



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Determinación de preferencias hematófagas de mosquitos (Diptera:
Culicidae), en diferentes tipos de uso de suelo en Campeche, México**

TESIS

que para optar por el grado de

Maestra en Ciencias de la Producción y la Salud Animal

Presenta:

Alcocer Walbey Paulina

Tutor principal

Rafael Ojeda Flores

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

Comité tutor

Andrea Rubí Jiménez Marín

Instituto de Biología, UNAM

René Álvaro Segura Velázquez

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM

Ciudad de México, Octubre, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Resumen

El cambio de uso de suelo es un factor antropogénico que ha influido en la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por vectores. El estudio de las preferencias hematófagas es una herramienta que nos permite conocer de qué se están alimentando los mosquitos (Diptera: Culicidae). El objetivo de este trabajo fue analizar los cambios en las preferencias hematófagas y la variación en el ensamble de los mosquitos en cinco tipos diferentes de uso de suelo (selva baja subperennifolia, acahual, plantación frutal, plantación forestal, ganadero de animales domésticos y silvestres) en dos sitios del noreste de Campeche, México. El muestreo se realizó de julio a agosto del 2018. Se capturaron 645 hembras alimentadas de cinco especies (*Ae. scapularis*, *Ae. taeniorhynchus*, *Ae. sp*, *Cx. nigripalpus* y *Ps. ferox*) todas ellas de importancia médica humana y animal. Se extrajo DNA del contenido abdominal de las 645 hembras alimentadas para identificar los hospederos de los cuales habían consumido sangre. Se obtuvieron 39 secuencias que corresponden a 18 bovinos (*Bos taurus*), tres caballos (*Equus caballus*), seis aves de diferentes especies (*Egretta caerulea*, *Icterus gularis*, *Icterus mesomelas*, *Nyctanassa violacea*, *Turdus grayi*, *Zenaida asiatica*) y un ovino (*Ovis aries*). En la plantación frutal se capturó el mayor número de individuos con una riqueza de tres especies de mosquitos. El sitio con mayor riqueza de especies de mosquitos (n=4) fue la selva baja subperennifolia. *Cx. nigripalpus* se alimentó tanto de mamíferos como de aves. *Ae. scapularis* se alimentó principalmente de mamíferos y en menor medida de aves. *Aedes taeniorhynchus* se alimentó únicamente de mamíferos. Las tres especies de mosquitos se alimentaron de sangre de bovino en los cinco tipos de uso de suelo. Este trabajo nos permite dimensionar cómo el cambio de uso de suelo afecta los patrones de alimentación hematófaga de los mosquitos, lo cual podría modificar los ciclos de transmisión de enfermedades transmitidas por vectores.

Palabras clave: Mosquito, tipo de uso de suelo, preferencias hematófagas

Abstract

The change of land use is an anthropogenic driver that can affect the emergence or reemergence of vector borne diseases. The study of bloodmeal preferences allow us to measure the changes in host preferences that can affect the presence of vector borne diseases. Analyzing how the change of land use affect the bloodmeal preferences of mosquitoes (Diptera: Culicidae) is therefore crucial for understanding the changes in vector borne diseases. We sampled engorged female mosquitoes in five types of land use (low semi-evergreen forest, acahual, fruit plantation, tree plantation and domestic or wildlife barns). The sampling was conducted during the rainy season in Campeche, México. We captured 645 blood feed mosquitoes of four species (*Ae. scapularis*, *Ae. taeniorhynchus*, *Cx. nigripalpus* and *Ps. ferox*), all the species are of medical and veterinary importance. We extracted DNA from the abdomens of 645 blood feed mosquitoes for the identification of the bloodmeals. We were able to identify the bloodmeal source of 39 mosquitoes from three of the captured species. The identified vertebrate species were 18 *Bos taurus* (cow), three *Equus caballus* (horse), one *Ovis aries* (sheep) and six different species of birds *Egretta caerulea*, *Icterus gularis*, *Icterus mesomelas*, *Nyctanassa violacea*, *Turdus grayi* and *Zenaida asiatica* (little blue heron, Altamira oriole, yellow-tailed oriole, yellow-crowned night-heron, clay colored thrush and white-winged dove). The fruit plantation was the type of land use with more mosquitoes captured and the low semi-evergreen forest was the one with more species richness (n=4). *Culex nigripalpus* feed on mammals and birds, *Ae. scapularis* feed mainly in mammals and some birds and *Ae. taeniorhynchus* feed only on mammals. The three species of mosquitoes feed on *Bos taurus* blood in the five types of land use. We found changes in the feeding preferences of the three species of mosquitoes in the five different types of land use, highlighting the tropism for *Bos taurus* blood albeit the cows were present only in the domestic land use. This is the first study in Campeche, México, that analyzes the changes in the feeding behavior of mosquitoes in different types of land use.

Keywords: Culicidae, land use changes, bloodmeal preferences, anthropogenic effects

Índice

Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción	5
Enfermedades transmitidas por vectores.....	5
Biología de los mosquitos.....	5
Cambio de uso de suelo.....	6
Preferencias hematófagas.....	11
Antecedentes.....	13
Análisis de preferencias hematófagas a partir herramientas moleculares (códigos de barras de DNA)	13
Justificación	15
Planteamiento del problema.....	16
Hipótesis	16
Objetivos.....	16
General:	16
Específicos:.....	16
Materiales y método.....	17
Área de estudio	17
Riqueza de especies de mosquitos	20
Captura de hembras alimentadas.....	20
Obtención de material genético	20
Análisis bioinformático.....	23
Resultados.....	23
Esfuerzo de muestreo	23
Tipos de uso de suelo muestreados y especies de mosquitos capturadas	24
Análisis moleculares.....	29
Lista comentada de especies capturadas.....	37
<i>Aedes (Ochlerotatus) taeniorhynchus Wiedemann, 1821</i>	37
<i>Aedes (Ochlerotatus) scapularis Rondani, 1848</i>	41
<i>Psorophora (Janthinosoma) ferox Von Humboldt 1819</i>	44
<i>Culex (Culex) nigripalpus Theobald, 1901</i>	47
Discusión	51
Conclusiones	62
Abreviaturas.....	63
Glosario	64

Anexos.....	66
Bibliografía.....	75

Introducción

Enfermedades transmitidas por vectores

Se ha enfatizado que la mayoría de las enfermedades emergentes y reemergentes se han originado como zoonosis provenientes de fauna silvestre (Alcaide et al., 2009). En las últimas tres décadas muchas enfermedades zoonóticas transmitidas por vectores han cobrado gran relevancia (Kilpatrick y Randolph, 2012). Durante las últimas décadas se ha estimado que una de cada cuatro enfermedades zoonóticas se debe a la participación de vectores (Jones et al., 2008), como por ejemplo la emergencia del virus del Zika y virus del Chikungunya en América. Factores antropogénicos como la agricultura, ganadería, abandono de tierras y la urbanización han contribuido en la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por vectores al aumentar la densidad de algunas especies de mosquitos (Gratz, 1999). El estudio a los artrópodos hematófagos sigue siendo un tema relevante ya que estos pueden ser vectores de patógenos que provocan enfermedades graves o letales como el parásito de la malaria, las encefalitis virales y el virus de la fiebre amarilla. La emergencia y reemergencia de enfermedades y su complejidad han resaltado la necesidad de estudiar los diferentes factores antropogénicos como el cambio de uso de suelo (Burkett-Cadena y Vittor, 2018).

Biología de los mosquitos

Los mosquitos son los artrópodos de mayor importancia médica y veterinaria. Existen dos subfamilias, 110 géneros, más de 3,567 especies y subespecies en el mundo (Harbach, R.E. 2019, Mosquito Taxonomic Inventory). Los mosquitos están clasificados en la familia Culicidae dentro del orden Diptera, presentan dos alas y son moscas verdaderas. La familia Culicidae encuentra dentro de Nematocera, uno de los dos subórdenes de Diptera y está cercanamente relacionada con las familias Ceratopogonidae, Simuliidae y Psychodidae (Carpenter y LaCasse, 1955).

La mayoría de las especies de mosquitos se encuentran dentro de dos subfamilias Anophelinae con tres géneros y Culicinae con 113 géneros (Wilkerson et al., 2015). Dentro de la subfamilia Culicinae se encuentran la tribu Aedini con 1,259 especies, siendo esta la más diversa y la tribu Culicini con 797 especies (Wilkerson et al., 2015; Harbach, R. E. 2019, Mosquito Taxonomic Inventory). Los mosquitos se encuentran distribuidos en prácticamente todo el mundo donde hay agua estancada, la cual es necesaria para el desarrollo acuático de sus etapas larvales. Están presentes en todos los continentes con excepción de la Antártida, tampoco se encuentran por debajo del nivel del mar, por encima del dosel arbóreo o en elevaciones mayores a los 3,000 metros (Carpenter y LaCasse, 1955).

En el norte del continente americano (Canadá, Estados Unidos, México, Puerto Rico y las islas Vírgenes) se han descrito 45 especies de vectores (Walter Reed Biosystematics Unit, 2019). Dentro del género *Culex* existen especies vectores de filariasis (*Wuchereria bancrofti*), virus del oeste del Nilo, virus de la encefalitis equina venezolana, virus de la encefalitis equina del este y del oeste, virus de la encefalitis japonesa, entre otras enfermedades virales. En el género *Aedes* existen especies vectores del virus de la fiebre amarilla, virus del dengue, virus del zika, virus del chikungunya y parásitos que provocan filariasis. El género *Mansonia* tiene especies vectores de parásitos filariasis (*Brugia* sp). Los géneros *Haemogogus* y *Sabethes* tienen especies vectores del virus de la fiebre amarilla en las selvas de Sur y Centro América. Alrededor de 60 especies de *Anopheles* pueden actuar como vectores del parásito de la malaria, así como de filariasis y enfermedades virales (WRBU, 2019). En el 2015 se reportaron 438,000 decesos provocadas por mosquitos que transmiten el parásito de la malaria (World Health Organization, 2019). Existen diversos factores involucrados en el ciclo de las enfermedades transmitidas por vectores entre los que se destaca el cambio de uso de suelo.

Cambio de uso de suelo

El cambio de uso de suelo se puede definir como la manipulación de los ecosistemas para lograr un fin deseado (Simmons, 1966). Las modificaciones antropogénicas del uso de suelo incluyen la expansión de las zonas agrícolas, deforestación, construcción de carreteras, construcción de presas, modificación de los humedales,

minería, expansión de las zonas urbanas, destrucción de las costas, fragmentación de bosques, contaminación, pobreza y migración humana, entre otros (Patz et al., 2004). La deforestación como parte del cambio de uso de suelo conlleva, entre otros efectos, un importante daño sobre la riqueza y abundancia de especies con consecuencias negativas a nivel genético, poblacional, ecosistémico, de servicios ambientales, pérdida del potencial económico (Lambin et al., 2001). De entre todos los ecosistemas terrestres, las selvas se asocian con una gran proporción de diversidad biológica global, lo que ha conllevado a que las selvas se encuentren bajo una gran presión por los cambios antropogénicos como son la deforestación, la fragmentación del hábitat, la sobreexplotación de poblaciones de plantas, animales y la introducción de especies invasoras (Brook et al., 2003; Estrada et al., 1994). Estos cambios han provocado cambios en las comunidades de vertebrados e invertebrados, lo que induce modificaciones en los ciclos de transmisión de patógenos.

