



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

Relación microclimática del ritmo de picadura de mosquitos
(Diptera: Culicidae) silvestres y urbanos

Tesis que para obtener el título de

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

ALEJANDRO MENDEZ ANDRADE

Director de Tesis: DR. CÉSAR ANTONIO SANDOVAL RUIZ

Mayo 2016



Este trabajo forma parte del proyecto “Diversidad de mosquitos (Díptera: Culicidae) en ambientes antropizados de la ciudad de Puebla y sus posibles implicaciones en la transmisión de enfermedades al hombre”. (Proyecto VIEP- BUAP. ID: 00138). Coordinado por el Dr. César Antonio Sandoval Ruiz, del laboratorio de Artropodología y Salud, Escuela de Biología-BUAP.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi director de tesis, al Dr. César Antonio Sandoval Ruiz por todo el apoyo que me brindo en la elaboración de este trabajo, por los regaños y los jalones de orejas y por sus consejos que fueron muchos. Gracias por todo el conocimiento que me impartió, por su orientación, su paciencia y motivación que fue indispensable para mi formación.

A mis revisores, el Dr. Sergio Ibáñez Bernal y el Dr. José Lino Zumaquero Rios por sus comentarios que mejoraron en gran medida este trabajo.

A mi familia porque sin ellos no estaría en donde estoy. A mis padres Alfonso y Blanca por todo su amor y esfuerzo, por su apoyo incondicional, sin ustedes yo no estaría aquí. A mi hermano Fernando por todo su apoyo. De todo corazón, muchas gracias a los tres.

A Karina por todo su apoyo incondicional, por motivarme a cada momento, por levantarme cuando me hizo falta, por sufrir conmigo todo este proyecto, por acompañarme en cada paso. Te estaré siempre agradecido. Te amo

A mi primo Jorge por apoyarme cuando más lo necesitaba.

A mis amigos Erika, Hanna, Jhair, Aramis, Nava y Alicia por su apoyo y sufrir conmigo esos muestreos tan cansados.

Al M.C Christian Vázquez por su ayuda y asesoría con los análisis estadísticos.

Al laboratorio de Artropodología y Salud

DEDICATORIA

A mi madre por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha inculcado siempre, por su fortaleza para salir adelante, por sus sacrificios y por su amor incondicional.

A mi padre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por su motivación constante que me ha permitido ser la persona que soy, por todos sus sacrificios, pero más que nada, por su amor.

A mi hermano Fernando por ser el mejor amigo que podría tener.

A mi Kari por ser una pieza fundamental en mi vida, por haber recorrido todo este camino a mi lado, por hacer mis logros suyos y compartir mis fracasos. Por ser mi mejor amiga. Te amo.

A mi abuelo Jaime, que aunque ya no está conmigo, sé que estaría orgulloso.

A mi padrino mágico, el Dr. César Antonio Sandoval Ruiz por todo su esfuerzo y todas sus enseñanzas.

ÍNDICE

1.1. Generalidades de la familia Culicidae	1
1.2. Búsqueda del huésped	2
1.3. Ritmo circadiano, ritmo de picadura y relación microclimática.....	3
1.4. Importancia médica y veterinaria	5
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. HIPÓTESIS.....	7
4. OBJETIVOS	8
4.1. Objetivo general	8
4.2. Objetivos particulares	8
5. MATERIALES Y MÉTODOS	8
5.1. Área de estudio.....	8
5.1.1. Parque Estatal “Flor del Bosque” (Zona Silvestre).....	8
5.1.2. Fraccionamiento “Héroes de Puebla” (Zona antropizada).....	9
5.2. Diseño de muestreo	10
5.3. Análisis de datos	11
5.3.1. Ritmo de picadura.....	11
5.3.2. Relación microclimática del ritmo de picadura.....	11
5.3.3. Análisis de diversidad	12
6. RESULTADOS	12
6.1. Ritmo de picadura	13
6.2. Relación microclimática del ritmo de picadura	15
6.2.1. Zona silvestre	15
6.2.2. Zona antropizada	20
6.3. Análisis de diversidad.....	24
7. DISCUSIÓN.....	25
7.1. Ritmo de picadura	25
7.2. Relación microclimática del ritmo de picadura	26
7.3. Riqueza y abundancia de mosquitos	29
7.4. Importancia médica y veterinaria	31
8. CONCLUSIÓN.....	32
9. LITERATURA CITADA.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Parque Estatal “Flor del Bosque” y la zona de muestreo (Google Earth 2016).	9
Figura 2. Localización del Fraccionamiento “Héroes de Puebla” y la zona de muestreo (Google Earth 2016).....	10
Figura 3. Ritmo de picadura de mosquitos del área silvestre expresada en media de Williams (w).	14
Figura 4. Ritmo de picadura de mosquitos urbanos expresada en media de Williams (w)... ..	15
Figura 5. Relación microclimática y abundancia total de mosquitos en la zona silvestre. ...	16
Figura 6. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos silvestres y su relación con la temperatura.....	18
Figura 7. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos silvestres y su relación con la humedad relativa.....	19
Figura 8. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos silvestres y su relación con la velocidad del viento.....	20
Figura 9. Relación microclimática y abundancia total de mosquitos en la zona antropizada.	21
Figura 10. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos de ZA y su relación con la temperatura.	22
Figura 11. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos de ZA y su relación con la humedad relativa.	23
Figura 12. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos de ZA y su relación con la velocidad del viento.	24

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Riqueza y abundancias de especies de mosquito (Diptera: Culicidae) en la Reserva “Flor del Bosque” (ZS) y en el Fraccionamiento “Héroes de Puebla” (ZA).....	13
Cuadro 2. Análisis de regresión de la abundancia total de individuos y las variables microclimáticas en la zona silvestre.	17
Cuadro 3. Análisis de regresión de la abundancia total de individuos y las variables microclimáticas en la zona urbana.	22
Cuadro 4. Valores de los índices de diversidad alfa por zona de muestreo.	25

RESUMEN

En este trabajo se determinó el ritmo de picadura de mosquitos silvestres (Flor del Bosque) y de zona urbana o antropizada (Fraccionamiento "Héroes de Puebla"), así como su relación microclimática (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento). Se realizaron ocho muestreos (4 por zona) en la temporada de lluvias (agosto, septiembre y octubre). Se utilizaron seis personas que actuaron como cebo y colector durante 17 horas (07:00-00:00 horas). Se colectaron un total de 10,266 mosquitos con ayuda de aspiradores entomológicos, de los cuales 2,438 se colectaron en la zona silvestre y 7, 828 en la zona urbana. Fueron identificadas seis especies *Culex salinarius*, *Aedes quadrivittatus*, *Aedes guerrero*, *Aedes trivittatus*, *Culex stigmatosoma* y *Culiseta particeps*.

Culex salinarius fue la especie dominante en ambas zonas. *Aedes quadrivittatus* y *Ae. guerrero* fueron exclusivas de la zona silvestre mientras que *Cx. stigmatosoma* de la zona urbana. *Culex salinarius* demostró dos picos de actividad entre las 8:00 y 9:00 hrs. y entre 19:00 y 20:00 hrs. La especie *Ae. quadrivittatus* mostró dos picos de actividad, uno entre las 8:00 y 9:00 entre las 18:00 y 19:00 hrs. *Aedes guerrero* demostró ser una especie diurna al tener un pico de actividad entre 16:00 y 17:00 horas. Las especies silvestres mostraron tener una relación característica con las variables microclimáticas mientras que las especies del área antropizada no. *Culex salinarius* en la zona silvestre mostró una relación con temperaturas bajas (10 a 15°), humedades altas (70 a 90%) y tolera vientos de hasta 2.5m/s. *Aedes guerrero* y *Ae. quadrivittatus* mostraron relación con temperaturas altas y humedades bajas, ambas especies demostraron una baja tolerancia a vientos fuertes. Finalmente este trabajo presenta el primer registro de la actividad hematófaga de las especies *Ae. quadrivittatus* y *Ae. guerrero*.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades de la familia Culicidae

Los mosquitos de la familia Culicidae constituyen un grupo abundante y diverso de dípteros hematófagos distribuidos principalmente en las regiones tropicales, subtropicales y templadas, del mundo (De La Cruz-Francisco *et al.*, 2012) proliferando principalmente en climas cálidos, húmedos y de baja altitud (Weaver & Reisen, 2010). Comprende mundialmente alrededor de 3,600 especies; en México la riqueza es de tan solo 228 especies agrupadas en 21 géneros (Gaffigan *et al.*, 2015). Para el estado de Puebla el número de especies conocidas es de 32 (Viveros-Santos *et al.*, 2015). Culicidae se divide en dos subfamilias: Anophelinae y Culicinae, las cuales incluyen especies de importancia médica y veterinaria, sobre todo los géneros *Aedes* Meigen, 1818, *Anopheles* Meigen, 1818, *Culex* Linnaeus, 1785, *Haemagogus* Linnaeus, 1785, *Mansonia* Blanchard, 1901, *Sabethes* Robineau-Desvoidy, 1827, *Psorophora* Robineau-Desvoidy, 1827 y *Coquillettidia* Dyar, 1905 (Knight & Stone, 1977; Service, 2004).

Los miembros de esta familia como todos los dípteros, sufren una metamorfosis completa (holometabolismo), es decir, pasa por cuatro etapas sucesivas de desarrollo: huevo, larva, pupa e imago (Carpenter & LaCasse, 1955). El desarrollo holometábolo de los mosquitos se completa en dos ambientes diferentes: uno acuática y otro terrestre. Los estados inmaduros se desarrollan en una amplia gama de hábitats acuáticos y diversos recipientes que retienen agua, sean de origen natural o artificial (por ejemplo, huecos de los árboles, axilas de las hojas, cáscaras de frutas, ollas de agua y neumáticos desechados, entre otros). Como muchos de los dípteros más conservadores, los mosquitos adultos tienen el cuerpo alargado, así como alas, antenas y patas largas (Foster & Walker, 2002); las alas posteriores están modificadas en forma de balancines los cuales ayudan a un mejor control del vuelo (Clements, 1999). La superficie del cuerpo está cubierta de escamas y sedas finas que forman marcas y colores característicos de cada especie (Foster & Walker, 2002).

Tanto machos como hembras obtienen alimento para su metabolismo y vuelo consumiendo néctar, siendo las hembras las que muestran un comportamiento hematófago necesario para el desarrollo de su progenie en etapa embrionaria (Goddard, 2008). Las hembras localizan y seleccionan a su huésped utilizando una

amplia gama de señales olfativas, visuales, térmicas y mecánicas (Cooperband *et al.*, 2008; Klowden & Zwiebel, 2005). El vuelo empleado para la obtención de alimento es directo y breve, ya que las señales visuales y bioquímicas operan sólo a distancias cortas (Bidlingmayer, 1985). Si la señal es olfativa, un vuelo directo contra el viento se lleva a cabo hasta que otras señales como la percepción visual, térmica o el movimiento permitan a la hembra localizar su objetivo con mayor precisión (Gillies & Wilkes, 1972).

1.2. Búsqueda del huésped

El proceso de búsqueda del huésped se divide en cuatro etapas: búsqueda, activación, orientación y aterrizaje (Willemse & Takken, 1994). La primera etapa se define como el vuelo que realiza el insecto en ausencia de un estímulo (Vale, 1980). La activación es la respuesta a las señales que emite el huésped, de una secuencia de comportamientos que concluyen con la llegada al huésped (Clements, 1999). La orientación es el vuelo dirigido del insecto al huésped en respuesta a un complejo de estímulos químicos y visuales. La etapa de aterrizaje abarca desde que el insecto tiene contacto visual con el huésped hasta que se posa en él (Willemse & Takken, 1994). Durante la activación y la orientación, los estímulos químicos son de suma importancia en el reconocimiento de un huésped por insectos hematófagos (Rebollar-Téllez, 2005).

Las señales físicas y químicas que emanan del huésped guían a la hembra a las fuentes de alimento y, aunque las señales ópticas y físicas tales como el calor y la humedad juegan un papel relevante en la ubicación del huésped, las señales químicas son consideradas como las más importantes (Takken, 1991). El vapor de agua, dióxido de carbono y amoníaco se consideran señales esenciales para guiar a los mosquitos a sus huéspedes humanos y animales (Price *et al.*, 1979; Braks *et al.*, 2001). Además, se ha demostrado que los productos químicos orgánicos, tales como ácidos carboxílicos, ácido láctico, 1-octen-3-ol y acetona atraen a los mosquitos antropófilos (Takken *et al.*, 1997; Bosch *et al.*, 2000). La atracción para los insectos hematófagos es importante en contextos médicos, sobre todo en la dinámica de transmisión de patógenos (Fernández-Grandon *et al.*, 2015).

1.3. Ritmo circadiano, ritmo de picadura y relación microclimática.

Los sistemas fisiológicos de la mayoría de los organismos son regulados por relojes endógenos que se basan en un ritmo circadiano de 24 horas (Klowden, 2007). Estos ritmos controlan una amplia variedad de actividades fisiológicas y de comportamiento en insectos como la locomoción, la alimentación, el apareamiento, la ovoposición, la eclosión y la pupación (Saunders, 2002). Los mecanismos que controlan estos ritmos de actividad pueden ser exógenos (es decir, una respuesta directa a los cambios ambientales) o endógenos (controlado por oscilaciones fisiológicas de los organismos) (Klowden, 2007). La mayoría de los ritmos de actividad han demostrado ser una “mezcla” de los componentes endógenos y exógenos (Saunders, 2002). Las respuestas circadianas evolucionaron para coordinar las actividades de los organismos con los ciclos diarios de las condiciones ambientales, lo que les permite anticipar la fluctuación de los factores clave y modificar sus respuestas (Klowden, 2007), logrando así una relación funcional entre la fisiología interna y el medio externo (Saunders, 2002).

