baja abundancia con distribuciones restringidas a ciertas zonas como son: *Ae. (Protomaceaya) sp 1*, *An. eiseni* y *Uranotaenia coatzacoalcos* exclusivamente

encontrados en la zona Reserva. Del mismo modo *An. argyritarsis* y *Hg. equinus* fueron únicamente encontradas en el ZooMAT. Aunque fueron pocos representadas en términos de abundancia, estas especies resultan valiosas como indicadoras de nichos ecológicos especializados. Un nicho ecológico corresponde al conjunto de roles funcionales que desempeñan una especie en un ecosistema, las variables del entorno físico para ella y un espacio de factores bióticos y abióticos necesarios para su establecimiento y persistencia (Trappes *et al.*, 2022). Por ejemplo, el género *Uranotaenia* presenta una marcada especialización trófica al alimentarse de la sangre de anfibios, principalmente de ranas, en más del 99% de sus ingestas sanguínea, lo que refleja su afinidad por micro hábitats sombreados y húmedos cercanos a sitios de reproducción de anuros (Toma *et al.*, 2014; Camp *et al.*, 2018). Asimismo, las larvas de este género se desarrollan en agua con alto contenido de materia orgánica, típicas de áreas bien conservadas (Heinemann y Belkin, 1977a), como lo es la zona Reserva. Las larvas de *Hg. equinus* se asocian a charcas temporales con elevada humedad (Arnell, 1973), como es el caso del ZooMAT. La aparición de estos taxones confirma la heterogeneidad ambiental y el grado de conservación diferente entre las zonas estudiadas.

En cuanto a los números de Hill, estos evidencian el impacto de las condiciones ambientales y el grado de urbanización sobre la diversidad de mosquitos. La mayor riqueza de especies se registró en la zona de Reserva, seguido de la zona ZooMAT, mientras que la zona Urbana presentó la menor riqueza. Este resultado es similar a lo reportado por Ferraguri y colaboradores (2016) donde menciona que en ciudades la urbanización reduce un 20-30% la riqueza de mosquitos.

La zona ZooMAT fue la más diversa, seguido de la Reserva, dejando a la zona Urbana como la menos diversa. Esto sugiere que, en las zonas con menor impacto antropogénico, las especies se distribuyen de forma más equitativa reduciendo así la presencia de especies dominantes. Se esperaba que la diversidad más alta fuera la zona Reserva. Se puede deber al manejo activo de los hábitats seminaturales (cuerpos de agua artificiales bien conservados) en el ZooMAT que da una mayor

variedad de criaderos a las especies lo que promueve probablemente más equitatividad en la distribución de las especies.

En contraste con la zona Urbana que presenta una comunidad de mosquitos menos diversa y con mayor dominancia de unas pocas especies que generalmente son las mejores adaptadas a nuevas condiciones artificiales como el caso del subgénero *Culex* y *Stegomyia*. Las actividades humanas producen perturbaciones ecológicas sustanciales que afectan a las comunidades de organismos vertebrados e invertebrados y a menudo conducen a un aumento de la abundancia de unas pocas especies y a una pérdida general de biodiversidad (McKinney, 2002). Es este caso, las especies *Aedes aegypti*, *Ae. albopictus* y *Culex quinquefasciatus* fueron las más abundantes. Se ha demostrado que la antropización del paisaje transforma el paisaje local del hábitat y crea nuevas oportunidades para la invasión de mosquitos antropofílicos (Ribeiro *et al.*, 2012, Mayi *et al.*, 2020). Esto podría facilitar la transmisión de patógenos causantes de enfermedades, dado que las especies que se ven más beneficiadas a estos cambios son generalmente vectores (Ferraguti *et al.*, 2016; Perrin *et al.*, 2022).

8.1.1 Especies de culícidos, su entorno y su importancia médica

A continuación, se presenta un catálogo relativamente detallado del conocimiento de la distribución y ecología en México de las especies que se recolectaron en este estudio, empezando por las especies de mayor importancia médica.

Aedes aegypti abarca 24 estados de la República, incluyendo Chiapas (Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos, 1994), esta especie se encontró en este estudio en las tres zonas al interior de llantas, depósitos de plástico, huecos de árbol y en estanques artificiales, replicando lo reportado por Christophers (1960) y Belkin *et al.* (1970). Fue asociada con al menos seis especies: *Ae. albopictus*, *Ae. epactius*, *Culex interrogator*, *Cx. nigripalpus*, *Cx. quinquefasciatus* y *Toxorhynchites moctezuma*. En cuanto a la importancia médica, es el vector principal de dengue, zika y chikungunya en las Américas (Eldridge, 2005; Hennessey *et al.*, 2016),

participa en el ciclo urbano de fiebre amarilla y ha demostrado en laboratorio capacidad para transmitir varios virus como encefalitis equina del Este (EEE), encefalitis equina del Oeste (EEO), encefalitis equina Venezolana (EEV), Mayaro, Ilhéus, Kamiti river, Ross river y nematodos como *Dirofilaria immitis* (Chamberlain *et al.*, 1954; Christophers, 1960; Brito *et al.*, 1999; Foster y Walker, 2002; Lutomiah *et al.*, 2007; Long *et al.*, 2011; Wang *et al.*, 2012).

Aedes albopictus, la especie más abundante en este estudio, presente en todas las zonas, se encontró principalmente en huecos de rocas, y contenedores de plásticos, aluminio y unicel, así como en axilas foliares y bromelias, tanto con agua clara como turbia, tal como Huang (1972) describió. Se encontró frecuentemente asociada a *Ae. aegypti* y *Cx. coronator*, además de *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. corniger*, *Cx. nigripalpus*, *Ae. epactius*, *Ae. (Protomacleaya) sp 1* y *Anopheles argyritarsis*, así como lo menciona Rivera-García (2018). Esta especie destaca por su potencial vectorial, ya que actúa como vector de fiebre amarilla, dengue y Virus del Oeste del Nilo (VON) (Turell *et al.*, 2001). En condiciones de laboratorio se ha observado su capacidad para transmitir la mayoría de los virus causantes de diversas encefalitis, EEE, EEO, EEV, Mayaro, de San Luis, de LaCrosse, Trivittatus (Mitchell, 1991). También, se han encontrado ejemplares infectados con el gusano del corazón *D. immitis* (Lok, *et al.*, 2000) y parece ser un vector competente en la transmisión de las malarias aviares (Ibáñez-Bernal, 2002). Se ha reportado en Quintana Roo, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz y Chiapas (Casas-Martínez y Torres-Estrada, 2003), y recientemente en Michoacán (Ortega-Morales *et al.*, 2025).

Culex quinquefasciatus, es presente en las tres zonas y especialmente abundante en la zona Urbana, donde fue frecuente en pozos asociado con *Ae. aegypti*, *Cx. interrogator* y *Cx. nigripalpus*, similar a lo reportado por Rivero-García (2018) y en contenedores artificiales con agua eutrófica (Clark-Gil y Darsie, 1983). Esta especie ha sido documentada en todas las entidades de México (Díaz-Nájera y Vargas, 1973; Heinemann y Belkin, 1977c; Ibáñez-Bernal, 1993; Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos, 1994; Muñoz-Cabrera *et al.*, 2006). Presenta importancia

médica, ya que es un vector del gusano de la filariasis linfática *Wuchereria bancrofti* en las áreas urbanas y semiurbanas de las regiones tropicales y subtropicales del mundo (Carpenter y LaCasse, 1955; Belkin *et al.*, 1970; Sirivanakarn, 1976). También se ha incriminado en la transmisión de parásitos de malaria aviar y han sido aislados de esta especie los virus de EEO, de EE de San Luis (EESL) y VON, además tiene la capacidad de transmitir el gusano del corazón *D. immitis* (Carpenter y LaCasse, 1955; Sirivanakarn, 1976; Mitchell *et al.*, 1980; Brito *et al.*, 1999; Hayes *et al.*, 2005). También se ha detectado con virus de Oropouche en Brasil (Cardoso *et al.*, 2015) y en México se reportaron mosquitos con presencia del virus del Zika (Elizondo-Quiroga *et al.*, 2017).

Culex nigripalpus, fue otra especie que se encontró en las tres zonas de estudio, en huecos de roca, estanques con vegetación y contenedores artificiales de cemento y aluminio con agua turbia, resultados que concuerdan con Clark-Gil y Darsie (1983). Se ha encontrado asociada con muchas especies, entre ellas Ae. *albopictus*, Ae. *aegypti*, Cx. *coronator* y Cx. *quinquefasciatus*, pero solamente Cx. *interrogator* ha sido reportada por Heinemann y Belkin (1977b). Se ha reportado en 20 estados, incluyendo Chiapas (Eads y Campos, 1963; Díaz-Nájera y Vargas, 1973; Ibáñez-Bernal, 1993; Muñoz-Cabrera *et al.*, 2006). Se ha incriminado como transmisor de EESL, además de que parece tener capacidad para transmitir al parásito *W. bancrofti* causante de filariasis linfática (Forattini, 1965). También se ha aislado VON en muestras de esta especie (Barrera *et al.*, 2008), el virus Patois y EEV en Chiapas (Deardorff *et al.*, 2011).