Aunque el cambio de uso de suelo no tenga un efecto uniforme sobre la dinámica de todas las enfermedades transmitidas por vectores, puede ser útil investigar los patrones que existen entre estas modificaciones antropogénicas y las comunidades de mosquitos (Burkett-Cadena y Vittor, 2018). Por ejemplo, se ha podido asociar el cambio de uso de suelo con variaciones en la prevalencia de las enfermedades transmitidas por vectores (Abella-Medrano et al., 2018; Brown et al., 2018; Burkett-Cadena y Vittor, 2018; Tangena et al., 2017). Es importante resaltar que cada tipo de uso de suelo aporta condiciones distintas para las interacciones entre vertebrados e invertebrados, por lo que no será lo mismo una plantación frutal como la de café que provee a las aves de alimento y refugio (Komar, 2006), en comparación con una plantación forestal o fragmentos pequeños de vegetación primaria que sostienen principalmente poblaciones de herbívoros (Chiarello, 1999). Debido a que los factores involucrados son complejos, sólo se han logrado relacionar parcialmente para algunas enfermedades. Ejemplos de estudios al respecto han demostrado la relación entre la fragmentación de bosques, la expansión urbana y la pérdida de diversidad, con el incremento en la exposición a la enfermedad de Lyme en los Estados Unidos de Norte América (Kenneth y Ostfeld, 2001). También se ha observado que el cambio de uso de suelo tiene un impacto detectable en las comunidades de mosquitos y en el incremento de la incidencia de dengue y malaria en el norte de Tailandia

(Vanwambeke et al., 2007). Tras reconocer al cambio de uso de suelo como un factor sumamente relevante en la dinámica de transmisión de las enfermedades vectoriales, se ha resaltado la necesidad de contar con aproximaciones que permitan estudiar las asociaciones entre los vectores y los potenciales hospederos, lo cual puede ser a partir del estudio de las preferencias hematófagas.

En México se sabe que los bosques tropicales estacionalmente secos en la zona del neotrópico mantienen sólo 27% de la cobertura original. A niveles locales cerca del 60% de la vegetación original se ha perdido y sólo 19% permanece en condiciones de bosque. La tasa de deforestación anual es de 1.4% y las áreas que no han sido modificadas se encuentran bajo la presión de la fragmentación (Trejo, 2005). Enmarcado en el alto grado de deforestación que caracteriza a la región, se realizó un estudio de la modificación de las preferencias hematófagas de los mosquitos en el estado de Veracruz, a través de un gradiente de cambio de uso de suelo (plantación de café, tierra para ganadería, bosque urbano, bosque periurbano y bosque de niebla) durante tres épocas distintas (secas, lluvias y frío). Se encontró que el bosque urbano tiene la mayor riqueza de especies de mosquitos. En los análisis de composición de especies se detectó similitud en todos los sitios y épocas, aunque al considerar la abundancia, el bosque de niebla mostró significativamente una mayor abundancia, lo que permitió concluir que podría existir conectividad espacial (Abella-Medrano et al., 2015). Al conocer los resultados del trabajo anteriormente mencionado es que se plantea la importancia del estudio del cambio de uso de suelo ya que este puede modificar la composición de las comunidades de mosquitos y por ende sus preferencias hematófagas. Existen pocos estudios orientados a los grupos menos “carismáticos” como es el caso de los insectos y su relación con el cambio de uso de suelo, lo cual resulta alarmante dada la dominancia de las comunidades (riqueza, abundancia y biomasa) de insectos en comparación con los vertebrados (Koh, 2007). Lo que resalta la necesidad de realizar más estudios para poder comprender cómo las modificaciones que están sufriendo las comunidades de mosquitos debido a estas presiones antropogénicas, se relacionan con su papel como vectores de enfermedades prioritarias.

El sureste de México se caracteriza por su gran biodiversidad que se encuentra asociada, entre otras razones, a una importante variedad de ecosistemas, relacionando la importancia de su conservación dada su riqueza vegetal, animal y cultural. En esta región se localiza el estado de Campeche que es un sitio relevante para el estudio de las interacciones que existen entre los vectores, los vertebrados domésticos y silvestres y los arbovirus asociados, debido a que presenta características que favorecen la reproducción de los culícidos como son la temperatura (18 a 34° C, siendo la temperatura ideal 29° C), el clima (cálido subhúmedo con lluvias en verano), la humedad (precipitación pluvial promedio de 1,003.0 a 1,099.9 mm), entre otras (Ali et al., 2017; Campeche.gob, 2018). Por otro lado, dado que el estado de Campeche se encuentra en la región neotropical, presenta una gran variedad de condiciones ambientales y tipos de suelo que se consideran óptimos para el cultivo, lo que recientemente ha impulsado la transformación antropogénica y la consecuente simplificación del paisaje dentro de su territorio. La tasa anual de deforestación tropical para el estado fue de 4.5% en el periodo 1978-1992, y para el periodo 1976-2000, ocupaba el segundo lugar a nivel nacional en deforestación tropical, ya que ha perdido 10.51% de sus selvas perennifolias y subperennifolias, solo por debajo de Quintana Roo con 13.35% (Ellis et al., 2017). Este estado presenta ocho tipos diferentes de vegetación terrestre selva mediana subcaducifolia y caducifolia, selva mediana y alta subperennifolia, selva baja perennifolia y selva baja subperennifolia, selva baja caducifolia y subcaducifolia, sabana, pastizal inducido y cultivada, palmar y vegetación halófila y gipsófila (CONABIO, 2018). Asociada con estos tipos de vegetación se encuentra una amplia riqueza de especies silvestres. Por todo lo anterior, Campeche enfrenta una situación crítica de pérdida potencial de diversidad biológica, debido a la alteración de sus ecosistemas, resultado de la pérdida y transformación de hábitat (CONABIO, 2018). Debido al alto grado de deforestación referido y las características medioambientales anteriormente presentadas, el estado de Campeche es un sitio ideal para estudiar el impacto del cambio de uso de suelo sobre las comunidades de mosquitos. A través del análisis de sus preferencias hematófagas, que de manera indirecta permiten conocer alteraciones en las comunidades de vertebrados ligadas al cambio de uso de suelo, es que se puede estudiar la influencia de tales modificaciones sobre los ciclos de transmisión de las enfermedades transmitidas por vectores (ETV's).

El estado de Campeche al encontrarse en la región neotropical ha favorecido la presencia de vectores asociados a enfermedades que afectan tanto la salud pública como animal. En este estado se han dado importantes brotes de enfermedades transmitidas por vectores como lo son el virus del dengue, el virus del zika, el virus del Chikungunya, de importancia en salud pública, y el virus de la encefalitis equina venezolana y el virus del Oeste del Nilo, de importancia en la salud pública y animal. El estado de Campeche está actualmente bajo una intensa presión antropogénica, lo cual resulta alarmante debido a que posee una gran diversidad no sólo natural sino también cultural. Como ejemplo, se tienen dos programas gubernamentales que se están implementando en la actualidad y de los cuales se desconoce cuáles van a ser sus repercusiones tanto ambientales como culturales. El primer programa, llamado “sembrando vida” decretado el 12 de febrero del 2019, plantea “incentivar a los sujetos agrarios a establecer sistemas productivos agroforestales, el cual combina la producción de los cultivos tradicionales en conjunto con árboles frutícolas y maderables, y el sistema de Milpa Intercalada entre Árboles Frutales, con lo que se contribuirá a generar empleos, se incentivará la autosuficiencia alimentaria, se mejorarán los ingresos de las y los pobladores y se recuperará la cobertura forestal de un millón de hectáreas en el país”. El segundo programa es el proyecto del tren maya decretado el 06 de febrero del 2019, el cual plantea “la implementación de un nuevo paradigma en turismo que no solo busca preservar los ecosistemas, sitios turísticos y culturas locales en la medida de lo posible, sino también generará un contexto que propicie el reconocimiento y respeto de los pueblos originarios y la ecología de la región; además de integrar a la población en la dinámica de crecimiento económico”.

El cambio de uso de suelo puede favorecer la emergencia de enfermedades transmitidas por vectores (Ali et al., 2017; Burkett-Cadena y Vittor, 2018). Transformar vegetación primaria en zonas de cultivo frutales o maderables al igual que la fragmentación modifica las comunidades tanto de vertebrados como de invertebrados, lo que puede significar modificaciones en la emergencia y reemergencia de enfermedades transmitidas por vectores (Komar, 2006). El impulso de los proyectos anteriormente mencionados los cuales se basan en la modificación del tipo de uso de suelo y en la fragmentación del hábitat, necesitan ser estudiados

para conocer el impacto en la salud pública y animal, de igual manera que la salud del ecosistema.

Preferencias hematófagas

La información científica acumulada sugiere que las preferencias hematófagas de los mosquitos están entre los parámetros más importantes para el estudio de los ciclos de transmisión de enfermedades transmitidas por vectores (Hassan et al., 2003). Las preferencias hematófagas varían entre especies de mosquitos y se ven afectadas por factores como las estaciones, el estado nutricional de los mosquitos, el comportamiento y disponibilidad del hospedero, el aprendizaje de los mosquitos y el método de muestreo (Loyola et al., 1993; Rizzoli et al., 2015). Los cambios en los hábitos alimenticios hematófagos de un mosquito, como pasar de un hospedero a otro hospedero potencial pueden provocar la emergencia de patógenos (Kilpatrick et al., 2006). Por ejemplo, se ha descrito que el cambio en las preferencias hematófagas influye en la intensidad y el tiempo de los brotes del virus del oeste del Nilo, por lo que estas variables contribuyen a la modelación de las dinámicas de transmisión y la predicción de brotes (Hassan et al., 2003). A nivel de población, las preferencias hematófagas pueden potenciar o reducir la transmisión si los mosquitos se alimentan de hospederos competentes o no competentes, respectivamente (Rizzoli et al., 2015). Por consiguiente, si se conoce la variación en las preferencias hematófagas de los mosquitos en diferentes tipos de uso de suelo, se podrán generar aproximaciones en el conocimiento de las posibles asociaciones entre mosquitos y potenciales hospederos. El estudio de las interacciones entre mosquitos y sus hospederos en diferentes tipos de uso de suelo mediante el análisis de las preferencias hematófagas ha permitido conocer tanto la diversidad de vertebrados que potencialmente forman parte de los ciclos de transmisión, como su ecología (Kent, 2009a; Loyola et al., 1993; Omondi et al., 2015; Reeves et al., 2016).

En su gran mayoría, los estudios relacionados con preferencias hematófagas de los mosquitos se centran en especies de importancia para la salud pública y animal de producción, lo cual ha sesgado el estudio hacia trabajos sobre métodos moleculares (Alcaide et al., 2009; Van Den Hurk et al., 2007; Martínez-De La Puente et al., 2013;

Reeves et al., 2016; Thiemann et al., 2012) y especies reconocidas como vectores del virus del oeste del Nilo entre ellas *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. pipiens* (Gomes et al., 2013; Molaei y Andreadis, 2006; Muñoz et al., 2012; Muñoz y Navarro, 2012; Rizzoli et al., 2015; Thiemann et al., 2012). Sin embargo, estas investigaciones han logrado sustentar muchas otras al tiempo que impulsan el desarrollo de nuevos planteamientos como la realización de estudios más generales con respecto a los mosquitos, sus preferencias hematófagas y cómo éstas se ven afectadas por los cambios de uso de suelo.