Los ritmos diarios de vuelo de los culícidos corresponden en su mayoría al apareamiento, alimentación y actividades de ovoposición (Amerasinghe & Indrajith, 1995), siendo activos durante cierta parte del día o de la noche, al atardecer o al amanecer (Service, 2008). De manera general, en los trabajos donde el objeto de estudio son distintas especies de culícidos, se ha determinado que la mayor actividad hematófaga se presenta entre las 19:00 y las 21:00 hrs. (Amerasinghe & Indrajith, 1995; Aldemir *et al.*, 2010). Autores como Guimarães *et al.* (2000) reportaron al género *Anopheles* como el más activo durante la noche, siendo comprobado con especies como *Anopheles arabiensis* Patton, 1905, *Anopheles darlingi* Root, 1926 y *Anopheles marajoara* Galvão & Damasceno, 1942 (Moreno *et al.* 2007; Aldemir *et al.*, 2010). De igual forma, muchos de los culícinos restringen su alimentación a la noche o las horas del crepúsculo, aunque algunos se alimentan durante el día a la sombra e incluso a pleno sol. Por ejemplo, el pico de actividad de la especie *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, se presenta entre las 23:00 y las 2:00 hrs., mientras que *Mansonia titillans* Walker, 1948, tiene sus picos de actividad entre las 18:00 y 20:00 hrs., y entre las 5:00 y 6:00 hrs (Klein *et al.* 1992).

El ritmo circadiano, así como otras características ecológicas y de comportamiento, están fuertemente influenciadas por factores climáticos como la temperatura, la precipitación pluvial, la humedad, el viento y la duración de la luz

del día (Loetti *et al.*, 2007), y se ha demostrado que la temperatura, la luz y el viento pueden inhibir las actividades normalmente controladas por los ritmos circadianos (Clements, 1963). Por ejemplo, Read *et al.* (1978) encontraron una mayor abundancia de *Haemagogus lucifer* Howard, Dyar & Knab, 1913 y *Haemagogus equinus* Theobald, 1903, cuando las temperaturas eran superiores a los 24.7°C, ya que ambas especies son diurnas y la temperatura generalmente tiende a ser más alta durante el día. También, los cambios de temperatura pueden causar alteraciones importantes en los picos de actividad hematófaga. Por ejemplo, Reisen y Aslamkhan (1978) encontraron que el género *Anopheles* pica principalmente durante la tarde en la temporada fría, pero pica durante la noche durante la estación cálida. Esta observación fue confirmada por Bhatt y Kohli (1996) para *Anopheles culicifacies* Giles, 1901, *Anopheles varuna* Iyengar, 1924, *Anopheles aconitus* Doenitz, 1902 y *Anopheles tessellatus* Theobald, 1901. En lo que se refiere a la humedad relativa, Pittendrigh (1950) encontró una estrecha correlación entre las fluctuaciones en la humedad y la actividad de picadura de *Anopheles bellator* Dyar & Knab, 1906 y *Anopheles homunculus* Komp, 1937, mientras que Haddow (1945) determinó que el número de picaduras de *Aedes africanus* Theobald, 1901, en diferentes momentos del día y de la noche muestran una correlación muy estrecha con las fluctuaciones en la humedad relativa. Por otro lado, se ha encontrado que las condiciones de viento seco pueden inhibir completamente el vuelo de los mosquitos (Day & Curtis, 1989), mientras que vientos entre 8-29 km/h pueden inhibir la búsqueda del huésped y el vuelo (Haufe, 1963; Service, 1980). Aunque el viento y la baja temperatura pueden afectar el ritmo de picadura, algunas especies de zonas templadas y subárticas pueden continuar volando con vientos de 2.8 m/s, y temperaturas tan bajas como 4°C (Jaenson, 1988).

El microclima que existe en el ambiente del mosquito adulto es importante, no sólo desde el punto de vista de la supervivencia, sino también en términos epidemiológicos ya que es bien conocido que cuando la temperatura aumenta, las hembras adultas digieren más rápido la sangre, por consecuencia se alimentan con mayor frecuencia (Maharaj, 2003). Por otro lado, los insectos son capaces de resistir los efectos de las variaciones climáticas normales y pueden buscar microclimas que ofrecen protección contra los rigores del clima. Por ejemplo, los mosquitos pueden evadir el clima seco, al concentrarse en casas u otros sitios protegidos donde el microclima ofrece temperatura y humedad favorable. Mosquitos al aire libre reposan

en la vegetación cerca del suelo durante los períodos secos. Durante el día y la noche, hay un ritmo diario de temperatura, humedad y viento, característico para cada zona, y donde los insectos pueden adaptar su comportamiento a la parte más favorable del periodo diurno (Lindsay & Birley, 1996).

El conocimiento de los ritmos de picadura es importante en la determinación de los períodos de transmisión potencial por vectores y en el desarrollo de estrategias de protección contra vectores y del acoso por mosquitos (Amerasinghe & Indrajith, 1995). El cebo humano es el método más directo para la estimación de la tasa de picadura al humano o el número de picaduras por persona al día, en el cual, el hombre actúa tanto como cebo como colector (Service, 2008). La tasa de picadura en el humano es un componente importante de la tasa de inoculación entomológica. En estudios epidemiológicos de las tasas de picadura al humano, las capturas de 12-24 horas durante las diferentes estaciones del año, se utilizan a menudo para obtener un número teórico de las picaduras que una persona puede recibir en un año, y para calcular el riesgo de la inoculación con esporozoitos de malaria, microfilarias o arbovirus (Service, 2008). Los patrones de actividad son requeridos como conocimientos básicos para entender la dinámica de transmisión vectorial de patógenos (Reiter, 2001).

1.4. Importancia médica y veterinaria

La hematofagia es de especial importancia, ya que es por esta actividad que los mosquitos transmiten patógenos (Amerasinghe & Indrajith, 1995), además compromete a la piel, presentando la posibilidad de una infección secundaria por bacterias. Estos dípteros son vectores de numerosos arbovirus y otros patógenos que afectan la salud humana y animal (Jones *et al.*, 2004) como malaria, filariasis, fiebre amarilla, dengue y las encefalitis por arbovirus. Las enfermedades transmitidas por mosquitos son causadas por tres grupos de agentes patógenos: virus, protozoos y nematodos (Foster & Walker, 2002), son responsables de ~1.4 millones de muertes por año (Campbell & Molyneux, 2005) y del 17% de todas las enfermedades infecciosas en todo el mundo (Townson *et al.*, 2005), siendo considerados como los artrópodos más importantes que afectan la salud humana (Foster & Walker, 2002). En general, menos de 150 especies son la causa directa de la gran morbilidad y mortalidad entre los seres humanos, más que cualquier otro grupo de organismos (Harbach, 2007).

Además de su importancia como vectores de enfermedades, los mosquitos también son plagas de importancia económica. En algunas localidades, las actividades al aire libre en determinados momentos del año cesan debido a las altas densidades de picadura (Service, 1980). En ausencia de una exposición previa a los mosquitos, una picadura rara vez produce más de una sensación de hormigueo o ardor temporal. Después de una o más exposiciones a las picaduras de mosquitos, las proteínas en la saliva del mosquito, normalmente estimulan el desarrollo de inmunidad de modo que las picaduras posteriores dan lugar a dos tipos de respuesta: reacción inmediata y tardía. La reacción inmediata, denominada hipersensibilidad de tipo I, es una inflamación de la piel conocida como “roncha”. Por lo general comienza a pocos minutos de la picadura y dura un par de horas como mucho. La reacción típica retardada, designado tipo IV, implica una respuesta inmune celular causada por linfocinas que son secretadas por las células antígenas (Foster & Walker, 2002).

2. JUSTIFICACIÓN

Los mosquitos ocupan una amplia gama de climas y hábitats, por lo que presentan comportamientos muy diferentes. Sus distribuciones geográficas están cambiando debido a la urbanización, el cambio de uso del suelo y la movilidad humana. La mayor parte de estudios sobre culícidos en nuestro país se llevan a cabo en zonas urbanas para la vigilancia del *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1772), principal vector de la fiebre amarilla, del Dengue, Chikungunya y Zika. Sin embargo, existe muy poca información acerca de estos insectos en ámbitos silvestres o escasamente poblados, a pesar de que en estas zonas es donde se ha registrado la mayor cantidad de especies. También, desde un punto de vista antropocéntrico, la propagación de enfermedades en las zonas urbanas es de especial interés, ya que gran parte de la población humana vive en ciudades. En comparación con las regiones rurales, las zonas urbanas se caracterizan por la pérdida de hábitat que resulta en una reducción de la diversidad de especies. No obstante, estas zonas aumentan la supervivencia, el éxito reproductivo y la actividad de algunos artrópodos vectores. Las capturas por cebo humano se han utilizado durante muchos años y sigue siendo el método más útil para la colecta de especies antropófilas (Service, 2008). Los trabajos que se realizan para conocer el ritmo de actividad de dípteros hematófagos son, en su mayoría, enfocados a especies de

importancia médica y están restringidos a zonas en donde el índice epidemiológico es elevado. El conocimiento de Culicidae, particularmente del ritmo de picadura, además de expandir el panorama que se tiene de este importante grupo de insectos en el país, contribuye en la vigilancia de una potencial emergencia o reemergencia de enfermedades transmitidas por vector, además brinda información esencial para poder tomar medidas de control sobre estos vectores, tanto desde el punto de vista médico como de conservación, así como para evitar las horas del día en donde la abundancia de éstos se vuelve una gran molestia.

3. HIPÓTESIS

1. Cada especie de mosquito mostrará picos de actividad característicos, además de mostrar preferencia por determinados momentos del día (diurno, nocturno o crepuscular) (Foster & Walker, 2002), presentando los mismos patrones de actividad tanto en la zona silvestre como en la antropizada. Asimismo, se espera que los mosquitos que habitan áreas modificadas por el humano, se encuentren más activos a lo largo del día debido a la presencia constante del humano.
2. La variación en el ritmo de picadura de las distintas especies de mosquitos estará relacionada por ciertos intervalos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, presentando preferencias similares de estas variables tanto en la zona silvestre como en la antropizada. Asimismo, dichas variables microclimáticas tendrán un efecto en su ritmo de actividad.
3. La riqueza de especies será mayor en la zona silvestre ya que estas zonas, al presentar una mayor diversidad de flora y fauna, hace posible la multiplicación de nichos que son aprovechados o que están disponibles para el desarrollo de los culícidos (Alencar *et al.*, 2011). Por otro lado, ya que Culicidae es uno de los grupos que se benefician de los cambios antropogénicos, se espera que la abundancia de mosquitos sea mayor en la zona urbana. Esto como consecuencia de que en esta zona la cantidad de recurso alimenticio para estos dípteros hematófagos es mayor debido a la presencia del humano.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

- Evaluar la relación microclimática del ritmo de picadura de mosquitos (Diptera: Culicidae) silvestres y de zonas antropizadas.

4.2. Objetivos particulares

- Comparar el ritmo de picadura de las especies de mosquitos de una zona silvestre y una antropizada.
- Determinar la relación de las variables microclimáticas (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) sobre la actividad de mosquitos silvestres y de áreas antropizadas.
- Comparar la riqueza y abundancia de especies de culícidos de una zona silvestre y una antropizada.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

5.1.1. Parque Estatal “Flor del Bosque” (Zona Silvestre)

El Parque Estatal “General Lázaro Cárdenas - Flor del Bosque” se localiza al suroeste del municipio de Amozoc, a una distancia aproximada de 10 km del centro de la Ciudad de Puebla. Sus coordenadas geográficas son 19°01'00” y 19°01'50” de latitud norte y 98°20'35” y 98°20'53” de latitud oeste. Cuenta con una superficie de 664.03 hectáreas. El parque presenta altitudes que van desde los 2,225 hasta los 2,400 m. El clima es templado-subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 16.33°C (\pm 3.21°C). Mayo es el mes más caluroso, con temperaturas de hasta 34°C, y enero es el mes más frío, con temperaturas por debajo de 0°C. Los principales eventos de precipitación ocurren entre junio y octubre (750-950 mm) (Badano *et al.*, 2012) (**Fig. 1**).

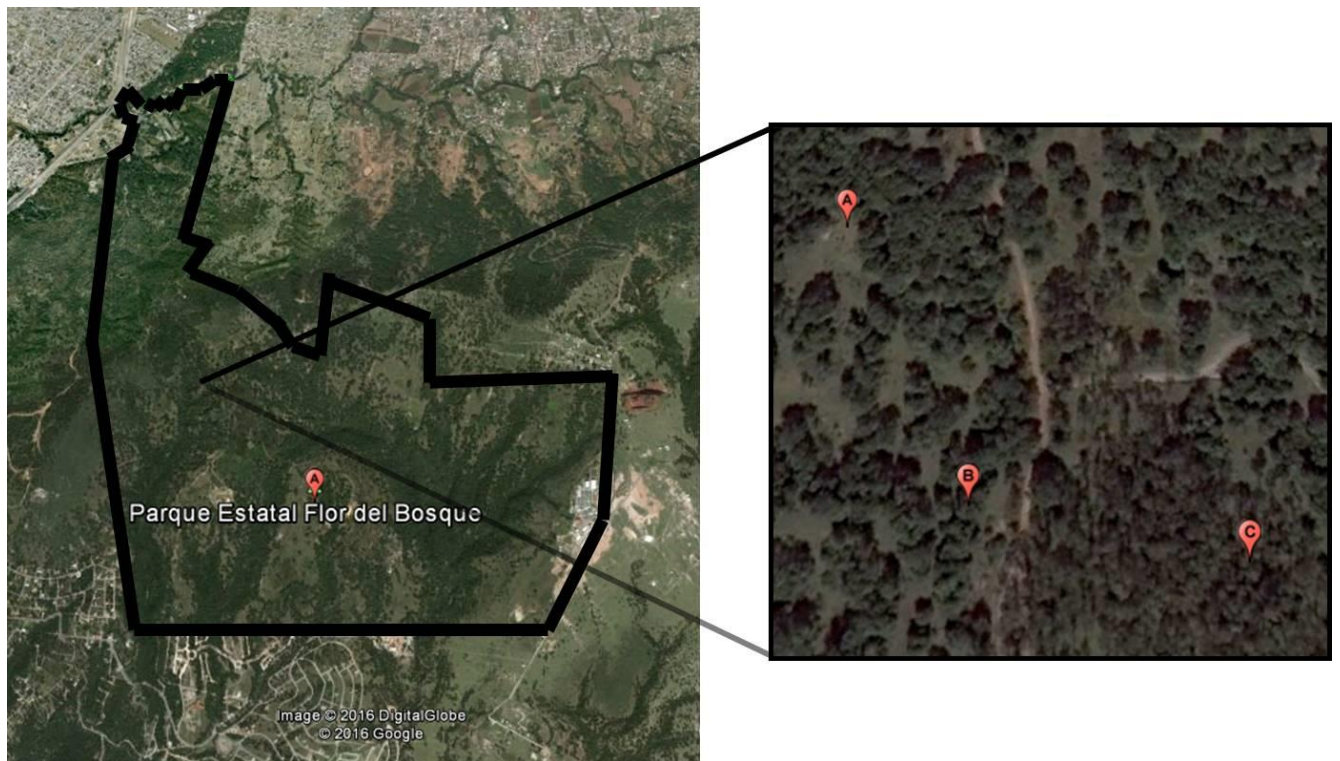


Figura 1. Localización del Parque Estatal “Flor del Bosque” y la zona de muestreo (Google Earth 2016).