Haemagogus equinus se recolectó únicamente en la zona ZooMAT, en estanques artificiales sombreados, coincidiendo con lo que mencionan otros autores donde las formas inmaduras de esta especie suelen encontrarse en huecos y raíces de árboles, bambúes, bromelias epifitas, y ocasionalmente, en recipientes artificiales en situaciones peridomésticas (Dyar, 1928; Levi-Castillo, 1951; Belkin *et al.*, 1970; Arnell, 1973). Experimentalmente se ha confirmado como vector de fiebre amarilla y hallado infectado en Guatemala, por lo que puede actuar como puente

entre ciclos selváticos y peridomésticos en zonas endémicas de fiebre amarilla (Levi-Castillo, 1951, Forattini, 1965b; Arnell 1973; Clark-Gil y Darsie 1983).

Culex coronator es la especie más abundante del género en este estudio. Fue encontrada en las tres zonas, tanto en criaderos naturales (hueco de roca) como artificiales (contenedor de aluminio y estanque). Aunque se consideraba con poca relevancia médica, recientemente se detectaron los virus de EEV en poblaciones silvestres, el VON (CDC, 2025), el virus de la EESL (Turell *et al.*, 2000) y el virus del Zika en esta especie (Elizondo-Quiroga *et al.*, 2017). Estos hallazgos la posicionan como un vector emergente.

Culex interrogator, registrado en la zona ZooMAT y Urbana en charcas y recipientes metálicos con hojarasca y agua turbia, se encontró asociado con *Ae. aegypti*, *Cx. nigripalpus* y *Cx. quinquefasciatus* validando las observaciones de Clark-Gil y Darsie (1983) y Heinemann y Belkin (1977b), resaltando el hallazgo de esta especie principalmente en charcas sucias, estanques y recipientes artificiales con vegetación abundante. Ulloa y colaboradores (2009) lo reportaron positivo al VON, lo cual subraya su interés médico-veterinario.

En este estudio, *Aedes epactius* se colectó en la zona Reserva y la zona Urbana, principalmente en llantas y contenedores plásticos. Estos hallazgos confirman lo descrito por Christophers (1960) y Clark-Gil y Darsie (1983) quienes encontraron esta especie en criaderos similares. Asimismo, Zavortink (1972) lo encontró en huecos de rocas y árboles, lo cual coincide con nuestras observaciones en ambientes naturales. *Aedes epactius* se encontró asociado con *Ae. albopictus*. Aunque su importancia médica sigue siendo poco clara, el CDC ha detectado VON en ejemplares de Estados Unidos entre 1999 y 2016, por lo que su presencia y actividad fuera de rango nativo merece atención (CDC, 2025).

Culex corniger, subgénero *Phenacomyia*, se halló en las tres zonas en hueco de roca y árbol, en un recipiente artificial de plástico y en un estanque artificial, lo que concuerda con lo reportado por Clark-Gil y Darsie (1983) pues el subgénero también presenta plasticidad al aprovechar criaderos en diferentes grados de modificación del ambiente. Esta especie fue encontrada asociada con *Ae.*

albopictus, *Cx. coronator* y *Cx. quinquefasciatus* como fue reportado en Heinemann y Belkin (1977b). En cuanto a la importancia médica se han detectado mosquitos con el virus de EEV (Sanmartín *et al.*, 1973).

Entre los mosquitos del género *Anopheles*, *An. argyritarsis* se encontró solo en estanques de ZooMAT, con presencia de hojarasca y vegetación acuática. Estos resultados concuerdan con Faran (1980), Hoffman (1931) y Díaz-Nieto *et al.* (2020) que la reportan en criaderos con abundante vegetación con desechos y algas, y regularmente con agua turbia con un fondo fangoso como tanques de riego en jardines y huertos, así como en piletas de natación en desuso. Aunque no es vector primario de malaria, se ha hallado infectado naturalmente con *Plasmodium* (Linthicum, 1988), lo que sugiere la necesidad de vigilancia ante posibles brotes.

Toxorhynchites moctezuma fue encontrada en las tres zonas en llantas, recipientes de plástico y huecos de árbol, asociada con *Ae. aegypti*. Las fases inmaduras son depredadoras oportunistas y generalistas de invertebrados activos que viven en los mismos criaderos (Steffan y Evenhuis, 1981). No es vector de patógenos, pero sus larvas depredan otras larvas de culícidos de importancia médica (por ejemplo, *Ae. aegypti* y *Cx. quinquefasciatus*), convirtiéndola en posible agente de control biológico (Focks *et al.*, 1982; Chadee, 1985). Esta especie ha sido encontrada en 12 estados de la República Mexicana incluyendo Oaxaca, Tabasco y Chiapas (Heinemann y Belkin 1977; Ortega-Morales *et al.*, 2015; Ortega-Morales *et al.*, 2018; Torres-Avendaño *et al.*, 2021; Vázquez-Marroquín *et al.*, 2020; Viveros-Santos *et al.*, 2022).

Anopheles eiseni se encontró restringido a un solo hueco de roca sombreado y sin presencia de hojarasca, junto con *Ae. aegypti* en la zona Reserva. Esto concuerda con Rozeboom (1941), quien la describe como una especie afín por aguas limpias con mucha sombra y baja preferencia antropofílica. Se desconoce la importancia médica que presenta esta especie.

Uranotaenia coatzacoalcos se recolectó exclusivamente en charcas de la zona Reserva, con agua turbia y sin ninguna asociación. Diferentes autores han reportado a larvas de esta especie en pequeñas charcas de grandes arroyos, zanjas,

remansos rocosos, bambúes y abrevaderos con materia vegetal, principalmente en sitios parcialmente sombreados o en completa insolación (Heinemann y Belkin, 1977a, c; Rivero-García, 2018). Su rol vectorial es prácticamente desconocido.

La morfoespecie del subgénero *Protomacleaya* (sp. 1) apareció únicamente en la zona Reserva, en huecos de árbol con abundante hojarasca. Rivera-García (2018) documentó hábitats similares para especies de este subgénero, mientras que Viveros-Santos y colaboradores (2021) reportaron a especies del subgénero en sitios naturales pequeños y temporales, incluyendo huecos de rocas, huecos de árboles y nudos de bambú en áreas sombreadas. En este trabajo, además se aporta evidencia de coexistencia con *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus*, sugiriendo una notable plasticidad ecológica.

Las larvas de *Culex*, subgénero *Melanoconion* se ubicaron en charcas y márgenes rocosos de las zonas Reserva y ZooMAT sin ninguna otra especie asociada, coincidiendo con los hábitos silvestres descritos por Forattini y colaboradores (1991, 1993), aunque ellos también la registraron en ambientes rurales y urbanos. Una pequeña porción de estudios alcanza el nivel específico en la identificación. Esto se debe a la gran dificultad taxonómica que plantea este grupo de mosquitos. Los caracteres más confiables se encuentran en los genitales masculinos (Sallum y Forattini, 1996).

8.2 EFECTO DE LOS PARÁMETROS AMBIENTALES SOBRE LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL AGUA DE LOS HÁBITATS LARVALES

Las zonas estudiadas presentaron perfiles ambientales muy característicos. La actividad humana resulta en diferentes gradientes de perturbación del paisaje modificando la estructura del dosel, la temperatura ambiental y la humedad relativa. Diversos estudios demuestran que la urbanización reduce la cobertura de dosel en un 30-60% en los trópicos, con efectos directos en la temperatura (incremento de 2-5°C) y humedad (disminución de 10-15%) (Aranson *et al.*, 2014). Proyecciones más recientes alertan que esta tendencia podría acelerarse, pudiendo perder hasta

un 40% de cobertura de dosel en áreas donde hay presencia de actividad humana (Qiang *et al.*, 2023).

En la zona Reserva, la cobertura de dosel fue la mayor, es un hábitat poco alterado (donde existe nula actividad humana), caracterizado por una vegetación arbórea diversa y densa. Este tipo de cobertura contribuye a la regulación del microclima, manteniendo temperaturas ambientales más bajas y con una mayor humedad relativa.

En la zona ZooMAT, el perfil ambiental es similar, aunque la cobertura del dosel es un poco más reducida debido a la presencia de construcciones asociadas al Zoológico, como encierros de animales y oficinas administrativas. La actividad humana y la infraestructura del zoológico reduce parcialmente la cobertura vegetal. No obstante, aún puede mantener condiciones ambientales favorables para la presencia de diversos organismos, principalmente a aquellos que pueden adaptarse a nuevas condiciones.

Por el contrario, en la zona Urbana, la cobertura de dosel fue mucho menor debido a la mancha urbana, principalmente construcciones de casas y pocas especies arbóreas presentes, lo que genera un ambiente expuesto a la radiación solar, es decir mayor temperatura ambiental y menor humedad relativa. Estudios han señalado que la densidad del dosel puede influir en los parámetros microclimáticos como la temperatura y la humedad relativa del ambiente (Gómez-Sanz, 2004).

El análisis de los parámetros fisicoquímicos reveló que el único parámetro del agua presentando una diferencia significativa entre las tres zonas fue la temperatura del agua, con valores menores registrados en la Reserva y el ZooMAT y temperaturas más elevadas en la zona Urbana. Esto se atribuye a la estrecha relación entre la temperatura del ambiente con la del agua, como se demostró en este estudio.