Con respecto a las preferencias hematófagas, Tempelis (1975), postuló la existencia de nueve patrones en los mosquitos: 1) los que se alimentan primordialmente de mamíferos; 2) casi exclusivamente de aves; 3) tanto de aves como de mamíferos; 4) casi exclusivamente de anfibios; 5) primordialmente de reptiles y/o ocasionalmente de vertebrados homeotermos; 6) exclusivamente de peces; 7) tanto de homeotermos como de poiquilotermos; 8) preferentemente de aves en primavera pero en otras épocas del año de mamíferos; 9) y exclusivamente de aves en una región geográfica y en otra región de mamíferos (Tempelis, 1975). La clasificación anteriormente mencionada es debatible, en parte debido a la plasticidad de los mosquitos (Chaves et al., 2010). Por ejemplo; se consideraba a *Cx. quinquefasciatus* y *Cx. pipiens* como especies ornitofílicas, pero algunos estudios demuestran que la primera especie consume sangre tanto de ave, humano y perro (García-Rejon et al., 2010), mientras que *Cx. pipiens* se alimenta de sangre de conejo, gato, rata, coyote y perro (Thiemann et al., 2012). Esto resalta la importancia de conocer la variación de las preferencias hematófagas de los mosquitos ante diferentes estresores ya que como se ha mencionado, éstas pueden modificarse al cambiar el tipo de uso de suelo (Abella-Medrano et al., 2015).

El análisis de las preferencias hematófagas se puede realizar a partir de métodos moleculares. La obtención de secuencias genéticas basadas en códigos de barras de DNA (*Barcoding*), es un método que permite la identificación de especies e inclusive distinguir entre especies morfológicamente semejantes (Batovska et al., 2016). Además, es particularmente útil cuando se tienen pequeñas cantidades de material

genético (Batovska et al., 2016). Los genes mitocondriales como el gen del citocromo b y el del citocromo c oxidasa I (COI) contienen un alto número de copias y alto nivel de conservación, por lo que son objetivos útiles para la identificación de los códigos de barras de DNA y se utilizan eficientemente para conocer las preferencias hematófagas de artrópodos (Brugman et al., 2015). Con estas técnicas moleculares se puede llegar a determinar variaciones en las preferencias hematófagas de los mosquitos lo cual ha facilitado el desarrollo de este tipo de estudios.

Antecedentes

Análisis de preferencias hematófagas a partir herramientas moleculares (códigos de barras de DNA)

La identificación molecular a través de los códigos de barras de DNA es una herramienta eficiente que ha contribuido a los ámbitos de la taxonomía y la investigación de la biodiversidad (Hajibabaei et al., 2007). La iniciativa internacional de la creación del consorcio de códigos de barras de la vida (The Consortium for the Barcode of Life, www.barcoding.si.edu) plantea generar una base de datos lo suficientemente robusta que beneficie la investigación, en este caso, de las preferencias hematófagas (David E. Schindel, 2005). El proyecto del código de barras de DNA plantea el establecimiento de un método universal para la clasificación taxonómica de la biodiversidad a partir de secuenciar el fragmento del gen mitocondrial de la subunidad de la citocromo oxidase I (COI, 648 pb) (Waugh, 2007). Los avances en la identificación de especies desde la aparición de los métodos de biología molecular han revolucionado nuestro entendimiento de sistemas ecológicos complejos, como la relación entre vectores, patógenos y sus hospederos (Alcaide et al., 2009; Kent, 2009). A partir de la biología molecular y los códigos de barras de DNA se han desarrollado diferentes metodologías que han permitido la identificación de las preferencias hematófagas de los mosquitos, al igual que superar dificultades como la alimentación mixta (Alcaide et al., 2009; Kading et al., 2013; Omondi et al., 2015).

Se han realizado varios estudios sobre las preferencias hematófagas con metodología basada en la biología molecular y su asociación con la dinámica de transmisión de enfermedades arbovirales. Omondi y colaboradores (2015) realizaron una investigación en el lago Victoria y Baringo. Kenia, África, para conocer la diversidad de vertebrados de los cuales se alimentan los mosquitos. Estos autores detectaron los virus de Sindbis y Bunyamwera en los mosquitos muestreados. Las regiones fueron elegidas para el muestreo dado que presentan endemismo de varias enfermedades transmitidas por vectores. Analizando un total de 445 hembras alimentadas de los géneros; *Aedeomyia*, *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Mansonia*, y *Mimomyia* en ambas regiones, se identificaron a partir de métodos moleculares 33 vertebrados diferentes, incluyendo humanos, ocho especies domésticas, seis especies peri-domésticas y 18 especies de fauna silvestre. Los mosquitos en los que se encontraron los arbovirus fueron; *Culex.*, *Aedeomyia*, *Anopheles.* y *Mansonia* provenientes de Baringo. Estos mosquitos se habían alimentado de humanos y ganado, resaltando la importancia de conocer los vertebrados que son fuentes de alimento de los vectores dada la presencia de los arbovirus como el virus de Bunyamwera. Este trabajo demostró que varios de los vectores identificados tienen el potencial de transmitir el virus de Bunyamwera, lo que plantea la posibilidad de que éstos participen en la transmisión de otros patógenos con hospederos potenciales de fauna silvestre, animales domésticos y humanos (Omondi et al., 2015).

En México se han realizado tres trabajos estrechamente relacionados con el objetivo del presente estudio. En 1993 Loyola y colaboradores, analizaron un gradiente de uso de suelo (plantación, agrícola y ganadero) en el estado de Chiapas. Capturaron 17,228 mosquitos de la especie *An. albimanus*, de los cuales 10,474 (60.8%) fueron hembras alimentadas. Estos autores fueron los primeros en el país en plantear la importancia del estudio de las preferencias hematófagas y cómo estas se modifican dependiendo del cambio de uso de suelo. Detectaron a partir de métodos serológicos que esta especie de mosquito tiene una mayor preferencia por el consumo de sangre de bovino y de equino, sobre la sangre de humano (Loyola et al., 1993). Por otra parte, en 2010 García-Rejón y colaboradores realizaron un trabajo en Mérida, Yucatán, donde analizaron las preferencias hematófagas de *Cx. quinquefasciatus*. Encontraron, a partir de métodos de biología molecular, que 82% de los ejemplares se alimentaron de aves y el 18% restante de otros mamíferos (García-Rejón et al.,

2010). En 2018, Abella-Medrano y colaboradores realizaron una investigación en el estado de Veracruz donde estudiaron un gradiente de cambio de uso de suelo (conservado, bosque urbano, bosque periurbano, plantación de café y ganadera) y cómo este gradiente afecta las preferencias hematófagas de los mosquitos en relación con la identificación de *Plasmodium*. Capturaron 4,107 mosquitos de siete especies de los cuales, 90 eran hembras alimentadas. En este estudio se logró analizar a partir de métodos moleculares la relación que existe entre el cambio de uso de suelo y la presencia de malaria aviar, y por ende, el riesgo que existe para la salud animal (Abella-Medrano et al., 2018). Con los ejemplos anteriores se puede evidenciar que el cambio de uso de suelo modifica las comunidades de vertebrados, lo cual influye directamente en la modificación de las preferencias hematófagas de los mosquitos (Kent, 2009a; Reeves et al., 2016). Con estos antecedentes, se han logrado conocer asociaciones en diferentes regiones del país, con respecto al cambio de uso de suelo, la modificación en las preferencias hematófagas de los mosquitos y las enfermedades que afectan la salud animal (malaria aviar). Es necesario seguir realizando investigaciones a partir de la biología molecular (i.e. códigos de barras de DNA) ya que nos permite identificar las preferencias hematófagas de los mosquitos y por lo tanto cómo se están modificando los ciclos de transmisión de enfermedades que afectan tanto la salud pública como animal.

Justificación

El impacto antropogénico a través del cambio de uso de suelo modifica las comunidades tanto de vertebrados como de invertebrados. Dada esta modificación de las comunidades y la plasticidad de los mosquitos es que se han podido observar cambios en las asociaciones de vertebrados y mosquitos, provocando cambios en la dinámica de transmisión de distintas enfermedades arbovirales. Por esta razón el estudio de las preferencias hematófagas permite evaluar las asociaciones entre los mosquitos y los hospederos vertebrados en distintos ambientes determinados por diferentes tipos de uso de suelo, cada uno con características distintas, en este sistema complejo donde están involucrados tanto mosquitos, vertebrados como el ambiente con todas sus interacciones posibles.

Planteamiento del problema

¿Las comunidades de mosquitos y sus preferencias hematófagas se modifican dependiendo del tipo de uso de suelo?

Hipótesis

Las actividades humanas modifican la estructura de las comunidades animales que habitan en los ecosistemas, afectando la disponibilidad de hospederos vertebrados y alterando en consecuencia las interacciones hematófagas de los mosquitos (Diptera: Culicidae). Por lo tanto, distintos ambientes con diferentes tipos de uso de suelo modificarán las preferencias hematófagas de los mosquitos.

Objetivos

General:

Analizar los cambios en las preferencias hematófagas de los mosquitos (Diptera: Culicidae) asociados a diferentes tipos de uso de suelo (selva baja subperennifolia, acahual, plantación frutal, plantación forestal, ganadero de animales domésticos y silvestres) en dos sitios del noreste de Campeche, México.

Específicos:

1. Conocer la riqueza de especies, determinada por el número total de especies presentes en cada tipo de uso de suelo (selva baja subperennifolia, acahual, plantación frutal, plantación forestal, ganadero de animales domésticos y silvestres).
2. Determinar a partir de técnicas de biología molecular PCR y secuenciación (códigos de barras de DNA) las preferencias hematófagas de los mosquitos.

3. Comparar las preferencias hematófagas entre los tipos de uso de suelo muestreados; selva baja subperennifolia, acahual, plantación frutal, plantación forestal, ganadero de animales domésticos y silvestres.