5.1.2. Fraccionamiento “Héroes de Puebla” (Zona antropizada)

El Fraccionamiento “Héroes de Puebla” se encuentra entre el periférico ecológico y la calle 14 sur, a una elevación de 2,100 m y su área total es de aproximadamente 1.108 km². Este fraccionamiento cuenta con todos los servicios públicos, así como con calles pavimentadas. Las áreas verdes dentro del fraccionamiento son pocas y se encuentran descuidadas (**Fig. 2**).

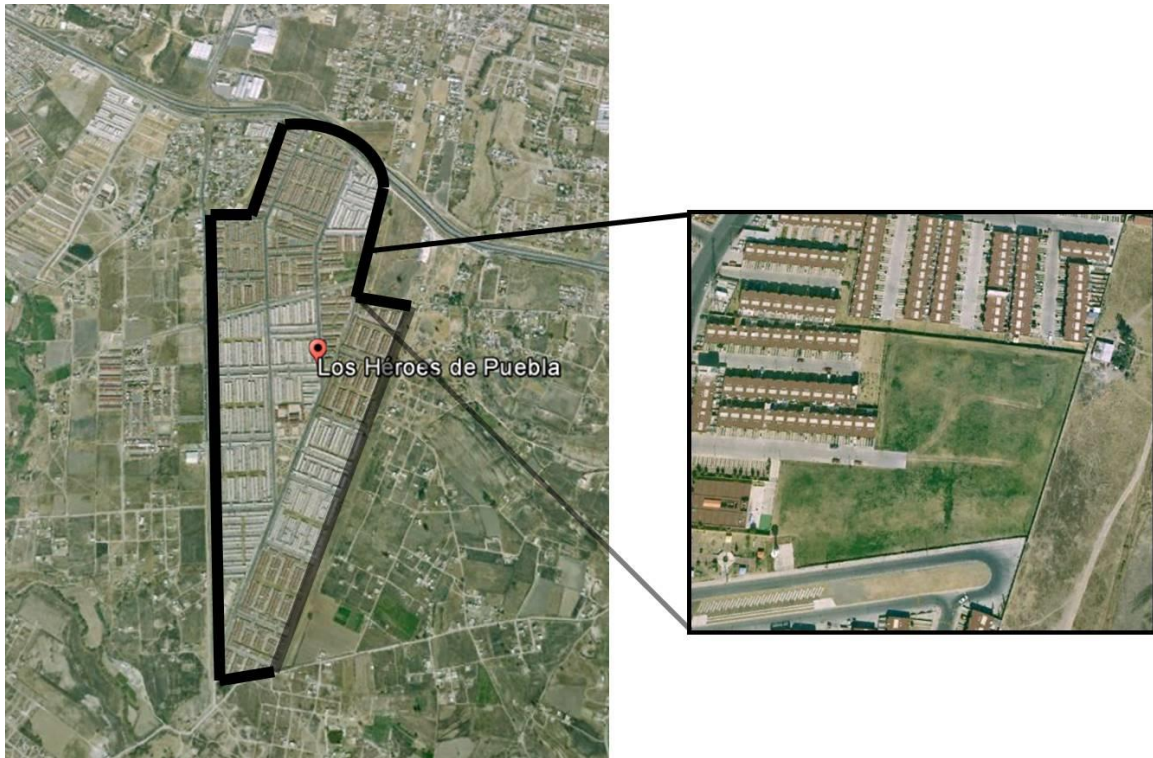


Figura 2. Localización del Fraccionamiento “Héroes de Puebla” y la zona de muestreo (Google Earth 2016).

5.2. Diseño de muestreo

El muestreo se llevó a cabo durante los meses de agosto, septiembre y octubre del año 2015, que comprenden la temporada de lluvias en las dos zonas de estudio. Se realizaron ocho muestreos; cuatro se llevaron a cabo en la reserva “Flor del Bosque” (Zona Silvestre= ZS) y cuatro en el Fraccionamiento “Héroes de Puebla” (Zona Antropizada= ZA). En la ZS el trabajo de campo se realizó en un área de bosque de encino joven con presencia de gran cantidad de bromelias epífitas; en la ZA la colecta de mosquitos se realizó dentro en un área verde (parque).

Se utilizaron seis personas que actuaron como cebo humano y colector durante 17 horas (07:00-00:00 horas) a las cuales previamente se les explicó el propósito del trabajo y el procedimiento y una vez informados aceptaron ser parte del mismo. La colecta duró 50 minutos en cada hora, los diez minutos restantes fueron empleados para tomar datos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento usando una estación meteorológica (Kestrel 3000). Los mosquitos se capturaron con aspiradores entomológicos (John. W. Hock Company, modelo 612) y fueron sacrificados en cámaras letales con vapores de cloroformo, colocándose en cajas Petri etiquetadas por hora (Guimarães *et al.*, 2000).

En laboratorio, los mosquitos fueron montados e identificados por medio de la observación de caracteres morfológicos bajo un microscopio estereoscópico (Leica M80) siguiendo las claves de Carpenter y LaCasse (1955), Berlin (1969), Zavortink (1972), McAlpine *et al.* (1981) y Darsie y Ward (2005).

5.3. Análisis de datos

5.3.1. Ritmo de picadura

La actividad de picadura de cada especie de mosquito se estimó considerando el número de ejemplares capturados por hora en cada período de recolección. Se calcularon las medias de Williams (Haddow 1960; Forattini *et al.*, 1981; Loetti *et al.*, 2007) con el programa Excel 2013, con el objetivo de describir los patrones de actividad diaria de las especies. Esta es una media geométrica modificada que consiste en el cálculo de los logaritmos (Log +1) de una serie de capturas, de las cuales se obtiene el promedio y posteriormente el antilogaritmo, restándole la unidad al resultado final (Williams, 1937). La actividad de picadura se comparó estadísticamente entre zonas utilizando la prueba no paramétrica de Mann-Whitney con el Programa Statistica Versión 12 (StatSoft, 2014)

5.3.2. Relación microclimática del ritmo de picadura

Se calculó el promedio por hora de cada una de las variables microclimáticas, así como la abundancia total de mosquitos por hora para ver gráficamente las fluctuaciones en la abundancia de culícidos con respecto a las variables microclimáticas.

Con el fin de establecer estadísticamente el efecto del microclima en la abundancia de cada especie colectada se realizaron regresiones lineales.

La relación específica entre la actividad de picadura por hora y las variables microclimáticas se evaluó mediante un análisis de correspondencia usando el Software Statistica Versión 12. Este análisis es una técnica descriptiva/exploratoria multivariada desarrollada para analizar tablas de contingencia de dos o más vías. Este análisis permite explorar la estructura de variables categóricas que están contenidas dentro de la tabla (Legendre & Legendre, 2003). Este análisis se realizó de la siguiente manera: para conocer si existe una asociación entre las abundancias de los mosquitos con el horario en el que se capturaron y las condiciones microclimáticas, se realizaron tablas de contingencia con los datos de microclima y

las abundancias de cada especie colectada por hora. En estas, las columnas corresponden a la abundancia de las especies y los renglones al horario y las variables microclimáticas de cada hora. Para la temperatura se realizaron intervalos cada 5°C, para la humedad relativa cada 10% y para la velocidad del viento cada 0.5 m/s.

5.3.3. Análisis de diversidad

Con el fin de caracterizar la comunidad de mosquitos que son atraídos por los humanos, se obtuvo la riqueza de especies y el índice de diversidad de Shannon (riqueza relacionada con la abundancia de cada especie) para cada zona. También se obtuvo el exponencial de Shannon (e^H) para conocer la diversidad verdadera, el índice de dominancia de Simpson y el valor de equidad para cada zona de muestreo. Se utilizó la prueba t de Student para probar las diferencias del índice de Shannon entre zonas. Para conocer el grado de semejanza entre las dos zonas fue calculado el coeficiente de similitud de Jaccard con base a las abundancias de las especies. Dichos análisis se realizaron con el software Past 3.04. (Hammer *et al.* 2001)

6. RESULTADOS

Se recolectó un total de 10,266 mosquitos, de los cuales 7,828 fueron capturados en la ZA y 2,438 en la ZS. Se identificaron seis especies agrupadas en tres géneros (**Cuadro 1**). *Culex salinarius* Coquillett, 1904, fue la especie más abundante en ambas zonas. En la ZS *Aedes quadrivittatus* (Coquillett, 1905), fue la segunda especie con mayor abundancia, mientras que de la especie *Culiseta particeps* (Adams, 1903), sólo se colectó un individuo. Por otro lado, en la ZA el número de mosquitos colectados de las especies *Culex stigmatosoma* Dyar, 1907 y *Aedes trivittatus* (Coquillett, 1902) fue muy bajo.

Cuadro 1. Riqueza y abundancias de especies de mosquito (Diptera: Culicidae) en la Reserva “Flor del Bosque” (ZS) y en el Fraccionamiento “Héroes de Puebla” (ZA).

ESPECIE	ZONA		TOTAL
	SILVESTRE	ANTROPIZADA	
<i>Aedes (Howardina) guerrero</i> Berlin, 1969	111	0	111
<i>Aedes (Howardina) quadrivittatus</i> (Coquillett, 1905)	451	0	451
<i>Aedes (Ochlerotatus) trivittatus</i> (Coquillett, 1902)	40	1	41
<i>Culex salinarius</i> Coquillett, 1904	1835	7809	9644
<i>Culex stigmatosoma</i> Dyar, 1907	0	18	18
<i>Culiseta particeps</i> (Adams, 1903)	1	0	1
Total	2438	7828	10266

6.1. Ritmo de picadura

La prueba de Mann-Whitney para comparar la actividad hematófaga entre las dos zonas fue significativa ($p < 0.005$) indicando que existe diferencia en el ritmo de picadura entre zonas.

En la ZS *Cx. salinarius* es la especie que presentó una mayor actividad hematófaga, encontrándose en la mayoría de las horas. Este mosquito mostró dos picos de actividad marcados, uno de 8:00-9:00 hrs. y el segundo de 19:00-20:00 hrs. *Ae. quadrivittatus* también mostró dos picos de actividad, de 8:00-9:00 hrs. y de 18:00-19:00 hrs. La especie *Ae. guerrero* solo presentó un pico entre 16:00-17:00 hrs., mientras que de la especie *Cs. particeps* solo se colectó un individuo, por lo que no es posible estimar su actividad (**Fig. 3**). El análisis de correspondencia fue significativo ($X^2 = 1213.83$, $g.l. = 64$, $p < 0.001$) indicándonos que existen diferencias entre las horas de colecta y la abundancia de mosquitos.

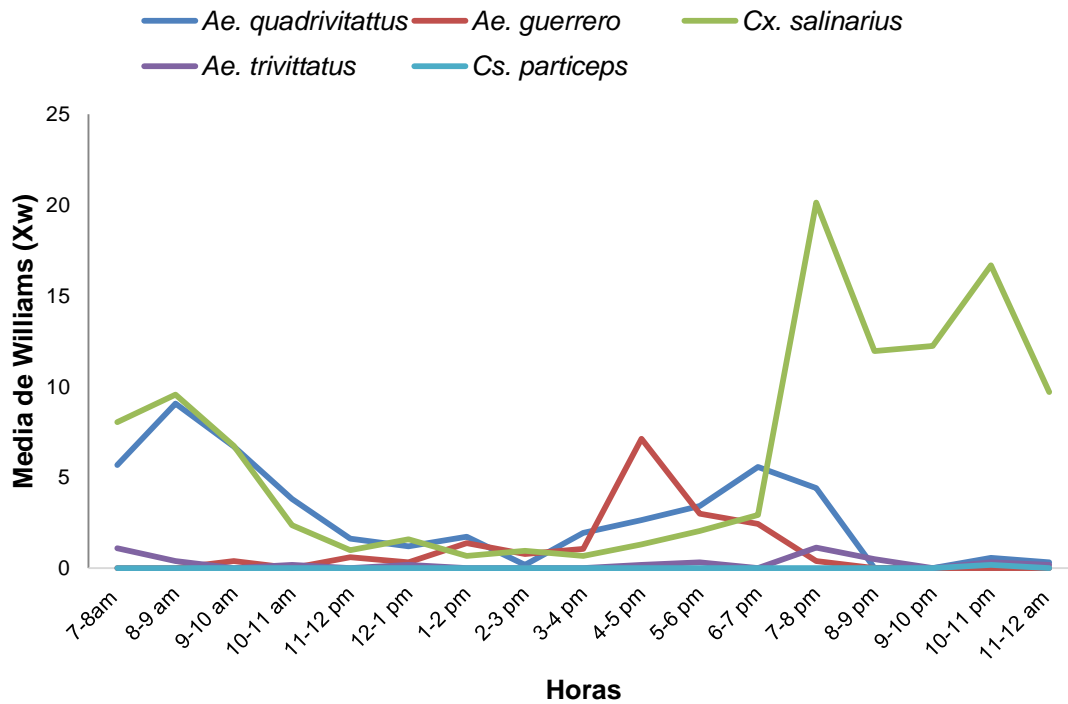


Figura 3. Ritmo de picadura de mosquitos del área silvestre expresada en media de Williams (w).