Por ejemplo, la zona con menor cobertura de dosel (zona Urbana) presentó temperaturas ambientales más altas, lo que contribuyó al calentamiento del agua de los criaderos. Por el contrario, en las zonas con mayor cobertura de dosel (Zona

Reserva y ZooMAT), la sombra proporcionada por la vegetación reguló y mantuvo las temperaturas ambientales más bajas teniendo un efecto directo en la temperatura del agua (Caissie, 2006; Webb *et al.*, 2008). En particular, la temperatura ambiental resultó ser el factor de mayor influencia, afectando fuertemente la temperatura del agua y de manera marginal el pH. La estrecha relación entre temperatura ambiental y temperatura del agua es un patrón esperado en sistemas de pequeño volumen y naturaleza lética, donde la relación superficie/volumen y la baja inercia térmica favorecen una respuesta rápida del agua a las condiciones externas (Hassall, 2014). La tendencia de la temperatura a influir en el pH puede explicarse por procesos microbianos asociados a la descomposición y respiración, que incrementan las concentraciones de CO₂ disuelto y generan una acidificación del medio (Klemme *et al.*, 2022).

Otros parámetros fisicoquímicos estudiados, como el pH, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales, no mostraron diferencias significativas entre las tres zonas. Sin embargo, observamos efectos de los factores ambientales sobre el pH y la conductividad eléctrica. Una alta humedad relativa del ambiente corresponde a una adificación del agua de los criaderos y, por otra parte, una alta cobertura de dosel corresponde a una alta conductividad eléctrica del agua. Tal vez, las variaciones de estos parámetros fisicoquímicos no dependen solamente de los factores ambientales evaluados en este estudio. Los factores geológicos y químicos del sustrato y del agua también los afectan. Estos tienden a ser más homogéneos en áreas cercanas. Por ejemplo, el pH del agua suele estar determinado por la composición mineral del suelo y la presencia de materia orgánica, factores que pueden no variar significativamente entre zonas adyacentes (Allan y Castillo, 2007). De manera similar, la conductividad eléctrica y los sólidos disueltos totales están relacionados con la concentración de iones y minerales disueltos en el agua, que pueden ser relativamente constante en áreas con sustratos geológicos similares (Wetzel, 2001).

La humedad relativa mostró un efecto negativo significativo sobre el pH. Este hallazgo puede entenderse en el marco del balance hidrológico: en condiciones de baja humedad, la evaporación del agua favorece la concentración de iones básicos,

elevando el pH, mientras que, en condiciones de alta humedad, la evaporación disminuye y el pH tiende a mantenerse en valores más bajos. Este mecanismo es consistente con lo observado en humedales tropicales y sistemas de inundación, donde la evaporación juega un papel central en la concentración de solutos y en la modulación del pH (Romo, *et al.*, 2005).

La cobertura del dosel influyó positivamente sobre la conductividad eléctrica resultado que contrasta con lo esperado en ambientes urbanos o perturbados, donde el dosel suele actuar como filtro que reduce la entrada de solutos (Jiménez-Pérez *et al.*, 2019).

8.3 INFLUENCIA DE LOS PARAMETROS AMBIENTALES Y FISICOQUÍMICOS DEL AGUA EN LA DIVERSIDAD DE CULÍCIDOS

El modelo de Análisis de Redundancia explica un bajo porcentaje (6.6%) de la variación en la distribución de las especies de culícidos, sin embargo, el resultado fue significativo. Indica que los parámetros ambientales y fisicoquímicos medidos en este estudio tienen una influencia en la distribución de las especies, al igual que el trabajo de Medeiros-Sousa *et al.*, (2020) que explicó el 6.8% de la variación. Los autores solo evaluaron cuatro parámetros: pH, salinidad, oxígeno disuelto y temperatura del agua. En ese sentido, concuerdan en que es importante considerar que existen otros parámetros que no fueron medidos que podrían estar afectando en mayor medida la presencia y abundancia de mosquitos como las características del hábitat. Otros factores pueden ser el tamaño del cuerpo de agua, el volumen de agua, el sombreado y la presencia de vegetación acuática, además de factores biológicos como la presencia de depredadores, competidores y microorganismos utilizados como fuente de alimento (Merritt, 1992; Beketov *et al.*, 2010; Mereta *et al.*, 2013; Dida *et al.*, 2015).

Algunos de los parámetros estudiados afectaron la distribución de *Ae. aegypti*. Esta especie se mostró más favorecida en criaderos con mayores niveles de conductividad eléctrica, menor cantidad de sólidos disueltos totales y en lugares con menos cobertura de dosel. Estos resultados sugieren que *Ae. aegypti* prefiere criaderos artificiales, expuestos y con mayor carga iónica como los que se encuentran en la zona Urbana, ya que el material del que está hecho el criadero

puede influir en la cantidad de iones liberados, así como varios tipos de contaminantes (Belkin *et al.* 1970; Márquez-Benítez *et al.*, 2019; Medeiro-Sousa *et al.*, 2020).

Aunque el efecto de la temperatura ambiental y del agua no fue estadísticamente significativo, diversos autores coinciden en que son factores importantes. La temperatura y la humedad relativa del ambiente afecta directa o indirectamente la composición y diversidad de comunidades biológicas (Jucker *et al.*, 2018, Jiménez *et al.*, 2019). Sobre todo, en insectos que se caracterizan por ser poiquilotermos, ya que su temperatura corporal fluctúa con la temperatura ambiental. Así pues, la temperatura afecta a algunos procesos biológicos de los mosquitos como la maduración sexual, la oviposición, así como en la velocidad del desarrollo en etapas inmaduras (Christofferson, 2016). Es conocido que las temperaturas elevadas aceleran el ciclo larval, haciendo que el tiempo durante estas etapas se acorten (Bueno, 2010; Mordecai *et al.*, 2012; Paaijmans *et al.*, 2013).

En el caso de *Ae. aegypti* es relevante, ya que se observó que su presencia estuvo marcada preferentemente en la zona Urbana, lugar donde la temperatura ambiental es la más alta, lo cual concuerda con estudios previos que han determinado que temperaturas entre 26°C y 28°C aceleran su desarrollo y aumenta su supervivencia (Márquez-Benítez *et al.*, 2019). Además, temperaturas más altas pueden reducir el periodo de incubación del virus del dengue dentro del mosquito, incrementando el riesgo de transmisión a humanos (Lambrechts *et al.*, 2011). Esto resalta la importancia del monitoreo y control de esta especie para reducir el riesgo epidemiológico en la población humana.

En cuanto a otras especies como *Toxorhynchites Moctezuma*, aunque no fue posible evaluar estadísticamente su respuesta por limitaciones en la cantidad de datos, se observó su presencia en criaderos con alta conductividad. Esta especie es depredadora en su etapa larval y se alimenta de otras especies de invertebrados, incluyendo culícidos. Ukubuiwe y colaboradores (2020) propusieron que las concentraciones de iones podrían afectar la composición de la comunidad microbiana y bacteriana, tanto en la dieta larvaria como en el entorno acuático, a lo

largo del tiempo. De hecho, Goller y Romeo (2008) han demostrado que niveles más altos de conductividad pueden impulsar el desarrollo de la biopelícula (comunidad de microorganismos adheridos a una superficie). Esto, a su vez, puede afectar el crecimiento larvario al limitar la disponibilidad de nutrientes como resultado de la competencia bacteriana. Esta puede ser la razón por la cual *Tx. moctezuma* se haya encontrado en criaderos con altos niveles de conductividad eléctrica, ya que al ser depredadora no depende totalmente de los nutrientes disponibles en el agua, sino más bien de la presencia de otros organismos acuáticos.

En contraste con estudios previos, el pH no afectó la distribución de especies en este estudio. Madeiros-Sousa y colaboradores (2020) encontraron que el pH fue un parámetro significativo para especies como *Ae. albopictus*, *Ae. aegypti*, *Cx. dolosus* y *Cx. quinquefasciatus* que se encontraron en criaderos con los niveles de pH más alcalinos (> 9), esto puede deberse a que los rangos de valores de pH registrado en las zonas muestreadas fueron demasiados estrechos para generar un impacto detectable en la distribución de las especies.

Una especie que se debe abordar con atención es *Ae. albopictus*, ya que se caracterizó por no estar significativamente asociado a ninguno de los parámetros medidos, lo que sugiere un alto grado de plasticidad ecológica. Esta especie presenta una gran capacidad para adaptarse a distintos ambientes. Estudios previos han documentado que *Ae. albopictus* presenta una alta tolerancia a diferentes condiciones ambientales, lo que le ha permitido expandir su distribución geográfica en los últimos años (Kraemer *et al.*, 2019). Su capacidad de colonizar ambientes urbanos, periurbanos y selváticos resalta su potencial como vector emergente de enfermedades como el dengue y el chikungunya (Benedict *et al.*, 2007). Al ser una especie exótica e invasora, podría llegar a desplazar a especies que naturalmente se distribuyen en estas zonas y que no representan un riesgo epidemiológico.

8.4 INTERACCIONES DE LOS CULICIDOS CON LOS CRIADEROS DE CADA ZONA

Se reflejó una diferencia en la distribución y en el tipo de criaderos entre las tres zonas estudiadas. Igualmente, es el resultado de la presencia o no de la actividad humana. La zona Reserva presentó la mayor cantidad de criaderos positivos, de los cuales la mayoría eran criaderos naturales como hueco de árboles, charcas y márgenes de corriente. En contraste, en la zona Urbana hubo una menor cantidad de criaderos, los cuales en su mayoría fueron artificiales.