Materiales y método

Área de estudio

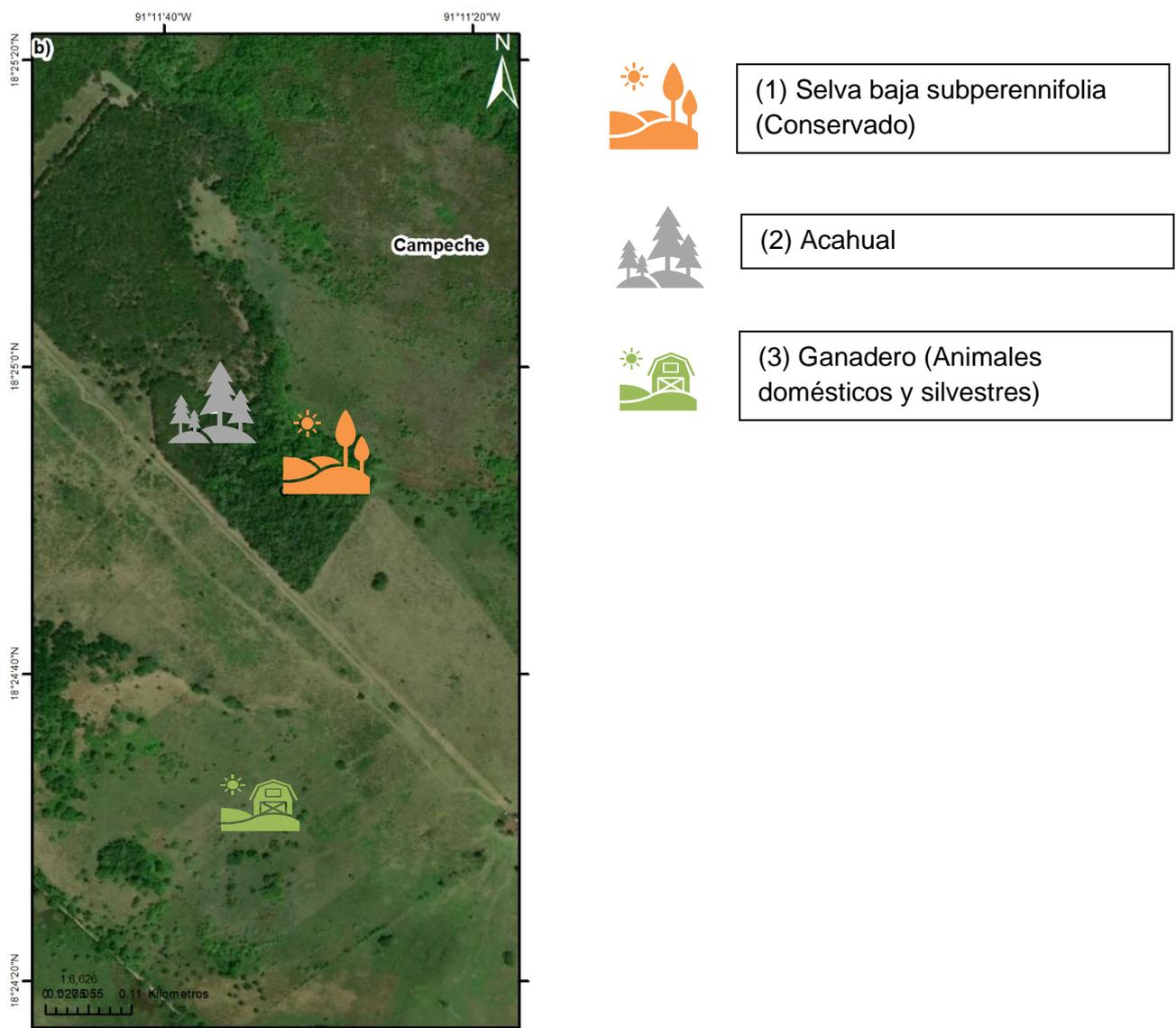
Se muestrearon cinco tipos de uso de suelo en el norte del estado de Campeche, México: selva baja subperennifolia, acahual, plantación frutal, plantación forestal, ganadero de animales domésticos y silvestres. El muestreo se realizó del 30 de julio al 9 de agosto del 2018. La temperatura media promedio en los meses de julio y agosto fueron de 29°C y 28.4°C respectivamente. La precipitación pluvial promedio en los meses de julio y agosto fueron de 164.1 mm y 241.5 mm respectivamente.



Mapa 1.- Mapa de México donde se señala la localización del estado de Campeche con un punto rojo.

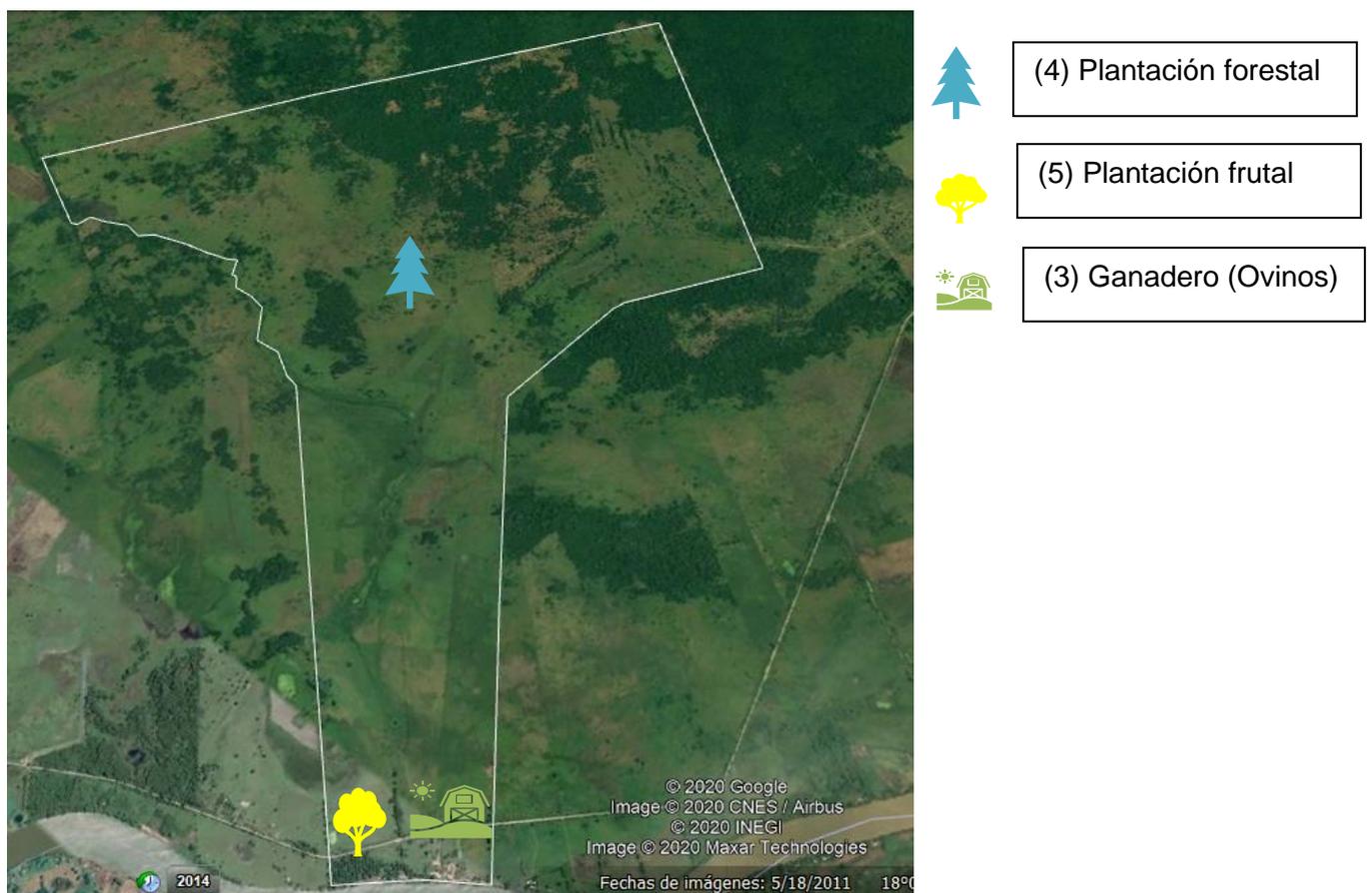
Cerca de la carretera de Candelaria (Mapa 2) ($18^{\circ} 24' 56.06''$ N $91^{\circ} 11' 37.93''$ O y $18^{\circ} 24' 51.95''$ N $91^{\circ} 11' 32.19''$ O) se localiza el primer tipo de uso de suelo (1) correspondiente a la vegetación original, correspondiente a una selva baja subperennifolia con vegetación primaria con predominancia de tinto (*Haematoxylum campechianum*). En la misma localización se encuentra el segundo tipo de uso de

suelo (2), denominado acahual, el cual presenta vegetación secundaria con predominancia de tinto (*Haematoxylum campechianum*) con cinco años sin ser modificado al momento del muestreo. Por último, en la misma localidad se encuentra el tercer tipo de uso de suelo (3), que comprende a los corrales ganaderos de animales domésticos entre los cuales se muestrearon encierros de bovinos, gallinas y ovinos y los corrales de animales silvestres entre los cuales se encuentran patos, tepezcuintles, guajolotes, pecaríes, iguanas y venados. En este tipo de uso de suelo la vegetación predominante son pastizales y arbustos.



Mapa 2.- Mapa donde se muestran tres tipos de uso de suelo (1.-Selva baja subperennifolia, 2.- acahual y 3.- ganadero) muestreados en el primer sitio.

En la localidad de Palizada (Mapa 3) en el rancho Santa Lucía (18° 3' 49.64" N 92° 1' 9.31" O) se encuentra el cuarto tipo de uso de suelo (4) correspondiente a una plantación forestal de árbol del tinto (*Haematoxylum campechianum*) que se encuentra dentro de un proyecto de reforestación, por lo que se tienen árboles en diferentes etapas de crecimiento. El quinto tipo de uso de suelo (5) es una plantación frutal en la cual se cultiva mango (*Mangifera indica*) que no ha sido desbrozada desde hace 3 años, hasta el momento del muestreo. Por último, en el rancho Santa Lucía se muestro el tercer tipo de uso de suelo (3) representado por un corral de ovinos el cual presenta una vegetación con predominancia de pastizales y plantas arbustivas.



Mapa 3.- Mapa donde se muestran tres tipos de uso de suelo (4.- plantación forestal, 5.- plantación frutal y 3.- ganadero) en el segundo sitio de muestreo.

Riqueza de especies de mosquitos

La riqueza está determinada por el número total de especies presentes en cada tipo de uso de suelo muestreado en el presente estudio; selva baja subperennifolia, acahual, plantación frutal, plantación forestal, ganadero de animales domésticos y silvestres.

Captura de hembras alimentadas

Para la captura de hembras alimentadas se utilizó una aspiradora de mosquitos (Improved Prokopack Aspirator Model 1419, John W. Hock) en un horario diurno durante cuatro horas en el transcurso de dos días por sitio. El aspirador se dirigió hacia los lugares de descanso; entre la vegetación, huecos de árboles, madrigueras de animales y hendiduras en el suelo mediante transectos. Los mosquitos capturados fueron sacrificados por congelación a -20°C . Las hembras grávidas se separaron por morfoespecie (identificación morfológica en campo con la guía de Chaverri, culícidos de norte América, 2009) con un macho de la misma morfoespecie y colocados en tubos microbiales de 2 ml sumergido en alcohol al 96% y posteriormente puestos en congelación a -20°C . Los tubos microbiales de 2 ml fueron identificados (localidad, fecha, tipo de trampa, trampa, horario y morfoespecie) para su posterior análisis en el laboratorio.

Obtención de material genético

Se realizó la disección de cada espécimen en el laboratorio, separando abdómenes y patas de las hembras grávidas utilizando un microscopio estereoscópico, pinzas y bisturí (desinfectados con alcohol al 96% y calor entre cada espécimen). Cada grupo de pares de patas y abdomen fueron colocados en su respectivo tubo microbiales de 2 ml respectivo y sumergidos en alcohol 96%.

Los abdómenes de las 644 hembras grávidas se colocaron en un desecador para evaporar el alcohol y no perder muestra. Para realizar la extracción de DNA se utilizó la metodología de HotShot (Montero-Pau et al., 2008) como a continuación se detalla;

primero se colocan 50 µl de buffer de lisis alcalino (25 mM NaOH y 0.2 mM Na₂EDTA) (desnaturalización) en el tubo de plástico donde se encuentra el abdomen, utilizando una punta estéril de pipeta se muelen utilizando una nueva punta por cada abdomen, el siguiente paso es incubar a 95°C durante treinta minutos, posteriormente se colocan en hielo durante 5 minutos, transcurrido este tiempo se precipitan al fondo del tubo por centrifugación rápida colocando las muestras en la microcentrífuga por 40 segundos (6,000 rpm), se agregan 50 µl de solución neutralizante (40 mM Tris-HCl) (neutralización), agitando vigorosamente utilizando un agitador vortex durante 20 segundos y de nuevo en la microcentrífuga por 40 segundos. Con la técnica de HotShot al obtener la extracción de DNA directamente se realiza el PCR.