De los mosquitos en la Zona antropizada, *Cx. salinarius* fue la especie más activa mostrando mayor actividad nocturna, encontrando su pico entre las 19:00-20:00 hrs. Para *Cx. stigmatosoma* y *Ae. trivittatus* no se mostró una preferencia horaria debido a las bajas abundancias en que se colectaron (**Fig. 4**). El análisis de correspondencia no arrojó diferencias significativas ($\chi^2 = 38.0155$, $g.l. = 32$, $p =$

0.2144)

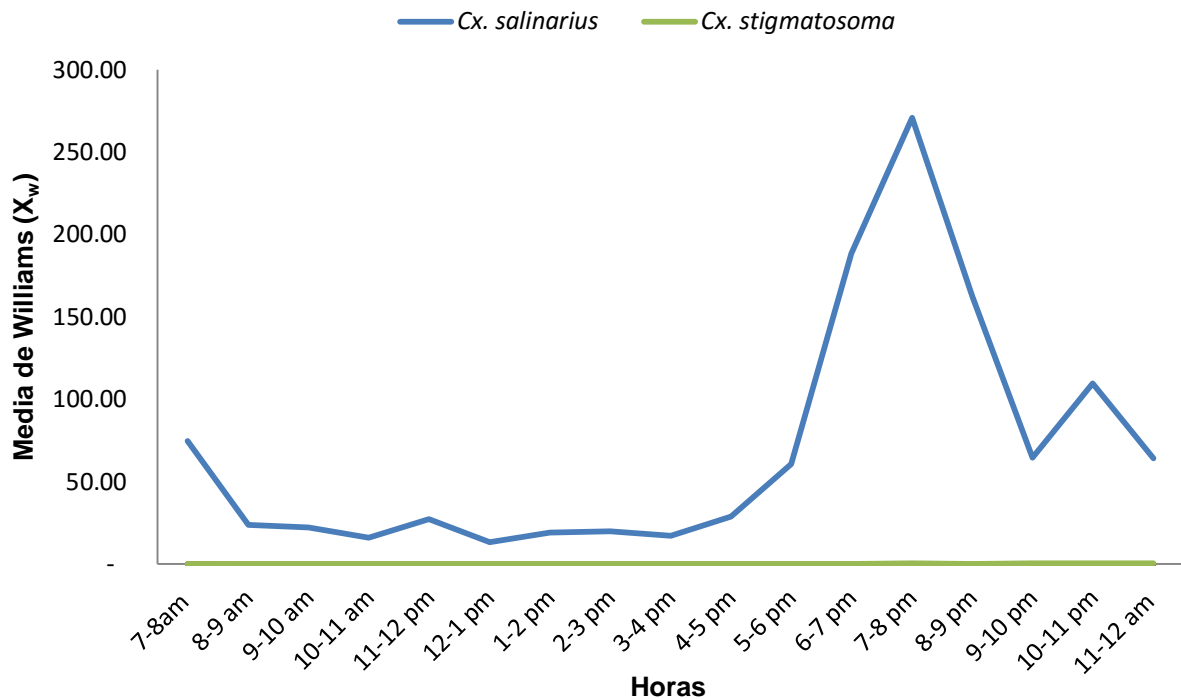


Figura 4. Ritmo de picadura de mosquitos urbanos expresada en media de Williams (w).

6.2. Relación microclimática del ritmo de picadura

6.2.1. Zona silvestre

Con respecto a la temperatura, la abundancia de mosquitos disminuye drásticamente cuando esta variable alcanza sus máximos registrados. La humedad relativa tiene un efecto inverso a la temperatura, las abundancias más altas de mosquitos se registraron cuando esta variable alcanzó sus porcentajes más altos. Por último el efecto de la velocidad del viento en la abundancia de estos dípteros fue similar a la temperatura ya que a medida que aumentaba, la abundancia de los insectos disminuyó (**Fig. 5**).

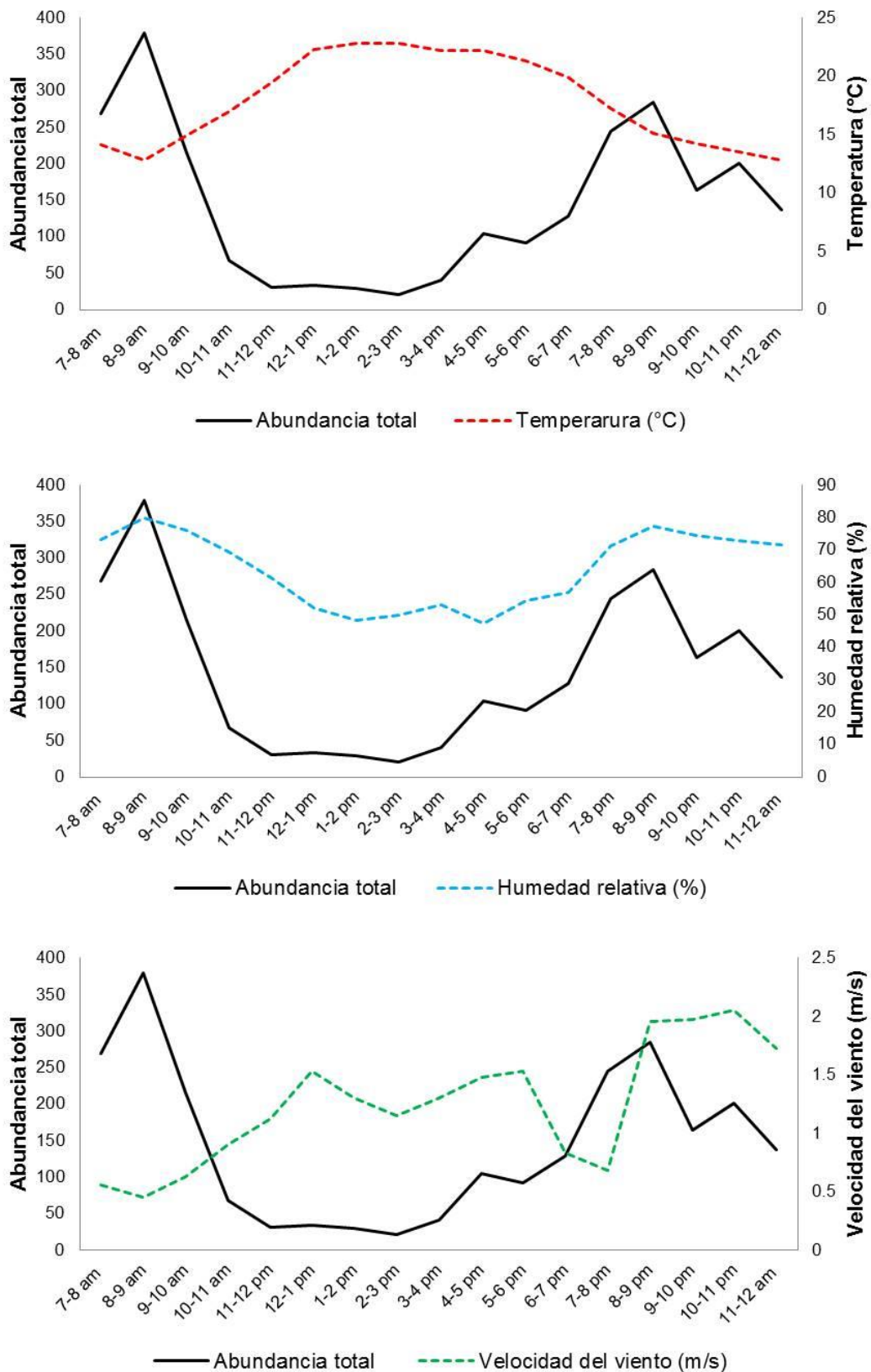


Figura 5. Relación microclimática y abundancia total de mosquitos en la zona silvestre.

Los análisis de regresión realizados muestran que tanto la temperatura como la humedad relativa tienen un efecto sobre la actividad de la especie *Cx. salinarius*

aumentando su actividad a medida que la temperatura desciende. Este análisis también muestra que la velocidad del viento influye en la actividad de *Ae. quadrivittatus*, disminuyéndola cuando esta variable aumenta. Por otro lado, las especies *Ae. guerrero* y *Ae. trivittatus* no están siendo afectadas por dichas variables (**Cuadro 2**).

Cuadro 2. Análisis de regresión de la abundancia total de individuos y las variables microclimáticas en la zona silvestre.

ESPECIE	VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	R ²	VALOR DE <i>p</i>
<i>Culex salinarius</i>	Temperatura	0.72831	0.000013
	Velocidad del viento	0.0070664	0.74839
	Humedad relativa	0.78143	2.51E-06
<i>Aedes quadrivittatus</i>	Temperatura	0.005914	0.76925
	Velocidad del viento	0.55083	0.00064602
	Humedad relativa	0.0126	0.66798
<i>Aedes guerrero</i>	Temperatura	0.34283	0.013532
	Velocidad del viento	0.0085667	0.72385
	Humedad relativa	0.42941	0.0042977
<i>Aedes trivittatus</i>	Temperatura	0.035953	0.46607
	Velocidad del viento	0.081899	0.26546
	Humedad relativa	0.089	0.2448

Los resultados del análisis de correspondencia entre los mosquitos y la temperatura fueron significativos ($X^2= 653.745$, *g.l.*= 8, $p < 0.001$) indicándonos que existen tendencias claras entre la abundancia de mosquitos y los intervalos de temperatura. Se encontró una fuerte asociación de *Cx. salinarius* con los intervalos más fríos, a la especie *Ae. guerrero* con el intervalo de 20-25°C y a las especies *Ae. quadrivittatus* y *Ae. trivittatus* con el intervalo de 15-20°C (**Fig. 6**).

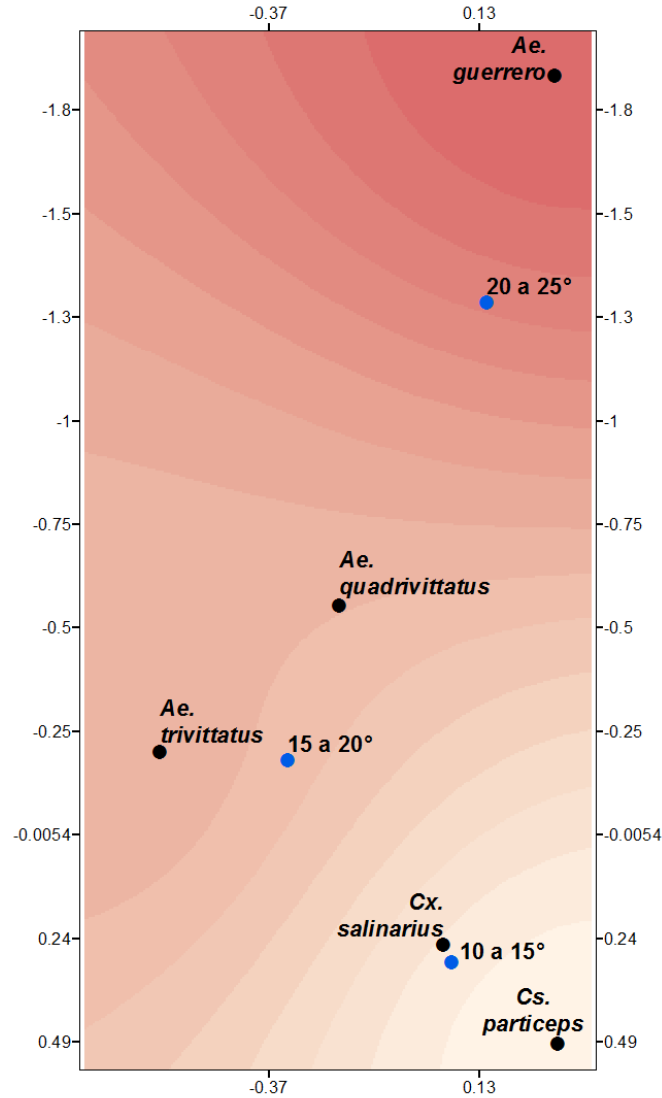


Figura 6. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos silvestres y su relación con la temperatura.

La asociación entre los mosquitos y la humedad relativa fue significativa ($X^2=906.696$ $g.l.=16$ $p< 0.001$) lo cual indica que existen preferencias diferentes de cada especie con un intervalo de humedad. La especie *Ae. guerrero* muestra una alta asociación con el intervalo de 41-50%, *Ae. quadrivittatus* mostró una fuerte asociación con el intervalo de 50-70%, mientras que las especies *Cx. salinarius* y *Ae. trivittatus* se asocian con los porcentajes más altos de humedad (**Fig. 7**).

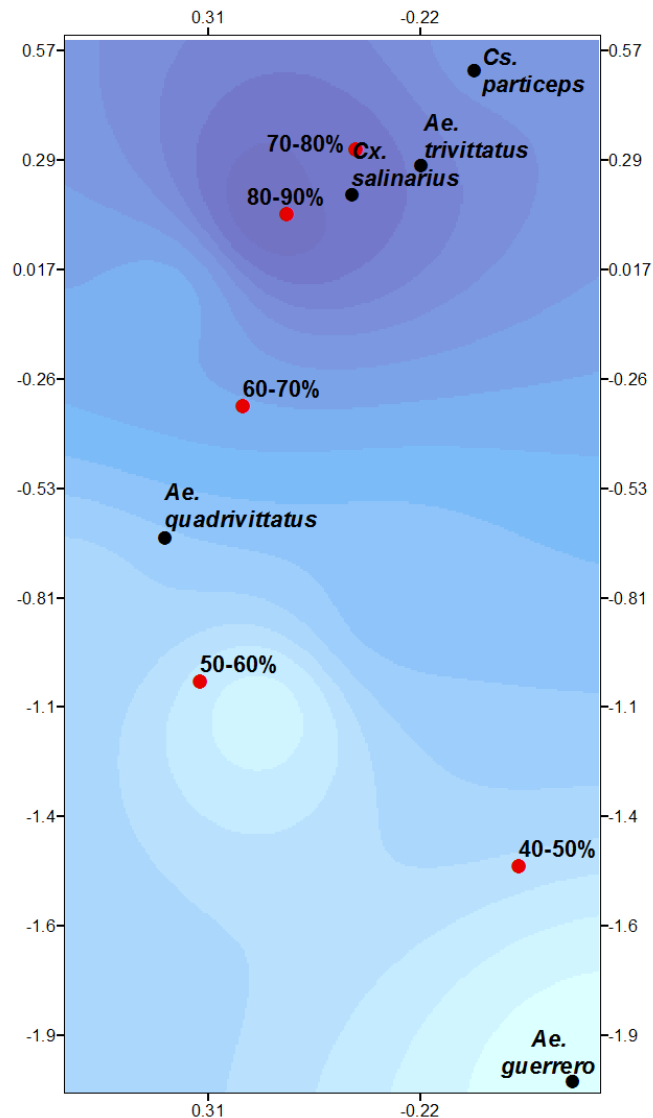


Figura 7. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos silvestres y su relación con la humedad relativa.