Al observar el mapa de los tipos de vegetación dentro del cerro el Zapotal se reconoce que en la zona Reserva predomina la selva Mediana Subperennifolia, mientras que en la zona ZooMAT se encuentra principalmente selva Baja Caducifolia. Por último, la zona Urbana es donde se encuentra la vegetación secundaria (Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural, 2013). Esta composición en la vegetación es relevante para la disponibilidad de hábitats larvarios, ya que las especies de árboles varían y en algunos casos, no presentan las estructuras adecuadas para formar criaderos naturales, como es el caso de bejucos. Además, la intervención humana como es el caso de la zona ZooMAT, donde se ha modificado la vegetación original a causa de la infraestructura, así como para los encierros de animales, influye significativamente en la disponibilidad de criaderos debido a los suministros de agua necesarios. Esto puede explicar porque en esta zona la proporción de criaderos artificiales fue alta. Aunque la zona mantiene vegetación, la presencia de estanque y recipientes artificiales asociados a actividades humanas genera hábitats favorables para los culícidos. Por lo que la capacidad de los mosquitos para aprovechar recursos en ambientes heterogéneos es notable (Merritt *et al.*, 1996).

El análisis de redes de interacción permitió identificar patrones diferenciales entre las especies de culícidos y los tipos de criaderos utilizados en cada zona. En la zona de Reserva, se refleja una red relativamente especializada, como es característico en hábitats conservados (baja conectancia y anidamiento moderado). Esta estructura sugiere una alta partición de nicho, donde la diversidad y heterogeneidad de criaderos naturales promueven la coexistencia de especies con preferencias específicas (Ferraguti *et al.*, 2016). Además, la modularidad relativamente alta refuerza la idea de subgrupos ecológicamente diferenciados,

donde ciertos conjuntos de especies interactúan con tipos particulares de criaderos, lo cual puede reflejar adaptaciones a microhábitats o competencias mínimas entre especies.

En contraste, la zona Urbana presentó una red más jerárquica, donde pocas especies generalistas dominan sobre una amplia gama de criaderos artificiales (anidamiento y especialización elevados). Este tipo de estructura es común en entornos antropizados, donde la homogeneización del hábitat reduce las opciones de refugio y reproducción, favoreciendo especies oportunistas como *Ae. aegypti* y *Ae. albopictus* (Wilke *et al.*, 2020). Aunque el valor de especialización puede parecer contradictorio al estar acompañado por especies generalistas, en este caso se explica por la concentración de interacciones en pocos nodos clave (criaderos), lo cual genera un patrón de especialización estructural de la red. Esta configuración puede implicar un mayor riesgo epidemiológico, ya que las especies dominantes (además de ser generalistas) son reconocidas por su papel como vectores de arbovirus (Lounibos y Kramer, 2016).

La zona ZooMAT, por su parte, presentó una red mixta, donde coexisten especies con grados variables de especialización y con una distribución de interacciones poco jerarquizada (conectancia, anidamiento y modularidad intermedios). La presencia de cuerpos de agua como estanques, junto con recipientes artificiales, puede estar generando un ambiente de transición entre condiciones naturales y urbanas, permitiendo que especies tanto silvestres como sinantrópicas interactúen con distintos tipos de criaderos

IX. CONCLUSIÓN

La mayor diversidad y equidad de especies observadas en la Reserva y el ZooMAT pueden estar relacionadas con una mayor heterogeneidad de hábitats y menor presión antrópica, mientras que la menor diversidad y mayor dominancia de especies en la zona Urbana sugieren que la urbanización está favoreciendo a especies altamente adaptadas a estos entornos. El estudio ha caracterizado el ZooMAT como una zona de transición entre la Reserva y la zona Urbana, con una alta riqueza de mosquitos tanto silvestres como peridomésticos.

La cobertura del dosel de los árboles fue un parámetro ambiental importante, teniendo diferencias significativas entre las tres zonas. Mientras que para la zona de Reserva y el ZooMAT tanto la temperatura ambiental y la humedad relativa fueron muy parecidas, la zona Urbana presentó una mayor temperatura ambiental y menor humedad relativa. En cuanto a la influencia de los parámetros ambientales sobre los fisicoquímicos del agua de los criaderos, se observó que una alta cobertura de dosel incrementó la conductividad eléctrica, una alta temperatura ambiental correspondía a una alta temperatura del agua y que una alta humedad relativa acidifica el agua.

Este estudio explicó solamente 6.6% de la varianza de la diversidad y abundancia de las larvas de mosquitos, pero fue significativo. Teniendo a las variables de temperatura ambiental y del agua como las que más influyeron en la comunidad de mosquitos. Confirma que la cobertura del dosel, los sólidos disueltos y la conductividad eléctrica del agua de los criaderos son factores importantes en la distribución de la especie *Ae. aegypti* ya que fue la única especie que obtuvo resultados significativos. Para las otras especies analizadas, no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas, lo que indica que otros factores no incluidos en este estudio, como interacciones bióticas, disponibilidad de alimento, competencia o incluso variables sociales, podrían estar influyendo en su presencia y abundancia. Lo anterior resalta la necesidad de incorporar un enfoque más amplio en futuros estudios para comprender mejor los mecanismos que regulan la diversidad y distribución de los mosquitos en diferentes hábitats.

Este trabajo demuestra que la urbanización promueve redes de interacción más especializadas (por la concentración de interacciones en pocos criaderos) y jerárquicas, con implicaciones epidemiológicas. Estrategias como el manejo integrado de criaderos artificiales deberían priorizarse en zonas urbanas, mientras que, en áreas conservadas, la protección y cuidado de microhábitats naturales podría mantener comunidades de mosquitos más equitativos y con menos presencia de especies vectoras. Esto resalta la importancia de implementar prácticas sostenibles sobre el manejo de espacios naturales, para equilibrar la conservación de hábitats y el uso recreativo.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Allan, J.D y Castillo, M.M. 2007. Structure and Function of Running Waters. *Stream Ecology*. Michigan. Springer.
- Alvarado-Torres, H., Viveros-Santos, V., Torres-Monzón, J. A., López-Ordóñez, T., Torres-Chable, O., y Casas-Martínez., M. 2019. Detección de *Dirofilaria immitis*. (Spirurida: Onchocercidae) en la comunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) de cementerios de la región de Soconusco, sur de México. *Entomología Mexicana*. 6: 490-496.
- Araujo-Diniz, D.F., Ribeiro-de Albuquerque, C.M., Oliveira-Oliva, L., Varjal-de Melo Santos. Y Junqueira-Ayres, C.F. 2017. Diapause and quiescence: dormancy mechanisms that contribute to the geographical expansion of mosquitoes and their evolutionary success. *Parasites & vectors*, 10: 310-318.
- Arnell, J. H. 1973. Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XXXII. A revision of the genus *Haemagogus*. *Contributions of the American Entomological Institute* 10: 1-174.
- Arocena, J.M. 2000. Cations in solution from forest soils subjected to forest floor removal and compaction treatments. *Forest Ecology and Management*. 133: 71-80.
- Aronson, M.F.J., La Sorte, F.A., Nilon, C.H., Katti, M., Goddard, M.A., Lepczyk, C.A., Warren, P.S., Williams, N.S.G., Cilliers, S., Clarkson, B., Dobbs, C., Dolan, R., Hedblom, M., Klotz, S., Kooijmans, J.L., Kühn, I., MacGregor-Fors, I., McDonnell, M., Mörtberg, U. y Winter, M. 2014. A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1780): 20133330.
- Badii, M., Garza, V., Landeros, J., y Quiroz, H. 2006. Diversidad y relevancia de los mosquitos. *Cultura científica y Tecnológica*, 3(13): 4-16.
- Banna, M.H., Najjaran, H., Sadiq, R., Imran, S.A., Rodriguez, M.J. y Hoorfar, M. 2014. Miniaturized water quality monitoring pH and conductivity sensors. *Sensors & Actuators, B: Chemical*, 193: 434–441.
- Barzon, L. 2018. Ongoing and emerging arbovirus threats in Europe. *Journal of Clinical Virology*, 107: 38-47.
- Barrera, R., Hunsperger, E., Munoz-Jordán, J.L., Amador, M., Diaz, A., Smith, J., Bessoff, K., Beltran, M., Vergne, E., Verduin, M., Lambert, A. y Sun, W. 2008 First isolation of West Nile virus in Caribbean. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 78: 666–668.
- Becker, N., Petric, D., Zgomba, M., Boase, C., Madon, M., Dahl, C., y Kaiser, A. 2010. *Mosquitoes and Their Control*. Springer. Berlin.
- Beketov, M.A., Yurchenko, Y.A., Belevich, O.E. y Liess, M. 2010. What environmental factors are important determinants of structure, species richness, and abundance of mosquito assemblages? *Journal Medical Entomological*, 47: 129–139.