Para la identificación molecular de preferencias alimenticias, se amplificó un fragmento del gen que codifica para la subunidad 1 de la Citocromo (COI). Se utilizaron dos tipos diferentes de PCR de manera simultánea con el fin de optimizar los resultados. El primero fue un PCR convencional (VF/VR) (Ivanova et al., 2007) y el segundo un PCR anidado (Alcaide et al., 2009). Se realizaron estos dos tipos de PCR para aumentar el número de amplificaciones, ya que al realizar protocolos con diferentes temperaturas de alineamiento se aumenta la probabilidad de reconocimiento de templados de DNA.

El master mix del PCR VF/VR (Ivanova et al., 2007) se realizó con un volumen total de 15 µl conformado por Taq reaction buffer a una concentración final de 1x (5 mM dNTP's, 15 mM MgCl₂), primer forward COI-2 VF1_t1 a 0.13 µM (VF1_t1 5' TGT AAA ACG ACG GCC AGT TCT CAA CCA ACC ACA AAG ACA TTGG-3'), primer reverse COI-2 VR1_t1 a 0.13 µM (VR1_t1 5' CAG GAA ACA GCT ATG ACT AGA CTT CTG GGT GGC CAA AGA ATCA- 3'), polimerasa Taq 0.5 U/µL, DNA 5 µl, 4% de albúmina sérica bovina (BSA) y 5 µl de DNA templado. El termociclador (Applied Biosystems Veriti Thermal Cycler) para el PCR VF/VR se programa para la etapa de desnaturalización a 94°C durante 2 minutos, para la segunda etapa de 5 ciclos primero a 94°C durante 30 segundos (desnaturalización) seguidos de 50°C durante 40 segundos (alineamiento) y 72°C durante un minuto (elongación), para la tercera etapa 35 ciclos primero a 94°C durante 30 segundos (desnaturalización), seguido de 55°C durante 40 segundos (alineación) y a 72°C durante 1 minuto (elongación), la elongación final es un ciclo a 72°C durante 5 minutos y por último a 4°C (conservación).

Para el PCR anidado (Alcaide et al., 2009) el master mix está conformado por Taq reaction buffer 1x (5 mM dNTP's, 15 mM MgCl₂), primer forward M13BCV-FW a 0.13 μM (M13BC-FW 5'-TGT AAA ACG ACG GCC AGT-HAA YCA YAA RGA YAT YGG NAC-3'), primer reverse BCV-RV1 a 0.13 μM , (BCV-RV1 5'-GCY CAN AYY ATN CYY RTR (T)(A)-3') polimerasa Taq 0.5 U/μL, 4% de albúmina sérica bovina (BSA) y 5 μl de DNA templado. Para la realización del primer PCR anidado se utilizaron las siguientes constantes para el termociclador, la desnaturalización a: 94°C durante 4 minutos, la segunda etapa de 35 ciclos a 94°C durante 40 segundos (desnaturalización), seguido de 45°C durante 40 segundos (alineamiento) y a 72°C durante 1 minuto (elongación) y la tercera etapa es un ciclo a 72°C durante 7 minutos (elongación final) y por último a 4°C (conservación).

El master mix del PCR está conformado por Taq reaction buffer 1x (5 mM dNTP's, 15 mM MgCl₂), primer forward M13 a 0.13 μM, primer reverse BCV-RV2 a 0.13 μM (BCV-RV2=5'-GCY CAN AYY ATN CYY RTR TAN CC-3'), polimerasa Taq 0.5 U/μL, 4% de albúmina sérica bovina (BSA) y como DNA templado se utiliza 1 μl del resultado del primer PCR. Para el segundo PCR se programó el termociclador durante la desnaturalización a 95°C durante 3 minutos, para la segunda etapa 24 ciclos de 95°C durante 40 segundos (desnaturalización), seguido de 60-45°C (touchdown) durante 40 segundos (alineamiento) y a 72°C durante 1 minuto (elongación) y la tercera etapa es un ciclo a 72°C durante 7 minutos (elongación final) y por último a 4°C (conservación).

La secuenciación de los productos de PCR se realizó en el Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. La secuenciación se realizó con la metodología de Sanger. El primer utilizado para los productos de PCR VF/VF fue M13. El primer utilizado para los productos del PCR anidado son M13 para forward y BCV-RV2 para reverse.

Análisis bioinformático

La edición de las secuencias y el ensamble de contigs se utilizó el programa Geneious®. Para la identificación de las secuencias de los vertebrados se utilizó la página del BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*) en el NCBI (National center for biotechnology information). En la página principal elegimos el BLAST de nucleótidos. Al ingresar a esta página en la sección correspondiente a la secuencia se introduce la secuencia que se desea buscar y se selecciona el programa de megablast para encontrar las secuencias más similares. En los resultados se toma la secuencia con mayor porcentaje de identidad (de más del 95%), las secuencias con un porcentaje de identidad menor al 95% se identificaron hasta género.

Resultados

Esfuerzo de muestreo

El total de mosquitos capturados por cada tipo de uso de suelo se muestra en el Cuadro 1. El total de mosquitos capturados fue de 644 ejemplares. En el primer tipo de uso de suelo que corresponde a la selva baja subperennifolia (conservado) se capturaron 32 individuos, en el segundo tipo de uso de suelo correspondiente al acahual se obtuvieron 75 individuos, en el tercer tipo de uso de suelo ganadero que se divide en corral de venado y pecarí 5 individuos, corral de venados 6 individuos, corral de bovinos 88, corral de ovinos y gallinas 15 individuos y en el corral de ovinos 24 individuos, en el cuarto tipo de uso de suelo dígase de la plantación forestal (tinto) 9 individuos y en el quinto tipo de uso de suelo equivalente a la plantación frutal (mango) 381 individuos.

Cuadro 1.- Total de mosquitos capturados por cada tipo de uso de suelo

Tipo de uso de suelo	Conservado	Acahual	Ganadero (Venado y Pecari)	Ganadero (Venado)	Ganadero (Bovinos)	Ganadero (Ovinos y Gallinas)	Ganadero (Ovinos)	Forestal (Tinto)	Frutal (Mango)	Total
Total	32	75	5	6	88	15	24	9	381	644

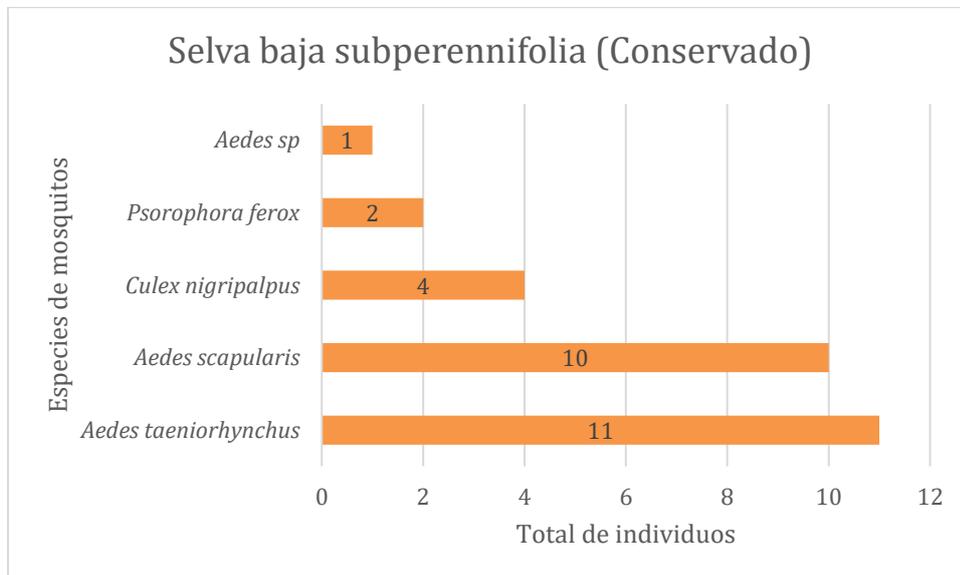
Tipos de uso de suelo muestreados y especies de mosquitos capturadas

En el Cuadro 2 se muestra la riqueza y el total de hembras alimentadas en todos los tipos de suelo exceptuando el tipo de suelo ganadero, lo cual equivale a 506 individuos de un total de 644. A continuación, se describen las gráficas por cada tipo de uso de suelo.

Cuadro 2.- Riqueza y total de hembras alimentadas por tipo de uso de suelo, exceptuando el ganadero

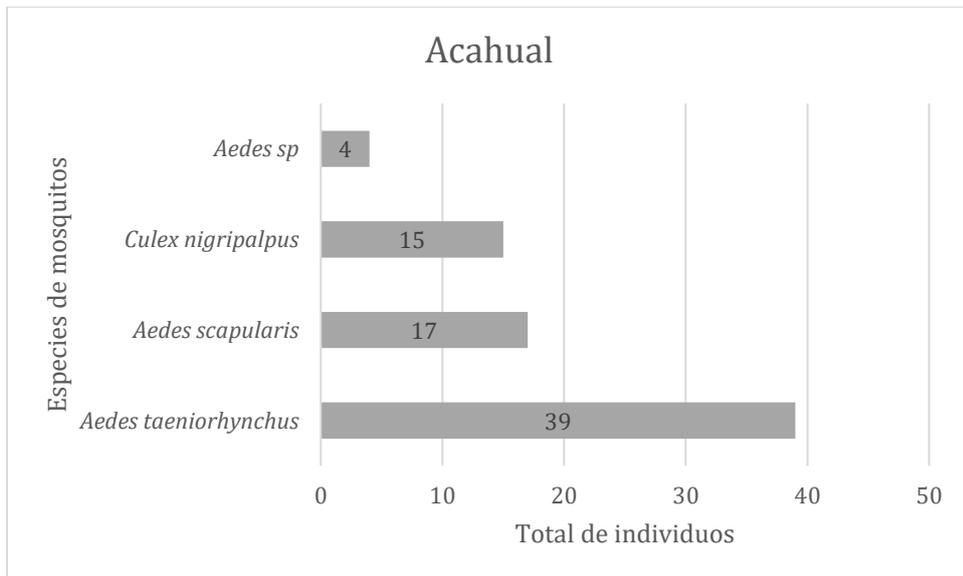
Especie de mosquito	Conservado	Acahual	Plantación de frutal	Plantación forestal
<i>Aedes</i> sp	1	4	20	0
<i>Aedes scapularis</i>	10	17	48	0
<i>Aedes taeniorhynchus</i>	11	39	110	2
<i>Culex nigripalpus</i>	4	15	203	7
<i>Psorophora ferox</i>	2	0	0	0
<i>Psorophora</i> sp	0	0	0	0
Riqueza	5	4	4	2
Total de individuos	28	75	381	9

En el tipo de uso de suelo (1) de selva baja subperennifolia (Gráfica 1) se capturó una riqueza de cuatro especies con un total de diez individuos de *Ae. scapularis*, once individuos de *Ae. taeniorhynchus*, cuatro individuos de *Cx. nigripalpus* y dos individuos de *Ps. ferox* (n=28).