Por último, los resultados del análisis entre la velocidad del viento y la abundancia de mosquitos fueron significativos ($X^2= 658.560$, $g.l.= 16$, $p< 0.001$). Estos mostraron una fuerte asociación de las especies del subgénero *Howardina* con velocidades de 1-1.5 m/s. Las especies *Cx. salinarius* y *Ae. trivittatus* mostraron una fuerte asociación con distintos intervalos de esta variable (0-.5, .5-1, 1.5-2 y 2-2.5) (Fig. 8).

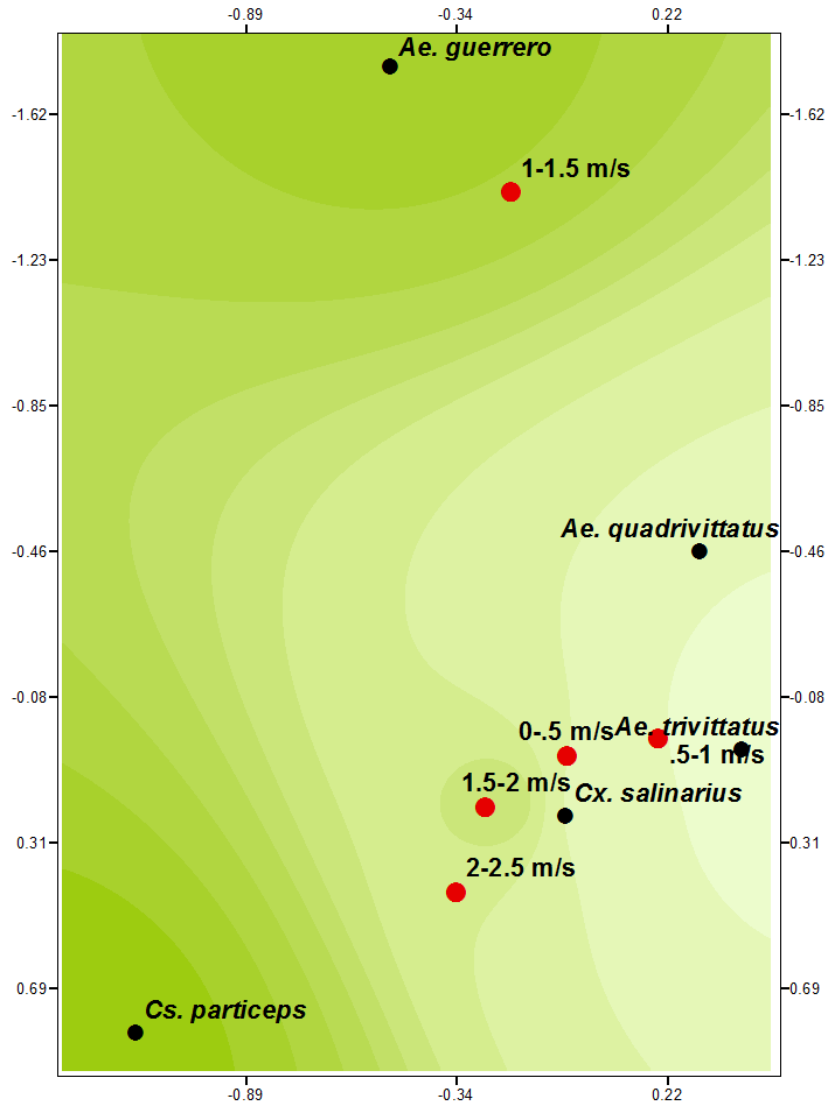


Figura 8. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos silvestres y su relación con la velocidad del viento.

6.2.2. Zona antropizada

El ritmo de picadura de las especies de ZA encontró su pico más alto cuando la temperatura descendió de los 20°C. La humedad tuvo un efecto positivo en la actividad de los mosquitos, ya que esta fue más alta cuando la humedad se elevó. La abundancia de mosquitos se ve claramente afectada por la velocidad del viento, ya que esta tiene un aumento significativo cuando la velocidad del viento tiene sus mínimos registrados (**Fig. 9**).

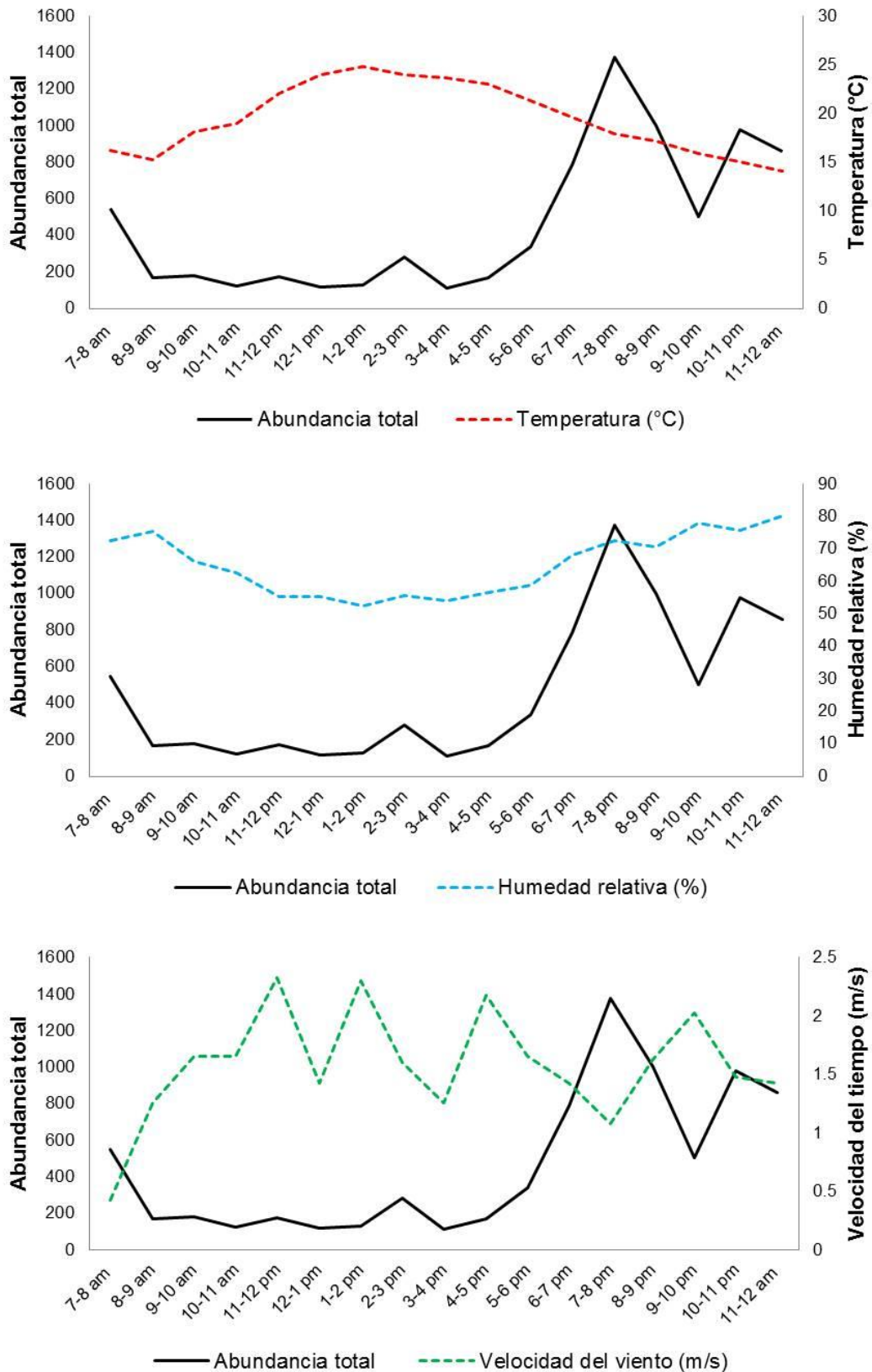


Figura 9. Relación microclimática y abundancia total de mosquitos en la zona antropizada.

El análisis de regresión mostró que las variables microclimáticas no están teniendo un efecto sobre el ritmo de picadura de *Cx. salinarius* (**Cuadro 3**).

Cuadro 3. Análisis de regresión de la abundancia total de individuos y las variables microclimáticas en la zona urbana.

ESPECIE	VARIABLES MICROCLIMÁTICAS	R ²	VALOR DE p
<i>Culex salinarius</i>	Temperatura	0.34034	0.013959
	Velocidad del viento	0.13697	0.14368
	Humedad relativa	0.44813	0.00329

En cuanto a la temperatura y la velocidad del viento, los resultados fueron significativos ($X^2= 12.3081$, $g.l.= 4$, $p= 0.0152$; $X^2= 19.2501$, $g.l.= 8$, $p= 0.0136$ respectivamente), sin diferencias en la humedad relativa ($X^2= 8.69156$, $g.l.= 6$, $p= 0.1917$) (**Fig. 10, 11, 12**).

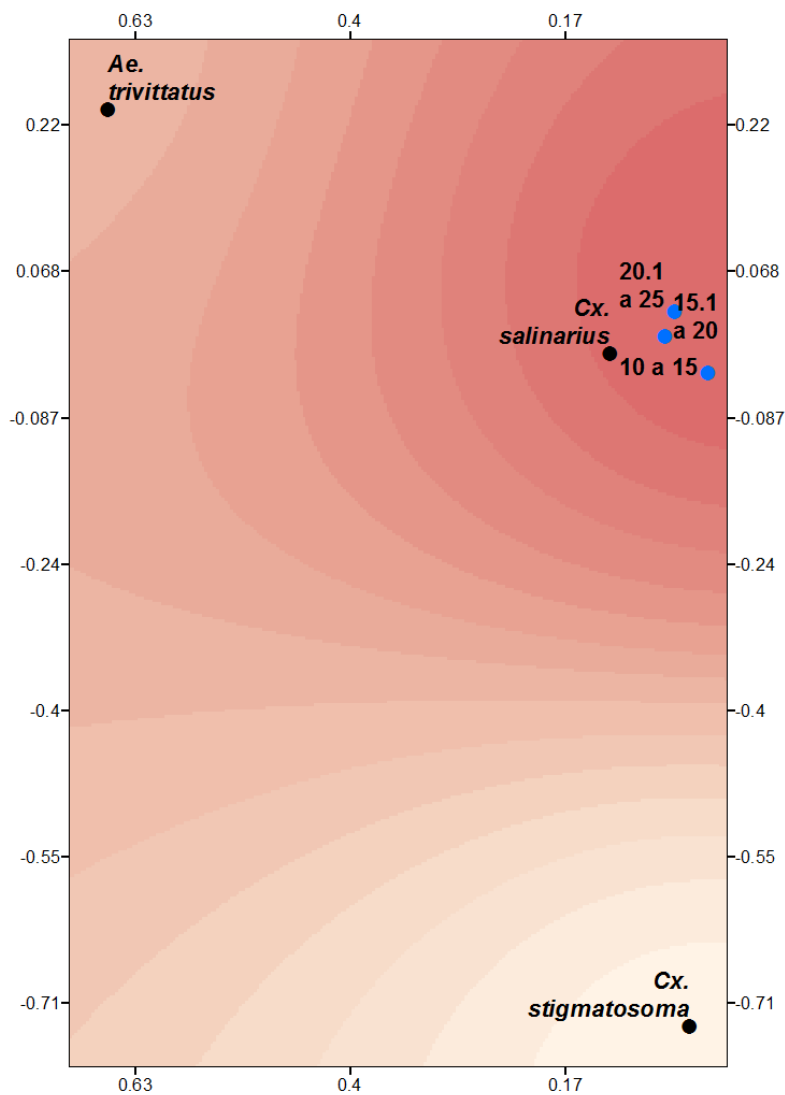


Figura 10. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos de ZA y su relación con la temperatura.

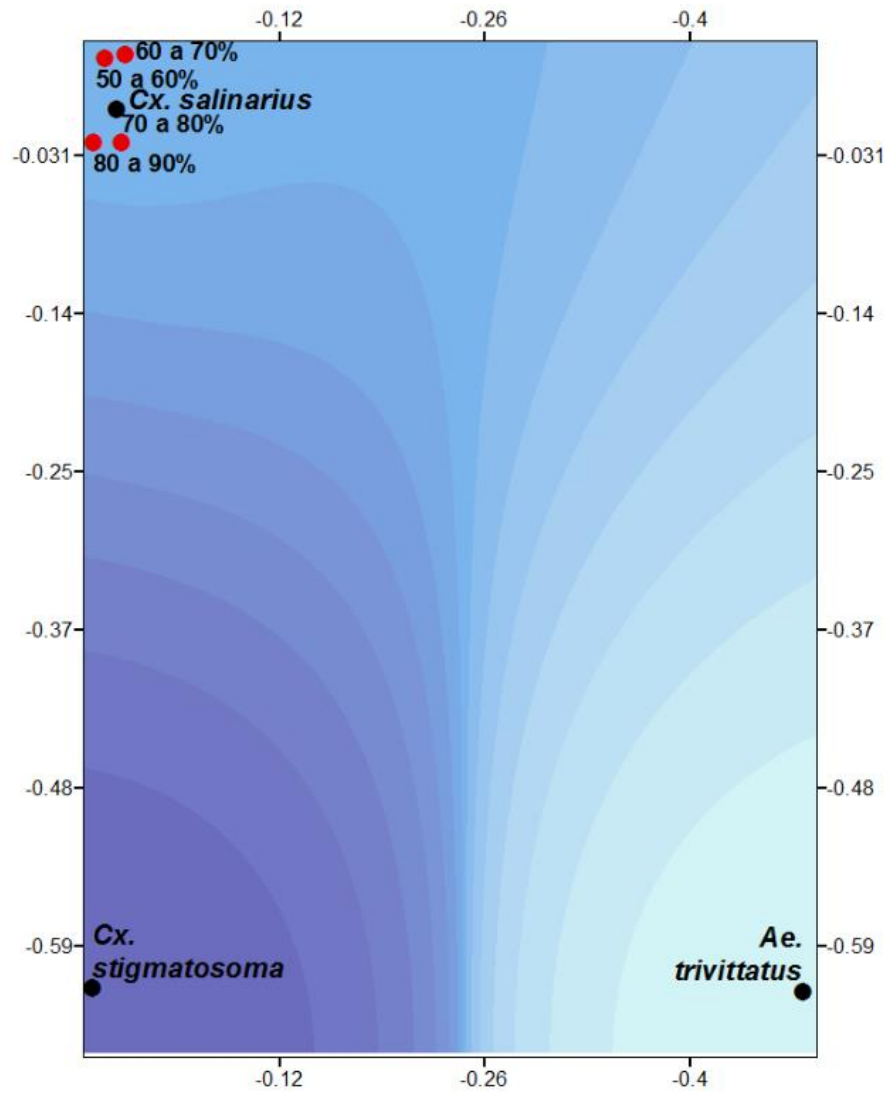


Figura 11. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos de ZA y su relación con la humedad relativa.