- Belkin, J.N., Heinemann, S.J. y Page, W.A. 1970. Mosquito Studies (Diptera, Culicidae) XXI. The Culicidae of Jamaica. *Contributions of the American Entomological Institute*, 6(1): 1–458.
- Benedict, M. Q., Levine, R. S., Hawley, W. A., y Lounibos, L. P. 2007. Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector Borne Zoonotic Diseases*; 7(1): 76-85.
- Berberian, M y Rosanova, M. 2012. Impact of climate change on infectious diseases. *Archivos argentinos de pediatría*, 110(1): 39-45
- Berti-Moser, J., Gutiérrez, A. y Zimmerman, R.H. 2004. Relaciones entre tipos de hábitat, algunas variables químicas y la presencia de larvas de *Anopheles aquasalis* Curry y *Anopheles pseudopunctipennis* Theobald en un área costera del Estado Sucre, Venezuela. *Entomotropica*, 19(2): 79-84.
- Betanzos-Reyes, A.F. 2011. La malaria en México. Progresos y desafíos hacia su eliminación. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México*, 68(2): 159-168.
- Blüthgen, N., Menzel, F. y Blüthgen, N. 2006. Measuring specialization in species interaction networks. *Bio Medic Central Eclogy*, 6(9): 1-12.
- Brito AC, Fontes G, da Rocha EMM, Rocha DAM, 1999 Development of *Dirofilaria immitis* (Leidy) in *Aedes aegypti* (L.) and *Culex quinquefasciatus* (Say) from Maceio, Alagoas. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 94: 575–576.
- Bueno, R. 2010. *Bioecología, diversidad e interés epidemiológico de los culícidos mediterráneos (Diptera: Culicidae)*. Tesis de doctorado. Valencia, España: Universidad de Valencia.
- Caissie, D. 2006. The thermal regime of rivers: A review. *Freshwater Biology*, 51(8): 1389-1406.
- Camp, J.V., Bakonyi, T., Soltész, Z. Zechmeister, T. y Nowotny, N. 2018. *Uranotaenia unguiculata* Edwards, 1913 are attracted to sound, feed on amphibians, and are infected with multiple viruses. *Parasites Vectors*, 11(456): 1-10.
- Campbell-Lendrum, D., Molyneux, D., Amerasinghe, F., Davies, C., Fletcher, E., Schofield, C., Hougard, J.M., Polson, K. y Sinkins, S. 2005. Ecosystems and vector-borne disease control. En: Ecosystems and human well-being. Policy Responses Volume 3. Epstein, P., Githeko, A., Rabinovich, J. y Weinstein, P. (eds.). Millennium Ecosystem Assessment, World Health Organization. Ginebra, Suiza. pp. 353–372.
- Cardoso, B.F., Serra, O.P., Heinen, L.B., Zuchi, L.B., Costa, V. y Naveca, F.G. 2015. Detection of Oropouche virus segment S in patients and in *Culex quinquefasciatus* in the state of Mato Grosso, Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 110: 745–754.
- Carles-Tolrá, M. 2015. Orden Diptera. IDE@-SEA, 63: 1–22. Recuperado el 25 de abril de 2024, de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_63.pdf

- Carpenter, S.J. y La Casse, W.J. 1955. Mosquitoes of North America. University of California Press. California, EE.UU.
- Casas-Martínez, M. y Torres-Estrada, J.L. 2003. First evidence of *Aedes albopictus* (Skuse) in southern Chiapas, México. *Emerging Infectious Diseases*, 9(5): 606–607.
- CDC. 2018. Centro Nacional para Enfermedades Infecciosas Emergentes y Zoonóticas. Ciclo de vida del mosquito. Recuperado el 23 de octubre de 2024, de <https://www.cdc.gov/zika/pdfs/spanish/MosquitoLifecycle-sp.pdf>
- CDC: Centers for Disease Control and Prevention. 2025. Mosquito species in which West Nile virus has been detected, United States, 1999–2016 (reported to ArboNET). Recuperado en enero de 2025, de <https://www.cdc.gov/mosquitoes/media/pdfs/2024/04/mosquitospecies1999-2016.pdf>
- Chadée, D.D. 1985. *Toxorhynchites moctezuma*, a potential biological control agent in Trinidad and Tobago, W.I. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1: 376-378.
- Chamberlain EW, Kissling EE, Sikes EK. 1954. Studies on the North American arthropod-borne encephalitides. VII. Estimation of amount of Eastern equine encephalitis virus inoculated by infected *Aedes aegypti*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 60: 286–291.
- Chaverri, L. G. 2003. Claves fotográficas 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. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 24: 20.
- Christofferson R.C. y Mores C.N. 2016. Potential for extrinsic incubation temperature to alter interplay between transmission potential and mortality of dengue-infected *Aedes aegypti*. *Environ Health Insights*. 10: 119-23.
- Christophers, S.R. 1960. *Aedes aegypti* (L.) *The Yellow Fever Mosquito: Its Life History, Bionomics and Structure*. Cambridge University Press. Reino Unido.
- Clark, T.M., Flis B.J., y Remold S.K. 2004. pH tolerances and regulatory abilities of freshwater and euryhaline Aedine mosquito larvae. *Journal of Experimental Biology*, 207(13): 2297–2304.
- Clark-Gil, E. y Darsie RF. 1983. The mosquitoes of Guatemala their identification, distribution and bionomics, with keys to adult females and larvae. *Mosquito Systematics*, 15: 151–284
- Clements, A.N. 1992. *The Biology of Mosquitoes*. CABI. London.

- Crans, W. 2004. A classification system for mosquito life cycles: life cycle types for mosquitoes of the northeastern United States. *Journal of Vector Ecology: Journal of the Society for Vector Ecology*, 29(1): 1-10.
- Dávalos-Becerril, E., Correa, F., González, C., Santos, R., Peralta, J., Pérez, C., y Moreno, M. 2019. Urban and semi-urban mosquitoes of Mexico City: A risk for endemic mosquito-borne disease transmission. *PlosOne*, 14(3): 1-19.
- Darsie, R.F. y Ward, R. 2005. *Identification and Geographical Distribution of the Mosquitoes of North America, North of Mexico*. American Mosquito Control Association. Fresno, California.
- Deardorff, E.R., Estrada-Franco, J.G., Freier, J.E., Navarro-Lopez, R., Travassos, A., Tesh, R.B. y Weaver, S. 2011. Candidate vectors and rodent hosts of Venezuelan equine encephalitis virus, Chiapas, 2006–2007. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 85: 1146–1153.
- Decina, S.M., Ponette-González, A.G. y Rindy, J.E. 2020. Urban Tree Canopy Effects on Water Quality via Inputs to the Urban Ground Surface. En: *Forest–Water Interactions*. Springer. Suiza. pp. 123- 145.
- Dehling, D.M. 2018. The structure of ecological networks. En: *Ecological Networks in the Tropics: An Integrative Overview of Species Interactions from Some of the Most Species-Rich Habitats on Earth*. Dátillo, W. y Rico-Gray, V. (eds.). Springer International Publishing AG. Suiza. pp. 29–42.
- Díaz-Nájera, A. y Vargas, L. 1973. Mosquitos mexicanos. Distribución geográfica actualizada. *Revista de Investigación en Salud Pública*, 33: 111–125.
- Díaz Nieto, L.M., Murúa, B., Albérico, F., Cano, S., Florencia, A., Laurito, M. y Almiron, W. 2020. New records of culicidae (Diptera) in agricultural oases of San Juan Province, Argentina; Pensoft Publishers; Check List; 16 (4): 28-38.
- Dida, G.O., Gelder, F.B., Anyona, D.N., Abuom, P.O., Onyuka, J.O., Matano, A.S., Adoka, S.O., Kanangire, C.K., Owuor, P.O., Ouma, C.y Ofulla, A.V. 2015. Presence and distribution of mosquito larvae predators and factors influencing their abundance along the Mara River, Kenya and Tanzania. *Springerplus*, 4: 1–14.
- Dyar, H.G. 1928. *The Mosquitoes of the Americas*. Carnegie Institution for Science. Washington, D.C.
- Eads, R.B. y Campos, E.G. 1963. Mosquitoes collected in the Mexican states of Tamaulipas and San Luis Potosí. *Mosquito News*, 23: 45–48.
- Eldridge, B.F. 2005. Mosquitoes, the Culicidae. En: Marquardt, W.C., Black, W.C., Freier, J.E., Hagedorn, H.H., Hemingway, J., Higgs, A., James, A., Kondratreff, B. y More, C.G. (eds.). *Biology of Disease Vectors*, 2^a ed. Elsevier Academic Press. Nueva York. Capítulo 9, pp. 234-258.