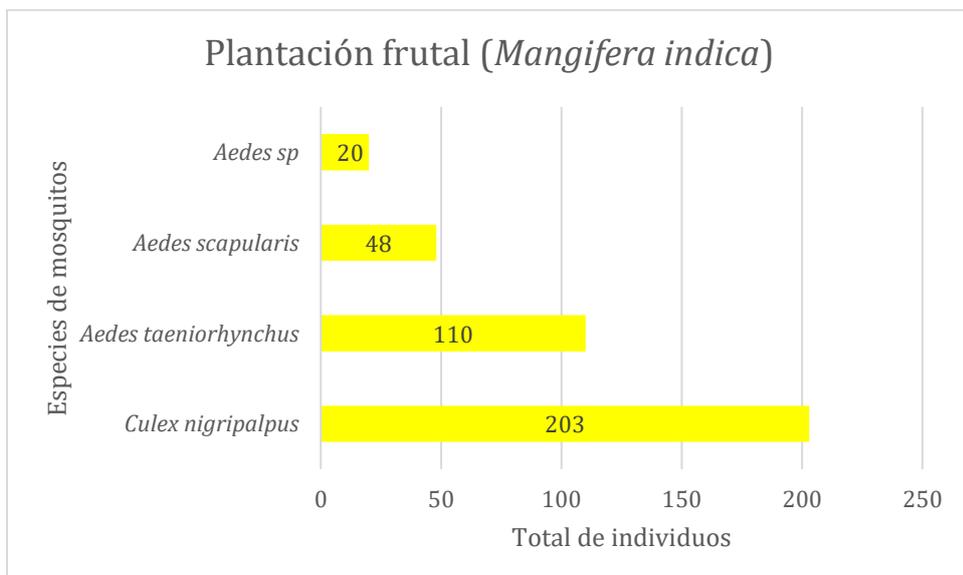
Gráfica 1-. Total de especies capturadas en el tipo de uso de suelo (1) de selva baja subperennifolia.

En el tipo de uso de suelo (2) correspondiente al acahual (Gráfica 2) se tiene una riqueza de cuatro especies con un total de cuatro individuos de *Ae. sp*, diecisiete individuos de *Ae. scapularis*, 39 individuos de *Ae. taeniorhynchus* y quince individuos de *Cx. nigripalpus* (n=75).



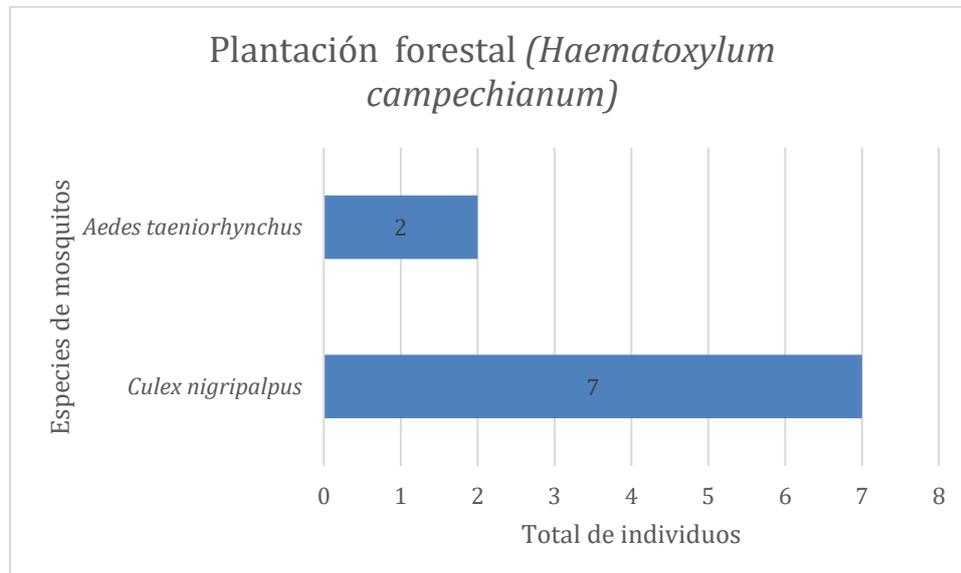
Gráfica 2-. Total de especies capturadas en el tipo de uso de suelo (2) correspondiente al acahual.

La gráfica 3 muestra el tipo de uso de suelo (5) que corresponde a la plantación frutal (*Mangifera indica*) donde se capturó una riqueza de cuatro especies con un total de 20 individuos de *Ae. sp*, 48 individuos de *Ae. scapularis*, 110 individuos de *Ae. taeniorhynchus* y 203 individuos de *Cx. nigripalpus* (n=381).



Gráfica 3-. Total de especies capturadas en el tipo de uso de suelo (5) plantación frutal.

En el tipo de uso de suelo (4) representado por la plantación forestal (*Haematoxylum campechianum*) de tinto se tuvo una riqueza de dos especies y un total de dos individuos de *Ae taeniorhynchus* y siete individuos de *Cx. nigripalpus* (n=9).



Gráfica 4-. Total de especies capturadas en el tipo de uso de suelo (4) de plantación forestal.

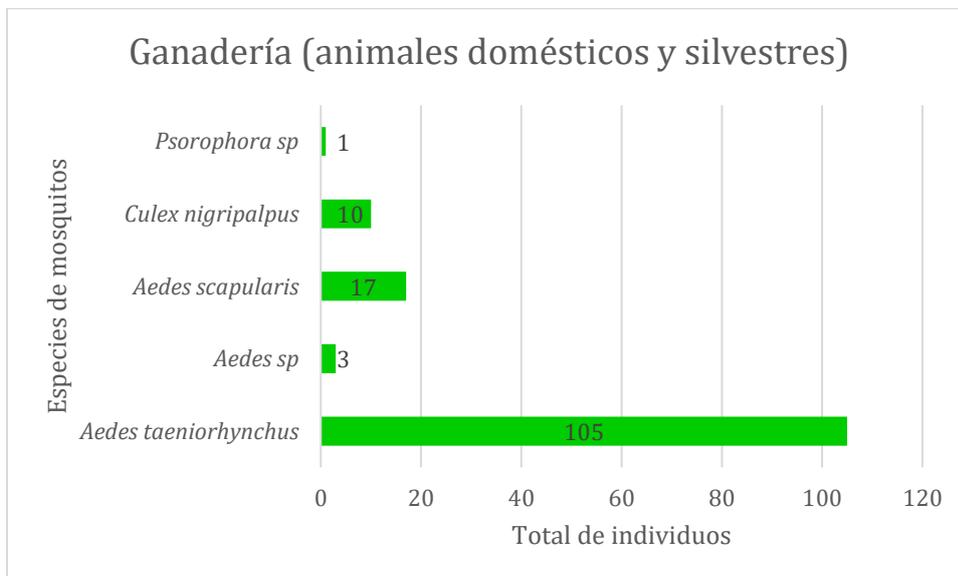
El Cuadro 3 y la Gráfica 5 muestran la riqueza y total de hembras alimentadas en el tercer tipo de uso de suelo ganadero (138/644). Se capturaron cinco especies con un total de tres individuos de *Ae. sp.*, diecisiete individuos de *Ae. scapularis*, 105 individuos de *Ae. taeniorhynchus* y diez individuos de *Cx. nigripalpus* (n=136). Siendo *Ae. taeniorhynchus* la especie con mayor número de individuos capturados.

En el corral de venado y pecaríes se capturaron cinco individuos de *Ae. taeniorhynchus*. En el corral de venados se capturaron cuatro especies, con un total de un individuo *Ae. sp.*, con un individuo de *Ae. scapularis*, dos individuos de *Ae. taeniorhynchus* y un individuo de *Cx. nigripalpus* (n=5). En el corral de bovinos se capturaron tres especies con un total de diez individuos de *Ae. scapularis*, 75 individuos de *Ae. taeniorhynchus* y un individuo de *Cx. sp* (n=86). En el corral de ovinos y gallinas se capturaron cinco especies con un total de dos individuos de *Ae. sp.*, ocho individuos de *Ae. taeniorhynchus*, tres individuos de *Cx. nigripalpus*, un individuo de *Ae. scapularis* y un individuo de *Ps. sp.* (n=15). En el potrero de ovinos

se capturaron tres especies con un total de cinco individuos de *Ae. scapularis*, quince individuos de *Ae. taeniorhynchus*, cuatro individuos de *Cx. nigripalpus* (n=24).

Cuadro 3.- Riqueza y total de hembras alimentadas por tipo de uso de suelo ganadero.

Especie de mosquito	Corral (venado y pecarí)	Corral (venado)	Corral (bovinos)	Corral (ovinos y gallinas)	Corral (Ovinos)
<i>Aedes</i> sp	0	1	0	2	0
<i>Aedes scapularis</i>	0	1	10	1	5
<i>Aedes taeniorhynchus</i>	5	2	75	8	15
<i>Culex nigripalpus</i>	0	2	1	3	4
<i>Psorophora ferox</i>	0	0	0	0	0
<i>Psorophora</i> sp	0	0	0	1	0
Riqueza	1	4	3	5	3
Total de individuos	5	6	86	15	24



Gráfica 5.- Total de especies capturadas en el tipo de uso de suelo (3) ganadero, englobando los corrales con animales silvestres y domésticos.

En el Cuadro 4 se muestra la dominancia de las especies capturadas en todos los tipos de uso de suelo, excluyendo los individuos que no fueron identificados. *Psorophora* sp. es la especie menos dominante dado que sólo se capturó un individuo, *Ps. ferox* está representada por el 0.31%, seguida de *Ae. sp.* con el 4.45%, *Ae. scapularis* con el 14.62%, *Cx. nigripalpus* el 37.99% y la especie con mayor dominancia es *Ae. taeniorhynchus* con el 42.44%. La riqueza total fue de seis especies que se capturaron en los diferentes tipos de uso de suelo.

Cuadro 4.- Dominancia de las especies capturadas

Especies	Total	Dominancia
<i>Aedes</i> sp.	28	4.45%
<i>Aedes scapularis</i>	92	14.62%
<i>Aedes taeniorhynchus</i>	267	42.44%
<i>Culex nigripalpus</i>	239	37.99%
<i>Psorophora ferox</i>	2	0.31%
<i>Psorophora</i> sp.	1	0%
Riqueza	6	
Total de individuos	629	100%

Análisis moleculares

En el Cuadro 6 se muestra el total de hembras alimentadas capturadas en el estudio (644), de las cuales se obtuvieron 56 amplificaciones y 42 secuencias. De las 42 secuencias 3 de ellas fueron de los mosquitos, con lo que se apoya la identificación morfológica de dos especies (*Ae. scapularis* y *Ae. taeniorhynchus*). El total de secuencias de las preferencias hematófagas representa el 6.52% de las muestras analizadas.