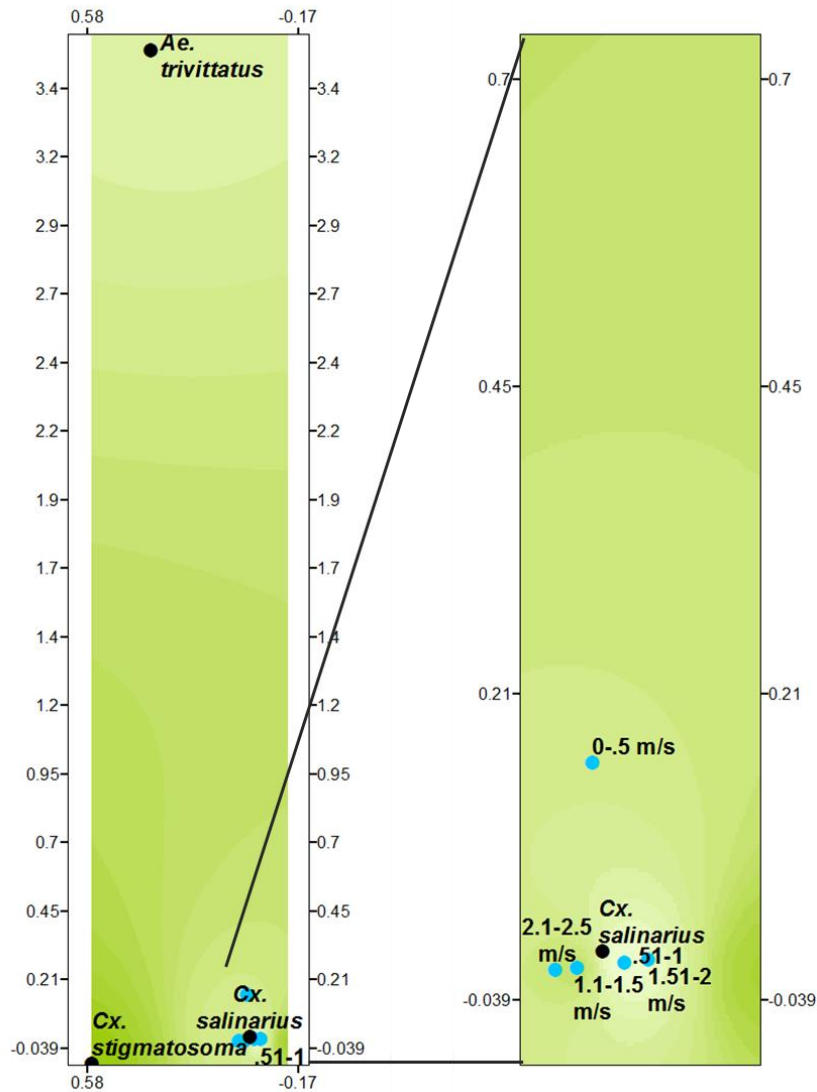


Figura 12. Representación gráfica del análisis de correspondencia de las abundancias de mosquitos de ZA y su relación con la velocidad del viento.

6.3. Análisis de diversidad

En cuanto a los índices de diversidad alfa, el índice de Shannon más alto lo muestra la ZS. Lo mismo sucede con el índice de Simpson, pero en cuanto a la dominancia de Simpson, el valor más alto lo muestra la ZA siendo cercano a uno. La equidad es más alta en la ZS (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Valores de los índices de diversidad alfa por zona de muestreo.

ÍNDICES	ZONA SILVESTRE	ZONA ANTROPIZADA
S	5	3
A	2438	7828
Shannon	0.737	0.018
e ^{H'}	2.09	1.02
Simpson	0.397	0.005
Dominancia de Simpson	0.603	0.995
Equitatividad (Evenness)	0.418	0.339

La prueba t para la comparación de los índices de diversidad entre las dos zonas estudiadas arrojó diferencias significativas, tanto para el índice de Shannon como para el de Simpson ($p < 0.001$).

El índice de similitud de Jaccard con base en las abundancias, demostró una similitud de 77% entre la ZS y la ZA, revelando una alta similitud en la composición de especies. De las especies colectadas dos fueron encontradas en ambos ambientes, tres fueron exclusivas de la ZS y una especie de la ZA. La especies primarias exclusivas de la ZS pertenecen al subgénero *Howardina* Theobald, 1904, mientras que para la zona urbana la especie primaria fue *Cx. stigmatosoma*.

7. DISCUSIÓN

7.1. Ritmo de picadura

La primera hipótesis planteada se cumplió, ya que cada especie mostró picos de actividad distintos, manteniendo sus horarios de actividad en ambas zonas (*Cx. salinarius*), además de que los mosquitos de ZA fueron más activos.

Los resultado obtenidos mostraron que la especie *Cx. salinarius* tiene mayor actividad durante la noche, aumentando durante el crepúsculo. Estos resultados se observaron tanto en la ZS como en la ZA, lo cual coincide con lo reportado por Breidenbaugh *et al.* (2008), Anderson (2007) y Murphey y Darsie (1962). Sin embargo, Nayar y Sauerman (1974) reportan que la actividad de esta especie se extiende hasta poco antes del amanecer. Debido a que el muestreo realizado en este trabajo finalizó a la medianoche no se pudo confirmar esto.

El ritmo de picadura de especies del subgénero *Howardina* no ha sido estudiado. El presente trabajo representa el primer registro de la actividad de las especies *Ae. guerrero* y *Ae. quadrivittatus*. De manera general, las dos especies son diurnas, cesando su actividad casi por completo a las 20:00, es decir, una hora

después del crepúsculo aproximadamente. Por un lado, *H. guerrero* incrementa su actividad de las 16:00 hrs. hasta las 19:00 hrs., mientras que su pico más alto se presenta de 16:00-17:00 hrs. En lo que respecta a *Ae. quadrivittatus*, es una especie mucho más activa que *Ae. guerrero*, mostrando dos picos de actividad característicos, uno aproximadamente una hora después del amanecer (8:00-9:00 hrs.) y el segundo de 18:00 a 19:00 hrs., justo después del pico de actividad más elevado de *Ae. guerrero* y antes del crepúsculo. Estos resultados nos sugieren que estas especies podrían estar evitando la competencia interespecífica.

La especie *Ae. trivittatus* es un mosquito persistente y agresivo al momento de alimentarse de los humanos, sin embargo, no muestra preferencia por ellos (Pinger, 1974). Los ritmos de picadura de este culícido ya han sido estudiados (Rowe, 1942; Abdel-Malek, 1948; Wright & Knight, 1966; Pinger, 1974), reportando su actividad durante todo el día, desde temprano en la mañana hasta las 23:00 hrs. aproximadamente. Suele picar durante el día cuando alguien invade sus lugares de descanso (Rozeboom, 1942). No obstante, sus picos más altos los presenta alrededor de 45 min o una hora después del atardecer. El crepúsculo en la ZS ocurrió a las 18:30 aproximadamente, y el pico de actividad de *Ae. trivittatus* ocurrió en el intervalo de 19:00-20:00, por lo que nuestros resultados coinciden con los autores antes mencionados.

Reisen (2012) en un estudio en California reportó a *Cx. stigmatosoma* con hábitos alimentarios nocturnos, lo cual coincide con este trabajo, ya que a pesar de la baja abundancia encontrada (18 individuos) todos se capturaron en la noche. La mayoría de estudios realizados sobre esta especie están enfocados a conocer la capacidad vectorial de este mosquito (Molaei *et al.*, 2010; Goddard *et al.*, 2002) por lo que se requieren más estudios sobre su actividad hematófaga para enriquecer el conocimiento sobre este vector.

7.2. Relación microclimática del ritmo de picadura

Los ritmos de picadura de las distintas especies estuvieron relacionados con diferentes intervalos de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Esta relación únicamente se observó de forma clara en la ZS, cumpliéndose la hipótesis sólo en esta zona. Ello debido a que en la ZA la dominancia de *Cx. salinarius* está determinando la presencia de esta especie a cualquier intervalo de las variables microclimáticas. Debido a lo anterior no es posible observar las mismas preferencias

en ambas zonas con respecto a dichas variables, por lo que la hipótesis no pudo cumplirse. Por último, el efecto que estas variables podrían tener en las distintas especies no pudo probarse por completo. A continuación se discuten estos resultados por especie, con excepción de *Cx. stigmatosoma* y *Cs. particeps* debido a sus bajas abundancias.

Culex salinarius

En la ZS esta especie se vio afectada por la temperatura, mostrando preferencia por temperaturas entre 10-15°C. Estos resultados confirman que algunas especies del género *Culex* muestran preferencia por alimentarse en la noche (Alencar *et al.*, 2011) que es cuando la temperatura alcanza estos intervalos. El trabajo de Zyzak *et al.* (2002) refuerza estos resultados, ya que encontró mayor abundancia de esta especie a medida que la temperatura disminuye. Eldridge *et al.* (1972) reporta resultados que difieren con los presentados en este trabajo, él reporta que la actividad hematófaga de esta especie se reduce considerablemente a temperaturas que oscilan entre los 15°C. En este mismo trabajo el autor menciona que la variación intraespecífica en la preferencia por ciertos intervalos de temperatura puede deberse a que *Cx. salinarius* puede habituarse rápidamente al sitio donde se encuentra.

Esta especie es afectada por la humedad relativa mostrando preferencia por altos porcentajes, en específico, por intervalos entre 70 y 80% de humedad relativa para la ZS. Mayne (1930) en un estudio en laboratorio demuestra que la especie *Culex pipiens fatigans* Wiedemann, 1828 (= *Culex quinquefasciatus*) dejaba de alimentarse cuando la humedad bajaba al 50% y comenzaba a alimentarse cuando aumentaba al 70% de humedad relativa. Similar a estos resultados, Rudolfs (1925) reporta que *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 aumenta considerablemente su actividad cuando la humedad alcanza el 95%. Esto puede sugerir que las especies del género *Culex* prefieren humedades por encima del 70%. Para la ZA el mosquito no mostró preferencia por algún rango de humedad, esto puede deberse a que esta variable se mantuvo más estable y por encima del 50%.

Tanto en la ZS como en la ZA esta especie mantuvo su actividad aun cuando la velocidad del viento sobrepasaba los 2 m/s. En la ZS esto podría explicarse con la cantidad de sitios en los que estos organismos podrían posarse cuando la velocidad del viento es alta. La gran cantidad de dosel y estructuras naturales proporcionan

una vasta cantidad de sitios de reposo, lo que proporciona al mosquito protección contra los aumentos repentinos del viento (Bidlingmayer, 1985). Por otro lado, en la ZA la presencia de una fuente constante de alimento (el humano) provocaría el vuelo continuo de los mosquitos para alimentarse.

Aedes (Howardina) guerrero – *Aedes (Howardina) quadrivittatus*

El estudio de la relación de variables microclimáticas en el ritmo de picadura de las especies del subgénero *Howardina* no se ha investigado. Este trabajo arroja los primeros resultados de esta asociación. La especie *Ae. quadrivittatus* mostró preferencia por el intervalo de 15-20°C y la hora de mayor abundancia (18:00-19:00 hrs.), lo que indica que es una especie susceptible a las temperaturas altas. Por otra parte, *Ae. guerrero* muestra preferencia por intervalos de temperatura más altos que *Ae. quadrivittatus* (20-25°C), lo que podría estar sugiriendo que las especies evitan la competencia interespecífica. La relación de estas especies con distintos rangos de temperatura pudiera estar indicando diferentes hábitos alimentarios. Análisis moleculares son requeridos para confirmar esta hipótesis.

Ae. quadrivittatus mostró una fuerte relación con los porcentajes de humedad de entre los 50-70%, esto podría indicar la preferencia de esta especie por alimentarse horas antes del crepúsculo. Por otra parte, *Ae. guerrero* mostró preferencia por el intervalo más bajo de humedad relativa (40-50%), lo que sugiere que la variable por la cual esta especie pudiera estar más afectada es la temperatura.

Por último, los resultados muestran que las dos especies presentan una tolerancia similar a la velocidad del viento, ya que se observó que velocidades por encima de 1.5 m/s disminuyen la abundancia de estos organismos. Esto es lo esperado debido a su tamaño (6 mm aprox.) (Berlin, 1969). El resultado de la regresión indica el efecto que esta variable podría tener en la especie *Ae. quadrivittatus*. Este resultado, aunado a la preferencia de intervalos altos de temperatura, sugiere una alta preferencia de esta especie por un lapso específico del fotoperiodo (18:00-19:00) y alude a la preferencia de este mosquito por un huésped presente en ese horario.