- Elizondo-Quiroga, D., Medina-Sánchez, A., Sánchez-González, J.M., Eckert, K.A., Villalobos-Sánchez, E., Navarro-Zúñiga, A.R., Sánchez-Tejeda, G. Correa-Morales, F., González-Acosta, C., Arias, C.F., López, S., Del Ángel, R.M., Pando-Robles, V. y Elizondo-Quiroga, A.E. 2017. Zika virus in salivary glands of five different species of wild-caught mosquitoes from Mexico. *Scientific Reports*, 8:809.
- Faran, M.E. 1980. Mosquito studies (Diptera, Culicidae), XXXIV. A revision of the Albimanuz Section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles*. *Contributions of the American Entomological Institute*, 15(7): 1-215.
- Ferraguti, M., Martínez-de la Puente, J., Roiz, D. Ruiz, S., Soriguer, R. y Figuerola, J. 2016. Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance. *Scientific Reports*, 6: 29002.
- Flores-Ruiz, S., Cabrera-Romo, S., Castillo-Vera, A., y Dor., A. 2022. Effect of the Rural and Urban Microclimate on Mosquito Richness and Abundance in Yucatan State, Mexico. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, 22(5): 281-287.
- Focks D.A., Sackett S.R. y Bailey D.L. 1982. Field experiments on the control of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* by *Toxorhynchites rutilus rutilus* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 19: 336– 339.
- Forattini, O.P. 1965. *Entomología Médica. Vol. 2. Culicini: Culex, Aedes e Psorophora*. Editôra da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil.
- Forattini, O.P., Gomes, A.C., Kakitani, I. y Marucci, D. 1991. Observações sobre domiciliarão de mosquitos Culex (Melanoconion) em ambiente com acentuadas modificações antropicas. *Revista de Saúde Pública*, 25: 257–266.
- Forattini, O.P., Kakitani, I., Massad, E. y Marucci, D. 1993. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment: 4 survey of resting adults and synanthropic behaviour in south-eastern, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 27: 398–411.
- Forattini, O.P. 2002. Culicidologia médica: Identificacao, biología, epidemiología. Editora da Universidade de São Paulo. Brasil.
- Foster, W.A. y Walker, E.D. 2002. Mosquitoes (Culicidae). En: Mullen, G. y Durden, L. (eds.). *Medical and Veterinary Entomology*. Academic Press. Estados Unidos. pp. 204–264.
- Foster, W. 2024. Mosquito pollination of plants: an overview of their role and an assessment of the possible contribution of disease vectors. *Transgenic Research*, 33(5): 297-322.
- Githeko, A. K., Lindsay, S. W., Confalonieri, U. E. y Patz, J. A. 2001. El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9): 1136–1147.
- Goller, C.C., Romeo, T. 2008. Environmental influences on biofilm development. *Curr Top Microbiology Immuno*, 322: 37–66.

- Gómez-Sanz, V. 2004. Cubiertas forestales y respuesta microclimática. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For.* 13: 84-100.
- Gubler, D. J. 1998. Dengue and dengue hemorrhagic fever. *Clinical Microbiology Reviews*. 11(3): 480-496.
- González-Díaz, A. 2021. Mosquitos urbanos (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Guerra, C.A., Snow R.W. y Hay, S.I. 2006. Defining the Global Spatial Limits of Malaria Transmission in 2005. *Advances in Parasitology*, 62: 157-179.
- Harbach, R. E. 1988. The mosquitos of the subgenus *Culex* in southwestern Asia and Egypt (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute*, 24(1): 1-240.
- Harbach, R.E. 2024. Mosquito taxonomic inventory. Recuperado en septiembre de 2024, de <https://mosquito-taxonomic-inventory.myspecies.info/simpletaxony/term/6045>
- Harwood, R. y James, M.T. 1987. *Entomología Médica y Veterinaria*. Editorial Noriega. México.
- Hassall, C. 2014. The ecology and biodiversity of urban ponds. *WIREs Water*, 1: 187-206.
- Hayes, E.B., Komar, N., Nasci, R.S., Montgomery, S.P., O'Leary, D.R. y Campbell, G.L. 2005. Epidemiology and transmission dynamics of West Nile virus disease. *Emerging Infectious Diseases*, 11(8): 1167–1173.
- Heinemann, S.J. y Belkin, J.N. 1977a. Collection Records of the Project "Mosquitoes of Middle America" 7. Costa Rica (CR). *Mosquito Systematics*, 9(2): 237–287.
- Heinemann, R.F. y Belkin, J.N. 1977b. Collection records of the project "Mosquitoes of Middle America". 8 Central America: Belize (BH), Guatemala (GUA), El Salvador (SAL), Honduras (HON), Nicaragua (NI). *Mosquito Systematics*, 9: 403-453.
- Heinemann, S.J. y Belkin, J.N. 1977c. Collection Records of the Project "Mosquitoes of Middle America" 9. Mexico (MEX, MF, MT, MX). *Mosquito Systematics*, 9(4): 483–535.
- Hennessey M.J, Fischer M, Panella A.J, Kosoy O.I, Laven J, Lanciotti R.S, y Staples J.E. 2016. Zika Virus Disease in Travelers Returning to the United States, 2010-2014. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 95(1): 212-215.
- Hernández-Álvarez, M. 2022. *Diversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en el Parque Nacional Cañón del Sumidero*. Tesis de licenciatura. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

- Hernández-Amparán, S., Pérez-Santiago, G., Correa-Ramírez, M.M., Reyes-Muñoz, J.L., Álvarez-Zagoya, R. y Ibáñez-Bernal, S. 2017. First record of *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) at Durango City, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 42(3): 789–793.
- Hernández- Falconi, A. V., Castillo, M. M., Mendoza-Carranza, M., Jarquín-Sánchez, A. y R. Ramos Reyes. 2023. Cambios en el uso del suelo afectan la calidad del agua y la concentración de clorofila en arroyos tropicales. *Hidrobiológica*, 33(1): 59-72.
- Hershey, A.E., Lamberti, G.A., Chaloner, D.T. y Northington, R.M. 2010. Aquatic Insect Ecology. En: Thorp, J.H. y Covich, A.P. (eds.). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Third Edition. Academic Press. Estados Unidos. pp. 659–694.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- Hoffmann, C.C. 1931. *Anopheles pseudopunctipennis* y su relación con el paludismo en la República Mexicana. *Revista de Salubridad*, 2: 179-187.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H. y Chao A. 2016. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*. 7(12): 1451-1456
- Huang, Y. M. 1972. Contributions to the mosquito fauna of Southeast Asia XIV. The subgenus Stegomyia of *Aedes* in Southeast Asia I - The *scutellaris* group of species. *American Entomological Institute*, 9(I): 1-109.
- Ibáñez-Bernal, S. 1993. Los mosquitos Culicidae (Diptera) del Estado de Hidalgo. En: Villavicencio, M.A., Marmolejo, Y. y Pérez, B.E. (eds.). *Investigaciones recientes sobre flora y fauna de Hidalgo*. Universidad Autónoma de Hidalgo. Pachuca, México. pp. 233–337.
- Ibáñez-Bernal, S. 2002. Entomología Médica. En: Llorente-Bousquets, J. y Morrone, J.J. (eds.). *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento. Volumen III*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 75–105.
- 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 (Diptera: Culicidae). *Folia entomológica mexicana*, 92: 43-73.
- Ibáñez-Bernal, S., Strickman, D. y Martínez-Campos, C. 1995. Los mosquitos Culicidae (Diptera) de México. En: Llorente-Bousquets, J., García-Aldrete, A.N. y González-Soriano, E. (eds.). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. CONABIO-IBUNAM. México.
- Jiménez, A., Cach., M., Valdes, M. y Rosa, E. 2019. Efecto del manejo del dosel en el estado hídrico del cacao (*Theobroma cacao*) y el microclima dentro del área de cultivo. *Botanical Sciences*. 97(4): 701-710.

- Jiménez-Pérez, A., Cach-Pérez, M.J., Valdez-Hernández, M. y Rosa-Manzano, E. 2019. Effect of canopy management in the water status of cacao (*Theobroma cacao*) and the microclimate within the crop area. *Botanical Sciences*, 97(4): 701-710.
- Jordano, P. 1987. Patterns of mutualistic interactions in pollination and seed dispersal: connectance, dependence asymmetries, and coevolution. *The American Naturalist* 129: 657-677.
- Jucker, T., S., Hardwick, S., Both, D., Elias, R., Ewers, D. T., Milodowski, T., Swinfield y Coomes, D. A. 2018. Canopy structure and topography jointly constrain the microclimate of human-modified tropical landscapes. *Global change biology*, 24(11): 5243-5258.
- Kavvadias, V., Alifragis, D., Tsiontsis, A., Brofas, G., y Stamatelos G. 2001. Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. *Forest Ecology and Management*.144: 113-127.
- Klemme, A., Rixen, T., Müller-Dum, D., Müller, M., Notholt, J. y Warneke, T. 2022. CO₂ emissions from peat-draining rivers regulated by water pH. *Biogeosciences*, 19: 2855-2880.
- Kraemer M.U.G., Reiner R.C Jr, Brady O.J, Messina J.P, Gilbert M, Pigott D.M, Yi D, Johnson K, Earl L, Marczak L.B, Shirude S, Weaver N.D, Bisanzio D, Perkins T.A, Lai S, Lu X, Jones P, Coelho G.E, Carvalho R.G, Van Bortel W, Marsboom C, Hendrickx G, Schaffner F. y Moore C.G. 2019. Past and future spread of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Nature Microbiology*, 4(5): 900
- Kuri-Morales, P., Correa-Morales, F., González-Acosta, C., Sánchez-Tejeda, G., Dávalos-Becerril, E., Juárez-Franco, M.F., Díaz-Quiñonez, A., Huerta-Jiménez, H., Mejía-Guevara, M.D., Moreno-García, M. y González-Roldán, J.F. 2017. First report of *Stegomyia aegypti* (=*Aedes aegypti*) in Mexico City, Mexico. *Medical and Veterinary Entomology*, 31 (2): 240–242.
- Lambrechts,K.P. Paaijmans,T. Fansiri,L.B. Carrington,L.D. Kramer,M.B. Thomas,y T.W. Scott, 2011. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A*, 108 (18): 7460-7465,
- Linthicum, K. J. 1988. A revision of the Argyritarsis section of the subgenus *Nyssorhynchus* of *Anopheles* (Diptera: Culicidae). *Mosquito Systematics*, 20: 98-271.
- 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.
- Levi-Castillo, R. 1951. *Los mosquitos del género Haemagogus—Williston, 1896 en América del Sur*. Editorial Don Bosco. Cuenca.