Cuadro 6.- Total de hembras alimentadas y el total de las preferencias hematófagas secuenciadas

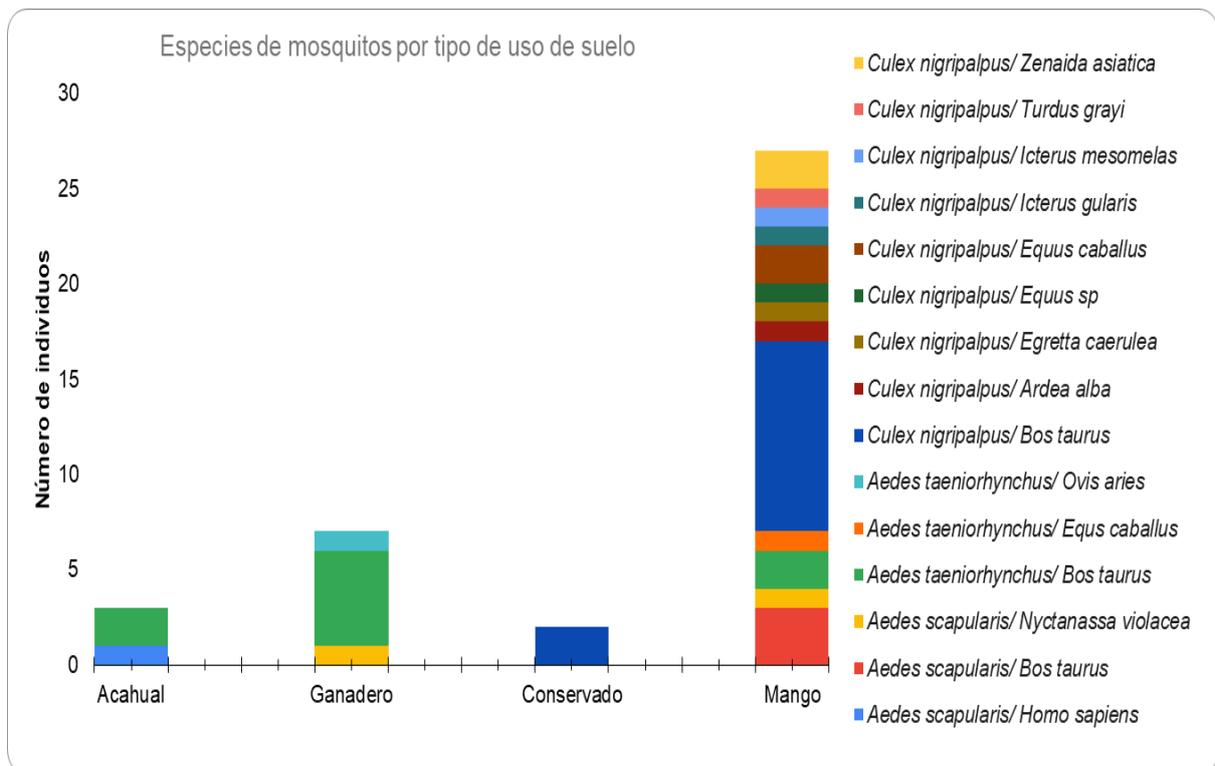
	Total
Hembras alimentadas	644
Amplificaciones	56
Secuencias	42
Secuencias de mosquitos	3
Porcentaje	6.52173913

En el Cuadro 7 y la Gráfica 6 se muestran las especies de vertebrados que se identificaron como fuente de alimentación de las tres especies de mosquitos en cada tipo de uso de suelo. En acahual *Ae. scapularis* se alimentó de humano (*Homo sapiens*) y *Ae. taeniorhynchus* dos veces de bovino (*Bos taurus*). En corral de bovinos, *Ae. scapularis* se alimentó de dos garzas nocturna corona clara (*Nyctanassa violacea*) y *Ae. taeniorhynchus* se alimentó de cuatro bovinos (*Bos taurus*) y una vez de borrego (*Ovis aries*). En la selva conservada *Cx. nigripalpus* consumió sangre de dos bovinos (*Bos taurus*). En la plantación de mango *Ae. scapularis* se alimentó de tres veces de bovino (*Bos taurus*), *Ae. taeniorhynchus* consumió sangre de dos bovinos (*Bos taurus*) y un caballo (*Equus ferus caballus*) y *Cx. nigripalpus* de una garza blanca (*Ardea alba*), diez bovinos (*Bos taurus*), una garza azul (*Egretta caerulea*), un équido (*Equus spp*), dos caballos (*Equus ferus caballus*), una calandria dorso negro mayor (*Icterus gularis*), una calandria cola amarilla (*Icterus mesomelas*), un mirlo café (*Turdus grayi*) y dos palomas alas blancas (*Zenaida asiatica*). En el corral de venados y pecaríes *Ae. taeniorhynchus* se alimentó de sangre de un bovino (*Bos taurus*).

Cuadro 7.- Preferencias hematófagas de *Ae. scapularis*, *Ae. taeniorhynchus* y *Cx. nigripalpus* por tipo de uso de suelo

Tipo de uso de suelo	Especie de mosquito	Preferencia hematófaga
Acahual	<i>Aedes scapularis</i>	<i>Homo sapiens</i>
Acahual	<i>Aedes</i>	<i>Bos taurus</i> (2)

	<i>taeniorhynchus</i>	
Bovinos	<i>Aedes scapularis</i>	<i>Nyctanassa violacea</i> (2)
Bovinos	<i>Aedes taeniorhynchus</i>	<i>Bos taurus</i> (4)
Bovinos	<i>Aedes taeniorhynchus</i>	<i>Ovis aries</i>
Conservado	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Bos taurus</i> (2)
Mango	<i>Aedes scapularis</i>	<i>Bos taurus</i> (3)
Mango	<i>Aedes taeniorhynchus</i>	<i>Equus ferus caballus</i>
Mango	<i>Aedes taeniorhynchus</i>	<i>Bos taurus</i> (2)
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Ardea alba</i>
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Bos taurus</i> (10)
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Egretta caerulea</i>
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Equus sp</i>
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Equus caballus</i> (2)
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Icterus gularis</i>
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Icterus mesomelas</i>
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Turdus grayi</i>
Mango	<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Zenaida asiatica</i> (2)
Venado y pecarí	<i>Aedes taeniorhynchus</i>	<i>Bos taurus</i>



Gráfica 6.- Especies de mosquitos y sus preferencias hematofagas por tipo de uso de suelo

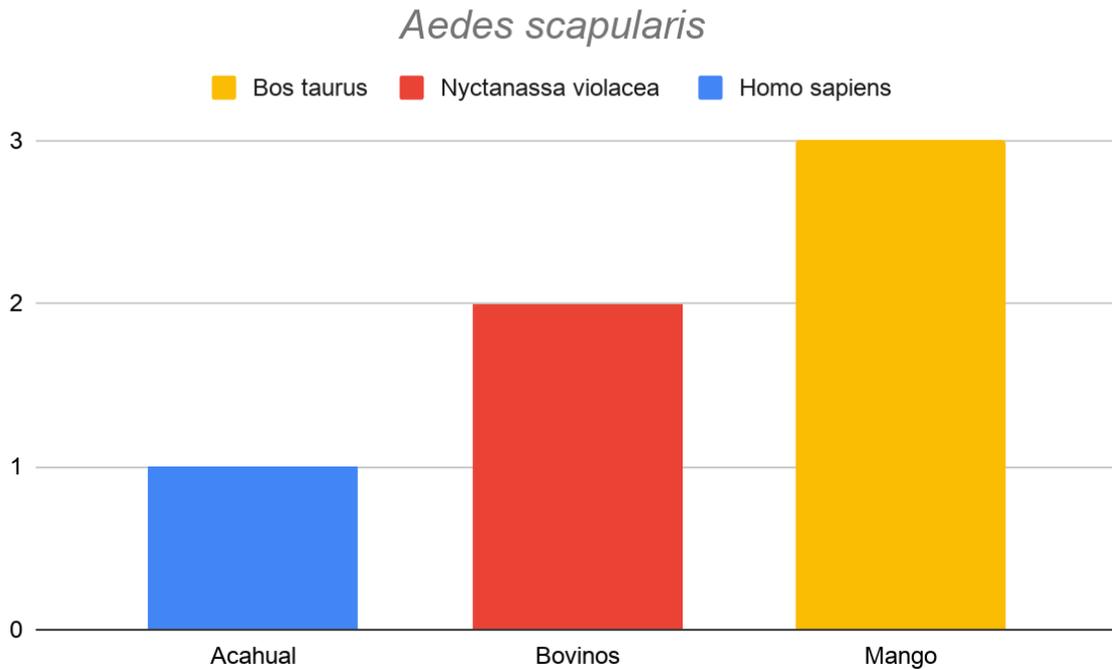
En el Cuadro 8 se relaciona la especie de mosquito con los vertebrados que se identificaron como fuente de alimento hematofago, más los vertebrados que se conoce que pueden alimentarse. Los 5 individuos de *Ae. scapularis* se alimentaron de *Homo sapiens* (1), *Bos taurus* (3) y *Nyctanassa violacea* (2) Esta especie, se conoce que se puede alimentarse de humanos, primates no humanos y aves (Mucci, 2015) y es vector de fiebre amarilla, encefalitis equina venezolana, filariasis (WRBU) (Mucci, 2015). Las once hembras de *Ae. taeniorhynchus* se alimentaron de *Bos taurus* (9), *Ovis aries* (1) y *Equus ferus caballus* (1). Esta especie, se sabe que puede alimentarse de mamíferos (Molaei, 2008), reptiles (Bataille et al., 2012), aves (Bataille et al., 2012) y es vector de encefalitis equina venezolana, virus del Oeste del Nilo (Molaei, 2008; Apperson, 2004). Los 22 individuos de *Cx. nigripalpus* se alimentaron de *Bos taurus* (13), *Icterus mesomelas* (1), *Icterus gularis* (1), *Equus ferus caballus* (2), *Equus sp* (1), *Ardea alba* (1), *Egretta caerulea* (1), *Turdus grayi* (1) y *Zenaida asiatica* (2). Esta especie, se sabe que se puede alimentarse de aves, reptiles y mamíferos (Kading et al., 2013; Kang et al., 2019) y es vector de virus del Oeste del Nilo (Kilpatrick, 2006; Savage, 2008).

Cuadro 8.- Especies de mosquitos capturadas con los vertebrados identificados en comparación con los reportados. Con (*) se señalan las especies que se encontraron en este trabajo que ya habían sido identificadas.