Aedes (Ochlerotatus) trivittatus

El conocimiento que se tiene sobre como factores microclimáticos afectan a este mosquito es muy poco. Únicamente Wright y Knight (1966) han evaluado los efectos de la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del viento en *Ae. trivittatus*. Dichos autores reportaron que este mosquito muestra preferencia por temperaturas de los 18-28°C. En lo que se refiere la humedad, estos autores encontraron que este mosquito tuvo su mayor actividad en rangos de 32-98%, indicando que este díptero tiene una alta tolerancia a fluctuaciones amplias de esta variable. Este trabajo coincide con nuestros resultados al encontrar preferencia de este mosquito a humedades elevadas (entre 70 y 80%) pero difiere en cuanto a las humedades bajas, ya que la abundancia de este mosquito disminuye a humedades por debajo del 70%. Estos resultados nos dan un mayor conocimiento por el rango preferencial de esta especie.

Para finalizar, el trabajo antes mencionado, reporta que este mosquito presenta sus mayores abundancias cuando la velocidad del viento es baja (0.89 m/s), inhibiendo casi por completo su vuelo a velocidades por encima de este rango. Este resultado coincide con lo reportado en el presente trabajo de tesis, indicando que esta especie es muy susceptible a vientos fuertes.

7.3. Riqueza y abundancia de mosquitos

La tercera hipótesis planteada menciona que la riqueza sería más alta en la ZS y la abundancia en la ZA; dicha hipótesis se cumplió. En el presente trabajo se encontró una riqueza total de seis especies, de las cuales cinco fueron recolectadas en la ZS, mientras que tres de ellas se presentaron en la ZA. Las especies *Cs. particeps* y las dos especies del subgénero *Howardina* fueron exclusivas de la ZS, sin embargo, solo fue colectado un ejemplar de *Cs. particeps* por lo que no es posible determinar si está asociada únicamente a estos ambientes. Por otro lado, los dos miembros del subgénero *Howardina* reportados en este trabajo han sido identificados como mosquitos asociados a bromelias, es decir, sus estados inmaduros se desarrollan en el fitotelmata de ellas (Berlin, 1969). Debido a que el bosque de encino en el que se realizó este estudio presenta una vasta cantidad de bromelias epífitas, es por esto que tanto *Ae. guerrero* como *Ae. quadrivittatus* se encuentran presentes exclusivamente en esta zona. Cabe mencionar que de la especie *Ae. trivittatus* únicamente se presentó un individuo en el ZA y 40 en la ZS, por lo que es posible

inferir que este mosquito está fuertemente asociado a ambientes conservados, aunque no podemos delimitarla a estas zonas. *Cx. stigmatosoma* fue exclusiva de la ZA, sin embargo, esta especie también ha sido reportada en ambientes conservados pero en baja abundancia (Viveros-Santos *et al.*, 2015). Viveros-Santos *et al.* (2015) reportan a este mosquito habitando nuestra zona de estudio (Flor del Bosque), sin embargo, ellos emplean trampas CDC que aumentan el intervalo de capturas, mientras que el cebo humano restringe las colectas a especies antropófilas. Este mosquito no muestra preferencia por alimentarse de sangre humana, sino de aves y otros mamíferos (Ortega-Morales *et al.*, 2011), debido a esto, *Cx. stigmatosoma* podría encontrar mayor recurso en las áreas conservadas y la presencia del humano en ellas no afectaría su consumo, limitándose a otros vertebrados, provocando así la inexistencia de este mosquito en nuestra ZS. *Cx. stigmatosoma* es una especie generalista típica de ambientes perturbados, además sus larvas toleran un alto grado de contaminación en los cuerpos de agua, esto, aunado a la poca preferencia por el ser humano provocaría la presencia y las bajas abundancias de este mosquito en la ZA.

De manera general, en ambientes naturales o escasamente poblados es donde se ha registrado la mayor cantidad de especies de mosquitos (Espinoza-Gómez *et al.*, 2013), ya que al presentar una mayor diversidad de flora y fauna, hay gran cantidad de microambientes acuáticos que son aprovechados o que están disponibles para el desarrollo de los culícidos (Alencar *et al.*, 2011). Sin embargo, autores como Ribeiro *et al.* (2012), Viveros-Santos *et al.* (2015) y Abella-Medrano *et al.* (2015) reportaron un número mayor de especies en áreas urbanas, o similar al de áreas silvestres. Esto puede deberse de igual manera al método de recolecta. Los autores antes mencionados emplearon trampas para la colecta de culícidos en general. En cambio, el uso de cebo humano como método de colecta restringe la presencia de especies a únicamente aquellas con cierto grado de antropofilia, y ya que en una zona silvestre la presencia de humanos es limitada, las especies que se alimentan de ellos son menores. De igual forma, bajo la perspectiva de la Teoría de Biogeografía de Islas, propuesta por MacArthur y Wilson (la cual indica que la cercanía entre dos zonas da pie a una mayor similitud en la composición de especies), la proximidad de las zonas de muestreo de los trabajos anteriormente citados da lugar a un mayor recambio de especies, aumentando la posibilidad de

colectar las mismas especies en las dos zonas debido a la plasticidad de muchas de ellas.

Por otro lado, la abundancia de mosquitos por zona difirió considerablemente, encontrándose un total de 2,438 y 7,828 para la ZS y ZA, respectivamente. Estos resultados difieren con lo encontrado por Ribeiro *et al.* (2012), Viveros-Santos *et al.* (2015), y Abella-Medrano *et al.* (2015) ya que ellos reportaron mayores abundancias en la zona conservada. Las altas abundancias encontradas en la zona silvestre se deben a la alta dominancia que tiene la especie *Cx. salinarius*. Esta especie es considerada oportunista (Molaei *et al.*, 2006), de altas densidades y con hábitos de alimentación indiscriminados (Rochlin *et al.*, 2009). Molaei *et al.* (2006) identificaron a este culícido alimentándose de aves y mamíferos, lo que puede explicar las altas abundancias de este mosquito en el ambiente silvestre. Del mismo modo, los cambios ambientales en áreas urbanas dan pie a que la abundancia de especies oportunistas aumente (Ribeiro *et al.*, 2012), esto probablemente propició aún más las mayores densidades de esta especie en la ZA.

7.4. Importancia médica y veterinaria

En el Estado de Puebla ya se tenía registro de las seis especies reportadas en este trabajo de tesis (Ibáñez-Bernal & Martínez-Campos, 1994; Viveros-Santos *et al.*, 2015), y, con excepción de *Cs. particeps*, todas ellas han sido identificadas como posibles vectores de enfermedades.

La especie más abundante de este estudio fue *Cx. salinarius* (en los dos ambientes). Esta especie ha sido identificada como vector importante del virus del oeste del Nilo, de la encefalitis de St. Louis, así como de la encefalitis equina del este (MMCA, 2002). *Cx. salinarius* se alimenta de aves y mamíferos (Anderson *et al.*, 2012), mostrando una gran preferencia por los humanos, siendo considerado un vector importante en ecosistemas urbanos (Anderson *et al.*, 2012).

La especie *Cx. stigmatosoma* ha sido identificada como vector del virus del oeste del Nilo y de la encefalitis de St. Louis. Este mosquito se alimenta principalmente de aves y rara vez de humanos (Ortega-Morales *et al.*, 2011), esto probablemente propició las bajas abundancias de este mosquito en el presente estudio ya que se usó cebo humano como atrayente.

La presencia de patógenos capaces de ser transmitidos por especies del subgénero *Howardina* es poco conocida, sólo se han reportado el virus de la fiebre

amarilla selvática siendo posible que sea incapaz de transmitirlo de manera biológica (Davis & Shannon, 1931) y *Plasmodium aviar* (Abella-Medrano *et al.*, 2016). Las dos especies del subgénero *Howardina* fueron las especies colectadas en mayor número (después de *Cx. salinarius*), y aunque únicamente se presentan en la zona de “Flor del Bosque”, ya que se alimentan de aves y mamíferos (Carpenter & LaCasse, 1955), estas especies también afectan al humano, por lo que la realización de estudios más profundos sobre el papel de estas especies como vectores de arbovirus son necesarios (Berlin, 1969).

Por último, la especie *Ae. trivittatus* ha sido identificado como vector de enfermedades como la encefalomiелitis equina del oeste y la encefalitis de La Crosse (MMCA, 2002). Esta especie suele alimentarse de mamíferos, aves y reptiles (Pinger, 1974).

8. CONCLUSIÓN

Se colectaron un total de 10,266 mosquitos de los cuales 7,828 fueron capturados en la ZA y 2,438 en la ZS. Se identificaron seis especies, *Ae. guerrero*, *Ae. quadrivittatus*, *Ae. trivittatus* *Cs. particeps*, *Cx. salinarius* y *Cx. stigmatosoma*. *Culex salinarius* fue la especie más abundante en ambos sitios. Las especies del subgénero *Howardina* fueron exclusivas de la ZS.

La riqueza de especies fue mayor en la ZS demostrando que estas zonas brindan una mayor cantidad de nichos para que sean explotados por un mayor número de especies, mientras que la abundancia fue mayor en la ZA indicando que estas zonas son altamente explotadas por especies oportunistas.

Cada especie mostró picos de actividad característicos, *Cx. salinarius* fue la especie más activa encontrando su pico más alto entre las 19:00-20:00 hrs. tanto para la ZS como para la ZA. El pico de actividad de *Ae. quadrivittatus* fue entre las 18:00-19:00 hrs., mientras que el de *Ae. guerrero* se presentó entre las 16:00-17:00 hrs. y por último, *Ae. trivittatus* entre las 19:00 y 20:00 hrs. Estadísticamente el ritmo de picadura entre zonas mostró diferencias significativas, siendo mayor en la ZA.

Las especies colectadas demostraron tener asociaciones particulares con las variables microclimáticas. *Culex salinarius* y *Ae. trivittatus*, al ser de hábitos nocturnos, mostraron preferencia por temperaturas bajas e intervalos de humedad altos. Una alta velocidad del viento parece disminuir la actividad de *Ae.*

quadrivittatus mientras que *Cx. salinarius* se vio afectada también por la humedad relativa.

Los resultados obtenidos de este trabajo de tesis sientan las bases para realizar estudios enfocados en la conservación de especies, específicamente de aves, debido a que utilizan las zonas de estudio como refugio, además que su hábito migratorio estaría provocando el transporte de patógenos a distintas zonas. Estos estudios deben enfocarse a la detección de patógenos en los mosquitos y si estos están manteniendo los patógenos en las poblaciones de aves. Además los resultados de la relación de la actividad hematófaga y las variables microclimáticas pueden ayudarnos a entender el efecto que el cambio climático está teniendo en los organismos vectores de enfermedades. Por otra parte, también brinda información que sirve para poder realizar programas de control y vigilancia de las distintas especies encontradas.

9. LITERATURA CITADA

- Abdel-Malek, A. (1948) The biology of *Aedes trivittatus*. *Journal of Economic Entomology*, 41 (6), 951–954.
- Abella-Medrano C., Ibáñez-Bernal, S., Mcgregor-Fors, I. & Santiago-Alarcon, D. (2015) Spatiotemporal variation of mosquito diversity (Diptera: Culicidae) at places with different land-use types within a neotropical montane cloud forest matrix. *Parasites & Vectors*, 8 (487), 1–11.
- Aldemir, A., Bedir, H., Demirci, B. & Alten, B. (2010) Biting activity of mosquito species (Diptera: Culicidae) in the Turkey-Armenia border area, Ararat Valley, Turkey. *Journal of Medical Entomology*, 47 (1), 22–27.
- Alencar, J., Melo, F.Z., Macedo, L.C., Maués, S.N., Pinto, M.R., *et al.* (2011). Biodiversity and time of activity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the Biome of the Atlantic forest in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 48 (2), 223–231.
- Amerasinghe, F.P. & Indrajith, N.G. (1995) Nocturnal biting rhythms of mosquitoes (Diptera Culicidae) in Sri Lanka. *Tropical Zoology*, 8 (1), 43–53.
- Anderson, J., Main, A., Ferrendino, F. & Andreadis, T. (2007) Nocturnal activity of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a west Nile virus focus in Connecticut. *Journal of Medical Entomology*, 44 (6), 1102–1108.

- Anderson, J., Main, A., Cheng, G., Ferrendino, F. & Fikrig, E. (2012) Horizontal and vertical transmission of west Nile virus genotype NY99 by *Culex salinarius* and genotypes NY99 and WN02 by *Culex tarsalis*. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 86 (1), 134–139.
- Badano, E.I., García-Guzmán, J., Vergara-Briceño, C., Martínez-Romero, L., Barranco-León, M., *et al.* (2012) Valor de conservación de un área natural protegida en el estado de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83 (3), 834–846.
- Berlin, O.G.W. (1969) Mosquito studies (Diptera: Culicidae) XII. A revision of the Neotropical subgenus *Howardina* of *Aedes*. *Contributions of the American Entomological Institute*, 4 (2), 1–190.
- Bhatt R.M. & Kohli, V.K. (1996) Biting rhythms of some anophelines in central Gujarat. *Indian Journal of Malariology*, 33 (4), 180–190.
- Bidlingmayer, W. (1985) The measurement of adult mosquito population changes some considerations. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 1 (3), 328–348.
- Bosch, O., Geier, M. & Boeckh, J. (2000) Contribution of fatty acids to olfactory host finding of female *Aedes aegypti*. *Chemical Senses*, 25 (3), 323–330.
- Braks, M., Meijerink, J. & Takken, W. (2001) The response of the malaria mosquito, *Anopheles gambiae*, to two components of human sweat, ammonia and L - lactic acid, in an olfactometer. *Physiological Entomology*, 26 (1), 142–148.
- Breidenbaugh, M., Clark, J., Brodeur, R. & Szalay, F. (2008) Seasonal and diel patterns of biting midges (Ceratopogonidae) and mosquitoes (Culicidae) on the Parris Island Marine Corps Recruit Depot. *Journal of Vector Ecology*, 34 (1), 129–140.
- Campbell, L.D. & Molyneux, D. (2005) Ecosystems and Vector-borne Disease Control. *In*: Chopra, K., Leemans, R., Kumar, P. & Simons, H. (Eds), *Ecosystems and Human Well-being: Policy Responses, Volume III*. Island Press. Washington DC, U.S.A., pp. 355–372.
- Carpenter, S. & LaCasse, W. (1955) *Mosquitoes of North America (North of México)*. University of California Press, Los Angeles, 360 pp.
- Clements, A. (1963) *The Physiology of mosquitoes*. Pergamon Press, The University of California, 393 pp.