- Lok, J.B., Walker, E.D. y Scoles, G.A. 2000. Filariasis. En: Eldridge, B.F. y Edman, J.D. (eds.). *Medical Entomology*. Springer. Dordrecht. pp. 299–375.
- Long K.C., Ziegler S.A., Thangamani S. y Hausser N.L. 2011. Experimental transmission of Mayaro virus by *Aedes aegypti*. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 85: 750–757.
- Lounibos L.P. 2002. Invasions by insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*, 47: 233-66.
- Lounibos LP, Kramer LD. 2016. Invasiveness of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and Vectorial Capacity for Chikungunya Virus. *The Journal of Infectious Diseases*, 214: 453-458.
- Lutomiah, J.J., Mwandawiro, C., Magambo, J. y Sang, R.C. 2007. Infection and vertical transmission of Kamiti river virus in laboratory bred *Aedes aegypti* mosquitoes *Journal of Insect Science*, 7: 1-7
- Margalef, R. 1974. *Ecología*. Omega. Barcelona.
- Márquez-Benítez, Y., Monroy-Cortés, K.J., Martínez-Montenegro, E.G., Peña-García, V. y Monroy-Díaz, A. 2019. Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito *Aedes spp* y la transmisión del virus del dengue. *CES Medicina*, 33 (1): 42-50,
- Martínez-Falcón, A.P., Martínez-Adriano, C.A. y Dátilo, W. 2019. Redes complejas como herramientas para estudiar la diversidad de las interacciones ecológicas. En: Moreno, C.E. (ed.). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex. Ciudad de México. pp. 265–283.
- Mayi, M. P. A., Bamou, R., Djiaffi-Tchamen, B., Fontaine, A., Jeffries, C. L., Walker, T., Antonio-Nkondjio, C., Cornel, A. J., y Tchuinkam, T. 2020. Habitat and Seasonality Affect Mosquito Community Composition in the West Region of Cameroon. *Insects*, 11(5): 312.
- McKinney, M. L. 2002. Urbanization, biodiversity, and conservation. *Bioscience*, 52: 883–890.
- Medeiros-Sousa, A.R., Oliveira-Christe, R., Camargo, A.A., Scinachi, C.A., Milani, G.M., Urbinatti, P.R., Natal, D., Ceretti-Junior, W. y Marrelli, M. 2020. Influence of water's physical and chemical parameters on mosquito (Diptera: Culicidae) assemblages in larval habitats in urban parks of São Paulo, Brazil, *Acta Tropica*, 205: 105394.
- Mereta, S.T., Yewhalaw, D., Boets, P., Ahmed, A., Duchateau, L., Speybroeck, N., Vanwambeke, S.O., Legesse, W., De Meester, L. y Goethals, P.L. 2013. Physico-Chemical and biological characterization of anopheline mosquito larval habitats Diptera: Culicidae: implications for malaria control. *Parasites Vectors*, 6: 1–16.
- Merritt, R., 1992. Feeding behavior, natural food, and nutritional relationships of larval mosquitos. *Annual Review of Entomology*, 37: 349–376.

- Merritt, R.W., Wallace, J.R., Higgins, M.J., Alexander, M.K., Berg, M.B., Morgan, W.T., Cummins, K. y Vandeneeden, B. 1996. Procedures for the functional analysis of invertebrate communities of the Kissimmee River-floodplain ecosystem. *Florida Scientist*, 59: 216-274.
- Mitchell, C.J., Francy, D.B. y Monath, T.P. 1980. Arthropod vectors. En: Monath, T.P. (ed.). *St. Louis Encephalitis*. American Public Health Association. Washington, D.C. pp. 313–379
- Mitchell, C.J. 1991. Vector competence of North and South American strains of *Aedes albopictus* for certain arboviruses: A review. *Journal of the American Mosquito Control Association*; 7: 446–451.
- Montero-Granados, R. 2016. *Modelos de regresión lineal múltiple*. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Universidad de Granada. España.
- Mordecai, E.A., Paaijmans, K.P., Johnson, L.R., Balzer, C., Ben-Horin, T., Moor, E., McNally, A., Pawar, Ryan, S.J., Smith, T.C. y Lafferty, K.D. 2012. Optimal temperature for malaria transmission is dramatically lower than previously predicted. *Ecology Letters*, 16(1): 22–30.
- Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda, E. y Pavón, N.M. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4): 34-40.
- 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. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3): 223-271.
- 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.
- Nyamah M.A., Sulaiman S, y Omar B. 2011. Field observation on the efficacy of *Toxorhynchites splendens* (Wiedemann) as a biocontrol agent against *Aedes albopictus* (Skuse) larvae in a cemetery. *Tropical Biomedicine*, 28: 312– 319.
- OMS. 2016. Organización Mundial de la Salud. Fiebre amarilla. Recuperado el 7 de septiembre de 2023, de <https://apps.who.int/mediacentre/factsheets/fs100/es/index.html>
- OMS. 2023. Organización Mundial de la Salud. Expansión geográfica de los casos de dengue y chikungunya más allá de las áreas históricas de transmisión en la Región de las Américas. Recuperado el 18 de enero de 2025, de <https://www.who.int/es/emergencies/diseases-outbreak-news/item/2023-DON448>
- OMS. 2024. Enfermedades transmitidas por vectores. Organización Mundial de la Salud. Recuperado el 17 de noviembre de 2024, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>

- Ortega-Morales, A.I., Cueto-Medina, S.M., Siller-Rodríguez, Q.K. 2016. First record of the Asian tiger mosquito *Aedes albopictus* in Hidalgo State, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 32 (3): 234–236.
- Ortega-Morales, A.I., Morales-Avitta, I.I., Arque-Chunga, W., Ayala-Sulca y Rodriguez-Rojas, J.J. 2025. First record of the *Aedes albopictus* in Michoacán state, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 41(2): 104-107.
- Ortega-Morales, A.I. y Siller Rodríguez, Q.K. 2016. First record of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in San Luis Potosí, México. *Journal of Vector Ecology*, 41 (2): 314–315.
- Ortega-Morales, A., Zavortink, T., Huerta-Jiménez, H., Ibáñez-Bernal, S. y Siller-Rodríguez, K. 2018. The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Hidalgo state, Mexico. *Acta Tropica*, 189: 94–103.
- Ortega-Morales, A.I., Zavortink, T.J., Huerta-Jiménez, H., Sánchez-Ramos, F.J., Valdés-Perezgasga, M.T., Reyes-Villanueva, F., Siller-Rodríguez, Q.K. y Fernández-Salas, I. 2015. Mosquito records from Mexico: The mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tamaulipas State. *Journal of Medical Entomology*, 52: 171–184.
- Paaijmans K.P., Heinig R.L., Seliga R.A., Blanford J.I., Blanford S., Murdock C.C. y Thomas M.B. 2013. Temperature variation makes ectotherms more sensitive to climate change. *Global Change Biology*, 19(8):2373-2380.
- Parham, P.E., Waldock, J., Christophides, G. K., Hemming, D., Agusto, F., Evans, K.J. Michael, E. 2015. Climate, environmental and socio-economic change: Weighing up the balance in vector-borne disease transmission. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 370(1665): 20130551.
- Perrin, A., Glaizot, O. y Christe, P. 2022. Worldwide impacts of landscape anthropization on mosquito abundance and diversity: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 28(23): 6857-6871.
- Ponce, G., Flores, A., Badii, M., Fernández, I., y Rodríguez., M. 2016. *Bionomía de Aedes albopictus (Skuse)*. Nuevo León. *Revista de salud Pública y Nutrición*, 5(2): 23-26.
- Qiang, Y., Huang, H., y Xu, J. 2023. Impacts of global urban expansion on natural habitats undermine the 2050 vision for biodiversity. *Nature Communications*, 14: 2091.
- Rey, J., y Lounibos, P. 2015. Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión de enfermedades. *Biomédica*, 35(1): 77-85.
- 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*. Instituto de Salud Pública. Santiago, Chile.
- Ribeiro, C., Madeira, M., y Araújo, M.C. 2002. Decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus globulus* grown under different water and nutrient regimes. *Forest Ecology and Management*, 171: 31-41.