- Clements, A. (1999) *The Biology of Mosquitoes, Volume 2. Sensory Reception and Behaviour*. CABI Publishing, 740 pp.
- Cooperband, M., McElfresh, S., Millar, J. & Cardé, R. (2008) Attraction of female *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) to odors from chicken feces. *Journal of Insect Physiology*, 54 (7), 1184–1192.
- Darsie, R. & Ward, R. (2005). *Identification and geographical distribution of the mosquitos of North America, north of Mexico*. Gainesville: University Press of Florida.
- Davis, N.C. & Shannon, R.C. (1931) Further attempts to transmit yellow fever with mosquitoes of South America. *American Journal of Hygiene*, 14, 715–722.
- Day, J. & Curtis, G. (1989) Influence of rainfall on *Culex nigripalpus* (Diptera: Culicidae) blood-feeding behavior in Indian River County, Florida. *Annals Entomological Society of America*, 82 (1), 32–37.
- De La Cruz-Francisco, V., Veda-Moreno, D. & Valdés-Murillo, A. (2012) Ecological aspects of larval incidence of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in Tuxpan, Veracruz, Mexico. *Revista Colombiana de Entomología*, 38 (1), 128–133.
- Eldridge, B., Bailey, C. & Johnson, M. (1972) A preliminary study of the seasonal geographic distribution and overwintering of *Culex restuans* Theobald and *Culex salinarius* Coquillett (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 9 (3), 233–238.
- Espinoza-Gómez, F., Arredondo-Jiménez, J., Maldonado-Rodríguez, A., Pérez-Rentería, C., Newton-Sánchez, O., *et al.* (2013) Distribución geográfica de mosquitos adultos (Diptera: Culicidae) en áreas selváticas de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 685–689.
- Fernández-Grandon, G.M., Armour, J., Pickett, J.A., Gezan, S. & Logan, J.G. (2015) Heritability of Attractiveness to Mosquitoes. *Plos ONE*, 10 (4), 1–10.
- Forattini, O., Gomes, A., Bianchi, G.E., Rabello, E. & Iversson, L. (1981) Estudos Ecológicos Sobre Mosquitos Culicidae no Sistema da Serra do Mar, Brasil. 1 — Observações no ambiente extradomiciliar. *Revista de Saúde Pública*, 12 (3), 476–496.
- Foster, W. & Walker, E. (2002) Mosquitoes (Culicidae). *In: Mullen, G. & Durden, L. (Eds), Medical and Veterinary Entomology*, Academic Press, New York, pp. 201–262.

- Gaffigan, T., Wilkerson, R., Pecor, J., Stoffer, J. & Anderson, T. (2015) Systematic catalog of Culicidae. The Walter Reed Biosystematic Unit. <http://www.mosquitocatalog.org/>; última consulta: Noviembre, 2015.
- Galindo, P. (1958) Bionomics of *Sabethes chloropterus* Humboldt, a vector of sylvan yellow fever in middle America. *The American Journal Tropical Medicine and Hygiene*, 7 (4), 429–440.
- Gillies, M.T. & Wilkes, T.J. (1972) The range of attraction of animal baits and carbon dioxide for mosquitoes. Studies in a freshwater area of West Africa. *Bulletin of Entomological Research*, 61 (3), 389–404.
- Goddard, J. (2008) *Infectious Diseases and Arthropods. Second Edition*. Humana Press, 251 pp.
- Goddard, J., Roth, A., Reisen, W. & Scott, T. (2002) Vector competence of California mosquitoes for west Nile virus. *Emerging Infectious Diseases*, 8 (12), 1385–1391.
- Guimarães, A., Gentile, C., Macedo-Lopes, C. & Pinto de Mello, R. (2000) Ecology of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in areas of Serra do Mar State Park, of São Paulo, Brazil. III - Daily biting rhythms and lunar cycle influence. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95 (6), 753–760.
- Haddow, A. (1945) The mosquitoes of Bwamba County, Uganda. II. Biting activity with special reference to the influence of microclimate. *Bulletin of Entomological Research*, 36 (1), 33–73.
- Haddow, A. (1960) Studies on the biting habits and medical importance of east African mosquitos in the genus *Aedes*. I.-Subgenera *Aedimorphus*, *Banksinella* and *Dunnius*. *Bulletin of Entomological Research*, 50 (4), 759–779.
- Hammer, O., Harper, D.A.T, & Ryan, P.D. (2001) Past: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontología Electronica* 4(1), 9.
- Harbach, R. (2007) The Culicidae (Diptera): A review of taxonomy, classification and phylogeny. *Zootaxa*, 1668 (1), 591–638.
- Haufe, W. (1963) Synoptic correlation of weather with mosquito activity. *Biometeorology*, 2 (2), 523–540.
- Ibáñez-Bernal, S. & 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.
- Jaenson T.G. (1988) Diel activity of blood-seeking anthropophilic mosquitoes in central Sweden. *Medical and Veterinary Entomology*, 2 (2), 177–187.
- Jones, J., Turell, M., Sardelis, M., Watts, D, Coleman, R., *et al.* (2004) Seasonal Distribution, Biology, and Human Attraction Patterns of Culicine Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a Forest near Puerto Almendras, Iquitos, Peru. *Journal of Medical Entomology*, 41 (3), 349–360.
- Klein, T., Lima, J., & Tang, A. (1992) Seasonal distribution and diel biting patterns of culicine mosquitoes in Costa Marques, Rondônia, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 87 (1), 141–148.
- Klowden, M. (2007) *Physiological Systems in Insects. Second Edition*. Elsevier, 688 pp.
- Klowden, M. & Zwiebel, L. (2005) Vector Olfaction and Behavior. *In*: Marquardt, W. (Ed), *Biology of Disease Vectors*. Elsevier Academic Press, New York, pp. 277–287.
- Knight, K. & Stone, A. (1977) *A Catalog of the Mosquitoes of the World (Diptera: Culicidae)*. Entomological Society of America. Maryland, U.S.A., 193 pp.
- Knols, B.G.J. & Meijeing, J. (1997) Odors influence mosquito behavior. *Science & Medicine*, 4 (5), 56–63.
- Legendre, P. & Legendre, L. (2003) *Numerical ecology*. Elsevier, Paris, 853 pp.
- Lindsay, S.W. & Birley M.H. (1996) Climate change and malaria transmission. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 90 (6), 573–588.
- Loetti, V., Burrioni, N, Vezzani, D. (2007) Seasonal and daily activity patterns of human biting mosquitoes in a wetland system in Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 32 (2), 358–365.
- Maharaj, R. (2003) Life table characteristics of *Anopheles arabiensis* (Diptera: Culicidae) under simulated seasonal conditions. *Journal of Medical Entomology*, 40 (6), 737–742.
- Mayne, B. (1930) A study of the influence of relative humidity on the life and infectibility of the mosquito. *Indian Journal of Medical Research*, 17 (4), 1119–1137.

- McAlpine, J., Peterson, B., Shewell, G., Teskey., Vockeroth, J., Wood, D. (1981) *Manual of Nearctic Diptera*. Research Branch Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, 674 pp.
- MMCA. (2002) *Michigan Mosquito Manual*. Michigan Mosquito Control Association in conjunction with the Michigan Department of Agriculture. 108 pp.
- Molaei, G., Andreadis, T., Armstrong, P., Anderson, J., Vossbrinck, C. (2006) Host feeding patterns of *Culex* mosquitoes and west Nile virus transmission, northeastern United States. *Emerging Infectious Diseases*, 12 (3), 468–474.
- Molaei, G., Cummings, R., Su, T., Armstrong, P., Williams, G. (2010) Vector-Host Interactions Governing Epidemiology of West Nile Virus in Southern California. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 83 (6), 1269–1282.
- Moreno, J., Rubio-Palis, Y., Páez, E., Pérez, E. & Sánchez. V. (2007) Abundance, biting behaviour and parous rate of anopheline mosquito species in relation to malaria incidence in gold-mining areas of southern Venezuela. *Medical and Veterinary Entomology*, 21 (4), 339–349.
- Murphey, F. & Darsie, R. (1962) Studies on the bionomics of *Culex salinarius* Coquillett I. Observations on crepuscular and nocturnal activities of adult females. *Mosquito News*, 22, 162–171.
- Nayar, J. & Sauerman, D. (1974) Circadian rhythms in Florida mosquitoes. In: Sheving, L., Halberg, F. & Pauly, J. (Eds), *Chronobiology*, Igaku Shoin Co, Tokyo, 784 pp.
- Ortega-Morales, A., Huerta, H., Strickman, D., Sánchez-Ramos, F., Landeros-Flores, J., *et al.* (2011) Registro de mosquitos en México: *Culex stigmatosoma* Dyar y *Cx. thriambus* Dyar (Diptera: Culicidae) con notas taxonómicas para ambas especies. *Southwestern Entomologist*, 32 (2), 177–196.
- Pinger, R.R.J. (1974) Vector-host associations of *Aedes trivittatus* and their importance to the natural history of trivittatus virus in Iowa: Iowa State University Ames, Iowa. *Retrospective Theses and Dissertations*. Paper 6359.
- Pittendrigh, C. (1950) The ecoclimatic divergence of *Anopheles bellator* and *A. homunculus*. *Evolution*, 4 (1), 43–63.
- Price, G., Smith, N. & Carlson, D. (1979) The attraction of female mosquitoes (*Anopheles quadrimaculatus* Say) to stored human emanations in conjunction

- with adjusted levels of relative humidity, temperature, and carbon dioxide. *Journal of Chemical Ecology*, 5 (3), 383–395.
- Read, R.G, Adames, A.J & Galindo, P. (1978) A model of microenvironmental and man-biting tropical insects. *Environmental Entomology*, 7 (4), 547–552
- Rebollar-Télez, E. (2005) Human body odor, mosquito bites and the risk of disease transmission. *Folia Entomologica Mexicana*, 44 (2), 247–265.
- Reisen, W. (2012) The contrasting bionomics of *Culex* mosquitoes in western North America. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 28 (4s), 82–91.
- Reisen, W. & Aslamkhan M. (1978) Biting rhythms of some Pakistan mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Bulletin of Entomological Research*, 68 (2), 313–330
- Reiter, P. (2001) Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives*, 109 (1), 141–161.
- Ribeiro, A., Urbinatti, P., Ribeiro, C.A., Bicudo, P.M., Mendes, P.D., Mucci L.P., Fernandes, A., Homem, M.M., Otavio, M.M., Correa, R.O., Natal, D. Malafrente, R.S. (2012) Mosquitoes in degraded and preserved areas of the Atlantic Forest and potential for vector-disease risk in the municipality of São Paulo, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 37 (2), 316–324.
- Rochlin, I., Ginsberg, H. & Campbell, S. (2009) Distribution and abundance of host-seeking *Culex* species at three proximate locations with different levels of west Nile virus activity. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 80 (4), 661–668.
- Rowe, J. H. (1942) Bionomics of Iowa mosquitoes. Iowa State University. *Retrospective Theses and Dissertations*. Paper 13566
- Rozeboom, L. (1942) The mosquitoes of Oklahoma. Johns Hopkins University. *Technical Bulletin* 16, 1-56
- Rudolfs, W. (1925) Relation between temperature, humidity and activity of house mosquitoes. *Journal of the New York Entomological Society*, 33 (3), 163–169.
- Saunders, D. (2002) *Insect Clocks, Third Edition*. Elsevier, Amsterdam, 576 pp.
- Service, M. (1980) Effects of wind on the behavior and distribution of mosquitoes and blackflies. *International Journal of Biometeorology*, 24 (4), 347–353.
- Service, M. (2004) *Medical Entomology for Students. Third Edition*. University Press. Cambridge, United Kingdom, 285 pp.

- Service, M. (2008) *Mosquito ecology: Field sampling methods*. Applied Science Publishers, London, 1494 pp.
- StatSoft, Inc. (2014). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com.
- Takken, W. (1991) The Role of Olfaction in Host-Seeking of Mosquitoes: A Review. *International Journal of Tropical Insect Science*, 12 (1-2), 287–295.
- Takken, W., Dekker, T. & Wijnholds, Y. (1997) Odour-mediated flight behaviour of *Anopheles gambiae* Giles sensu stricto and *An. stephensi* Liston in response to CO₂, acetone, and 1-Octen-3-ol (Diptera: Culicidae). *Journal of Insect Behavior*, 10 (3), 395–407.
- Townson, H., Nathan, B., Zaim, M., Guillet, P., Manga, L., Bos, R., Kindhauser, M. (2005) Exploiting the potential of vector control for disease prevention. *Bulletin World Health Organ*, 83 (12), 942–947.
- Weaver, S. & Reisen, W. (2010) Present and future of arboviral threats. *Antiviral Research*, 85 (2), 328–345.
- Vale, G. A. (1980) Flight as a factor in the host-finding behaviour of tsetse flies (Diptera: Glossinidae). *Bulletin of Entomological Research*. 70 (2), 299-307.
- Viveros-Santos, V., Zumaquero-Rios, J. L & Sandoval-Ruiz, C. A. (2015) Ensemble de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) en la región central del Estado de Puebla, México. *Entomología Mexicana*, 2, 655–661.
- Willemse, L. & Takken, W. (1994) Odor-induced host location in tsetse flies (Diptera: Glossinidae). *Journal of Medical Entomology*, 31 (6), 775–794.
- Williams, C. B. (1937). The use of logarithms in the interpretation of certain entomological problems. *Annals of Applied Biology*. 24, 404-414.
- Wright, R. & Knight, K. (1966) Effect of environmental factors on biting activity of *Aedes vexans* (Meigen) and *Aedes trivittatus* (Coquillett). *Mosquito News*, 26 (4), 565–578.
- Zavortink, T. J. (1972). The New World species formerly placed in *Aedes* (*Finlaya*). *Contributions of the American Entomological Institute*, 8(3), 206.
- Zyzak, M., Loyless, T., Cope, S., Wooster, M. & Day, J. (2002) Seasonal abundance of *Culex nigripalpus* Theobald and *Culex salinarius* Coquillett in north Florida, USA. *Journal of Vector Ecology*, 27, 155–162.