- Ribeiro, A.F., Urbinatti, P.R., Ribeiro de Castro Duarte, A.M., Bicudo de Paula, M., Mendes Pereira, D., Mucci Filipe, L. y dos Santos Malafronte, R. 2012. Mosquitoes in degraded and preserved areas of the atlantic forest and potential for vector-borne disease risk in the municipality of São Paulo, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 37(2): 316–324.
- Rivera-García, K. 2018. *Fauna de mosquitos (Diptera: Culicidae) asociada a humedales en el municipio de Jamapa en el estado de Veracruz, México*. Tesis de maestría. Instituto de Ecología A.C. Veracruz, México.
- Romero, T.S. 2018. *Fauna de Culícidos (Díptera) presente en los distintos enclaves hídricos de Sevilla (España)*. Tesis de maestría. Universidad de Sevilla.
- Romo, S., Villena, M.J., Sahuquillo, M., Soria, J., Giménez, M., Alfonso, T., Vicente, E. y Miracle, M. 2005. Response of a shallow Mediterranean lake to nutrient diversion: does it follow similar patterns as in northern shallow lakes? *Freshwater Biology*, 50: 1706- 1712.
- Rozeboom, L.E. 1941. Distribution and ecology of the *Anopheles* mosquitoes of the Caribbean Region. *American Association for the Advancement of Science*, 15: 98–107
- Sallum, M.A.M. y Forattini, O.P. 1996. Revision of the Spissipes Section of *Culex* (Melanoconion) (Diptera: Culicidae). *Journal of the American Mosquito Control Association*, 12: 517–600.
- Salomón-Grajales J, Lugo-Moguel G.V., Tinal-Gordillo V.R., de La Cruz-Velázquez J, Beaty BJ, Eisen L, Lozano-Fuentes S, Moore C.G. y García-Rejón J.E. 2012. *Aedes albopictus* mosquitoes, Yucatan Peninsula, Mexico. *Emerging Infectious Diseases journal*, 18:525–527.
- Sanmartín, C., Mackenzie, R.B., Trapido, H. y Barreto. P. 1973. Encefalitis equina venezolana en Colombia, 1967. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*; 74:108–137.
- Schick R. 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XX. The terrens group of *Aedes* (Finlaya). *Contributions of the American Entomological Institute*, 5:1–157
- Secretaría de Medio Ambiente e Historia Natural. 2013. *Programa de manejo del Centro Ecológico Recreativo "El Zapotal"*. SEMAHN. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Secretaria de Salud. 2024. *Boletín epidemiológico*. Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 52(40).
- SEMAHN. 2020. El 2020, año atípico en afluencia en el ZooMAT. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Recuperado el 15 de junio 2024, de https://www.semahn.chiapas.gob.mx/portal/noticias/ver_noticia/1214
- Silver, J.B. 2008. *Mosquito Ecology: Field Sampling Methods*. Third Edition. Springer. Estados Unidos

- Sirivanakarn, S. 1976. Medical Entomology Studies III. A revision of the subgenus *Culex* in the Oriental Region (Diptera: Culicidae). *Contributions of the American Entomological Institute*, 12 (2): 1–272.
- Soberón J. y Llorente J. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7:480-488.
- Steffan, W.A. y Evenhuis, N.L. 1981. Biology of Toxorhynchites. *Annual Review of Entomology*, 26: 159-181.
- Sutherst, R. W. 2004. Global change and human vulnerability to vector-borne diseases. *Clinical Microbiology Reviews*, 17(1): 136–173.
- Thompson, J.N. 2006. Mutualistic webs of species. *Science* 312: 372-373.
- Toma, T., Miyagi, I. y Tamashiro, M., 2014. Blood meal identification and feeding habits of *Uranotaenia* species collected in the Ryukyu Archipelago. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 30:215–8.
- Torres-Avendaño, J.I., Castillo-Ureta, H., Torres-Montoya, E.H., Meza-Carrillo, E., Lopez-Mendoza, R.L., Vazquez-Martinez, M.G. y Rendon-Maldonado, J.G. 2015. First Record of *Aedes albopictus* in Sinaloa, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 31(2):164-6.
- Torres-Avendaño, J.I., Torres-Montoya, E.H., Zazueta-Moreno, J.M., Ríos-Tostado, J.J., López-Mendoza, R.L., Salomon-Soto, V.M., Romero-Higareda, C.E. y Castillo-Ureta, H. 2021. First Record of Toxorhynchites moctezuma in Sinaloa, Mexico: Notes about its Morphology. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 37 (3): 161-163.
- Torres-Castro M.A., Noh-Pech H.R., Lugo-Caballero C.I., Dzul-Rosado K.R. y Puerto F.I. 2020. Las enfermedades transmitidas por vector: importancia y aspectos epidemiológicos. , 13(1): 31-41.
- Townson, H., Nathan, M.B., Zaim, M., Guillet, P., Manga, L., Bos, R. y Kindhauser, M. 2005. Exploiting the potential of vector control for disease prevention. *Bulletin of the World Health Organization*, 83 (12): 942–974
- Trappes, R., Nematipour, B. y Krohs, U. 2022. Introduction to niches and mechanisms in ecology and evolution. *Biology & Philosophy*, 37(55): 1-7.
- Turell, M.J., O'Guinn, M.L., Dohm, D.J. y Jones, J.W. 2001. Vector competence of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) for West Nile virus. *Journal of Medical Entomology*, 38:130–134.
- Turell, M. J., O'Guinn M. L. y Oliver J. 2000. Potential for New York mosquitoes to transmit West Nile virus. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 62: 413–414.
- Ukubuiwe, A.C., Ojianwuna, C.C., Olayemi, I.K. 2020. Quantifying the roles of water pH and hardness levels in development and biological fitness indices of *Culex*

- quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Journal of Basic and Applied Zoology*, 81(5): 45-49.
- Ulloa, A., Ferguson, H.H., Méndez-Sánchez, J. Danis-Lozano, R., Casas-Martínez, M., Bond, G., García-Zebadua, J., Orozco-Bonilla, J.a., Juárez-Ordaz, J.A., Farfan-Ale, J., García-Rejón, J., Rosado-Paredes, E., Edwarsd, E. Komar, N., Hassan, H., Unnasch, T. y Rodríguez-Pérez, M. 2009. West Nile Virus Activity in Mosquitoes and Domestic Animals in Chiapas, México. *Vector-borne and zoonotic Diseases*, 8(5): 555-560.
- Vargas L. y A. Martínez-Palacios. 1956. Anofelinos mexicanos. Taxonomía y distribución. Secretaría de Salubridad y Asistencia. *Comisión Nacional para la Erradicación del Paludismo*. México. 181.
- Vargas, V. M. 1976. *Notas sobre Antropodología Médica*. Publicaciones de Universidad de Costa Rica. Recuperado el 2 de mayo de 2024, de: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto128.htm>
- Vázquez, D.P. y Aizen, M.A. 2004. Asymmentric specialization: a pervasive feature of plant-pollinator interactions. *Ecology*, 85:1252-1257.
- Vázquez-Marroquín, R., Duarte-Andrade, M., Hernández-Triana, Ortega-Morales, A.I. y Chan-Chable, R.J. 2020 Nuevos registros de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) de la Comarca Lagunera de Durango, México. *Nova Scientia*, 12(2): 1-19.
- Villegas-Trejo, A., Manrique-Saide, P., Ché-Mendoza, A., Cruz-Canto, W., González Fernández, M., González-Acosta, C., Dzul-Manzanilla, F., Huerta, H. y Arredondo-Jiménez, J.I. 2010. First report of *Aedes albopictus* and other mosquito species in Morelos, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 26 (3): 321–323.
- Víveros-Santos, V., Hernández-Triana, L. M., Ibáñez-Bernal, S., Ortega-Morales, A. I., Nikolova, N. I., Pairo, P. y Casas-Martínez, M. 2022. Integrated Approaches for the Identification of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) from the Volcano. *Vector-borne and Zoonotic Diseases*, 22(2): 120-132.
- Wang Z, Zhang X, Li C, Zhang Y. 2012. Vector competence of five common mosquito species in the People's Republic of China for Western equine encephalitis virus. *Vector Borne Zoonotic Dis*; 12:605–608.
- Ward, R.A. 1982. Aquatic Biota of Mexico. Central America and the West Indies. San Diego State University. San Diego.
- Wetzel, R.G. 2001. Rivers and Lakes. En R.G. Wetzel, Limnology. Academic Press. pp. 15-42.
- Webb, B.W., Hannah, D.M., Morre, R.D., Brown, L.E., y Nobilis, F. 2008. Recent advances in stream and river temperature research. *Hydrological Processes*, 22(7): 902-918.

- WHO, 2024. Lymphatic filariasis. *World Health Organization*. Recuperado el 24 de diciembre de 2024, en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lymphatic-filariasis>.
- Wilke A.B.B., Benelli G. y Beier J.C. 2020. Beyond frontiers: On invasive alien mosquito species in America and Europe. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 14(1): 102-109.
- Wilkerson, R. C., Linton, Y. M., Fonseca, D. M., Schultz, T. R., Price, D. C. y Strickman, D. A. 2015. Making Mosquito Taxonomy Useful: A Stable Classification of Tribe Aedini that Balances Utility with Current Knowledge of Evolutionary Relationships. *PLoS ONE*, 10(7): 83-90.
- Wilkerson, R. C., Linton, Y.M., y Strickman., D. 2020. *Mosquitoes of the World*. Johns Hopkins University Press. Baltimore
- Zamora-Cerritos, K. 2018. Pasado y presente del paludismo. *Gaceta Hidalguense de Investigación en Salud*, 6(2): 15-17.
- Zapata-Peniche. A., Marinque-Saide, P., Rebollar-Tellez, E., Che-Mendoza, A. y Dzul-Manzanilla, F. 2007. Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos. *Revista Biomédica*, 18(1): 13-17.
- Zavortink, J.T. 1972. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) xxxviii: The new world species formerly placed in *Aedes* (Finlaya). *Contributions of the American Entomological Institute*, 8(3):1-206.

Anexo 1.

FORMATO 1

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO "UNIDAD LAGUNA" DPTO. PARASITOLOGIA

Colector (es): _____ CLAVE CRIADERO _____

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