Especies	Vertebrados identificados	Vertebrados reportados como fuente de alimento
<i>Aedes scapularis</i>	<p><i>Homo sapiens</i> (1)</p> <p><i>Bos taurus</i> (3)</p> <p><i>Nyctanassa violacea</i> (2)</p>	<p>Humanos (<i>Homo sapiens</i>)*</p> <p>Primates no humanos (Marassá et al., 2009), Aves</p> <p>Gato (<i>Felis catus</i>)</p> <p>Bovino (<i>Bos taurus</i>)*</p> <p>Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>)</p> <p>Caballo (<i>Equus ferus caballus</i>)</p> <p>Roedor (Lorosa et al., 2010)</p> <p>Mapache (<i>Procyon lotor</i>) (Dos Santos Silva et al., 2012)</p> <p>Gallina (<i>Gallus gallus</i>)</p> <p>Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) (Stein et al., 2013)</p>
<i>Aedes taeniorhynchus</i>	<p><i>Bos taurus</i> (9)</p> <p><i>Ovis aries</i> (1)</p> <p><i>Equus ferus caballus</i> (1)</p>	<p>Humano (<i>Homo sapiens</i>)</p> <p>Bovino (<i>Bos taurus</i>)*</p> <p>León marino de las Galápagos (<i>Zalophus wolfebaeki</i>)</p> <p>Cerdo (<i>Sus scrofa</i>)</p> <p>Iguana marina (<i>Amblyrhynchus cristatus</i>)</p> <p>Tortuga de las Galápagos (<i>Geochelone nigra</i>)</p> <p>Conmorán de las Galápagos (<i>Phalacrocorax harrisi</i>) (Bataille et al., 2012)</p> <p>Venado cola blanca (<i>Odocoileus virginianus</i>) (Apperson et al., 2004)</p> <p>Conejo (<i>Oryctolagus cuniculus</i>) (Molaei et al., 2008)</p>

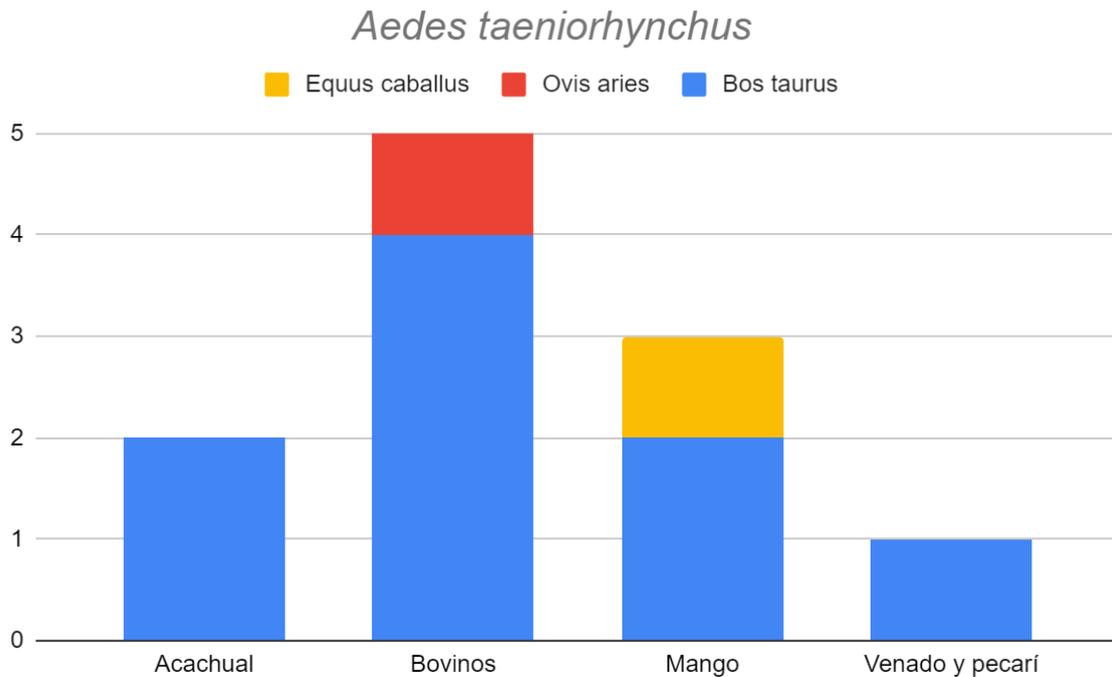
<i>Culex nigripalpus</i>	<i>Bos taurus</i> (13)	Bovinos (<i>Bos taurus</i>)* Caballos (<i>Equus ferus caballus</i>)* Humano (<i>Homo sapiens</i>) Gallina (<i>Gallus gallus</i>) Pavo (<i>Meleagris gallopavo</i>) Perro (<i>Canis lupus familiaris</i>) Iguana verde (<i>Iguana iguana</i>) Lagarto (<i>Gambelia</i> spp.)
	<i>Icterus mesomelas</i> (1)	Búho (<i>Strix</i> spp.) Mirlo (<i>Turdus grayi</i>)*
	<i>Icterus gularis</i> (1)	Zanante (<i>Quiscalus mexicanus</i>) Garza tigre mexicana (<i>Tigrisoma mexicanum</i>)
	<i>Equus ferus caballus</i> (2)	Calandria de Baltimor (<i>Icterus galbula</i>) Vireo ojiblanco (<i>Vireo griseus</i>) Garza nocturna cabeziblanca (<i>Nyctanassa violacea</i>) (Kading et al., 2013)
	<i>Equus</i> sp (1)	Roedores (Cristina de Carvalho et al., 2014)
	<i>Ardea alba</i> (1)	Lechuza de campanario (<i>Tyto alba</i>) (Efstathion et al., 2019)
	<i>Egretta caerulea</i> (1)	Mochuelo caburé (<i>Glaucidium brasilianum</i>) Batará barrado (<i>Thamnophilus doliatus</i>) Pato silbón de ala blanca (<i>Dendrocygna autumnalis</i>) Zarigüeya lanuda parda (<i>Caluromys philander</i>)
	<i>Turdus grayi</i> (1)	Guazo (<i>Mazama americana</i>) Murciélago de campamento (<i>Uroderma bilobatum</i>) (Kang et al., 2019)
	<i>Zenaida asiatica</i> (2)	

En Gráfica 7 se observan las preferencias hematófagas de *Ae. scapularis* en tres tipos de uso de suelo (acahual, ganadero “corral de bovinos” y plantación frutal “mango”). En el acahual se alimentó de humano (1) (*Homo sapiens*), en el corral de bovinos de garza nocturna corona blanca (2) (*Nyctanassa violacea*) y de sangre de bovino (3) (*Bos taurus*).



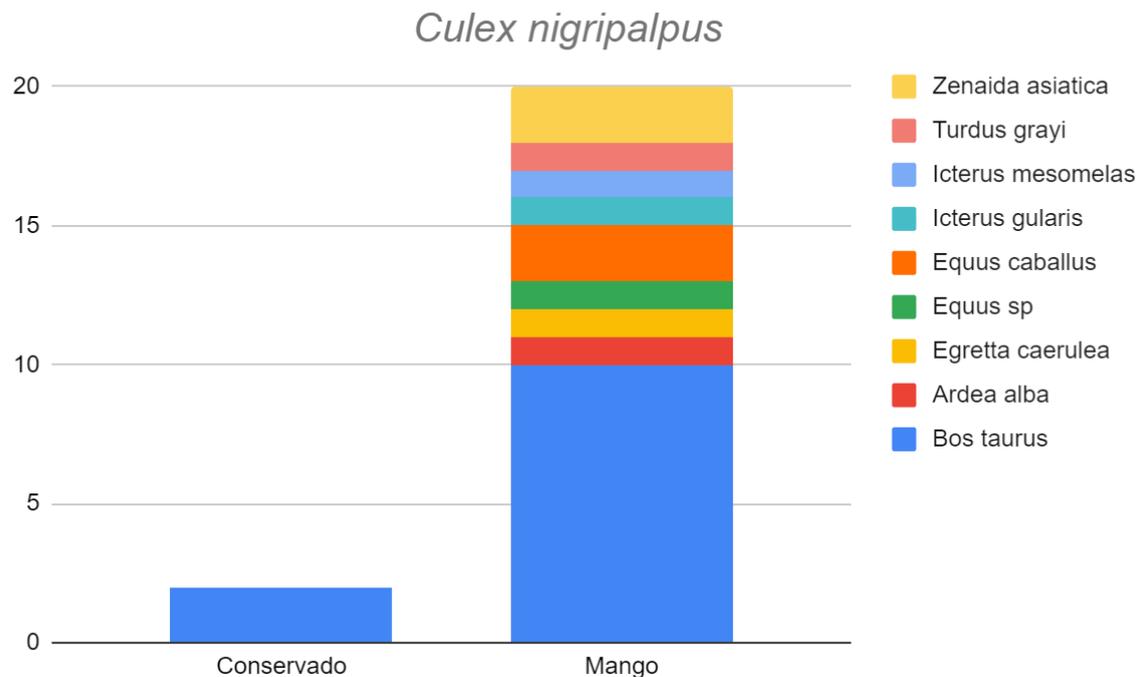
Gráfica 7.- *Aedes scapularis* y sus preferencias hematófagas dependiendo de tres tipos de uso de suelo

En la Gráfica 8 se muestran las preferencias hematófagas de *Ae. taeniorhynchus* en tres tipos de uso de suelo (acahual, plantación frutal “mango” y ganadero “corral de bovinos y corral de venados y pecaríes”). En el acahual se alimentó de bovino (2) (*Bos taurus*), en el corral de bovinos se alimentó de bovino (4) (*Bos taurus*) y borrego (1) (*Ovis aries*), en la plantación de mango fueron bovino (2) (*Bos taurus*) y caballo (1) (*Equus ferus caballus*) y en el corral de venados y pecaríes de bovino (1) (*Bos taurus*).



Gráfica 8-. *Aedes taeniorhynchus* y sus preferencias hematófagas en tres tipos de uso de suelo

En la Gráfica 9 se muestran las preferencias hematófagas de *Cx. nigripalpus* en dos tipos de uso de suelo (conservado y plantación frutal “mango”). En “selva baja subperennifolia” esta especie se alimentó de bovino (2) (*Bos taurus*), en la plantación frutal de bovino (13) (*Bos taurus*), calandria cola amarilla (1) (*Icterus mesomelas*), calandria dorso negro mayor (1) (*Icterus gularis*), caballo (2) (*Equus ferus caballus*), équido (1) (*Equus sp*), garza blanca (1) (*Ardea alba*), garza azul (1) (*Egretta caerulea*), mirlo café (1) (*Turdus grayi*) y paloma alas blancas (2) (*Zenaida asiatica*).



Gráfica 9.- *Culex nigripalpus* y sus preferencias hematófagas en dos tipos de uso de suelo

Lista comentada de especies capturadas

Subfamilia Culicinae

Tribu Aedini

Aedes (Ochlerotatus) taeniorhynchus Wiedemann, 1821

Aedes taeniorhynchus Wiedemann, 1821: 43. Localidad tipo: México. **Referencias**

adicionales.- Howard, Dyar, y Knab, 1917: 667 (macho, hembra, larva, huevo; biología); Gerry, 1932: 39 (hembra); Gjullin, 1937: 256 (hembra); Darsie, 1951: 16 (pupa); Lane, 1953: 678 (macho, hembra, larva); Nielsen y Nielsen, 1953: 141 (biología); Bohart, 1954: 365 (larva); Carpenter y LaCasse,

1955: 238 (macho, hembra, larva); Forattini, 1958: 176 (pupa). Belkin, Heinemann y Page, 1970: 152 (macho, hembra, pupa, larva).

Sin. *damnosus* Say, 1923: 11 (adulto; *Culex*). Localidad tipo: Pensilvania, Estados Unidos de América.

Sin. *epinolus* Dyar y Knab, 1914: 61 (hembra). Localidad tipo: Ventanillas, Perú.

Sin. *niger* Giles, 1904: 384 (hembra; *taeniorhynchus*). Localidad tipo: Isla Antigua, Antillas Menores.

Sin. *pix* Martini, 1935: 55 (hembra). Localidad tipo: Belice, Honduras Inglesas.

Sin. *portoricensis* Ludlow, 1905: 386 (hembra; *Culex*). Localidad tipo: San Juan, Puerto Rico.

Diagnosis

Hembra.- Cabeza: escamas decumbentes, generalmente oscuras, excepto en el espacio interocular que son pálidas; probóscide con anillo blanquecino, a veces ausente; palpos con el ápice con pocas escamas blancas. **Tórax:** integumento mesonotal oscuro con algunas escamas blancas, sedas mesonotales desarrolladas, cortas y oscuras, paraterguito con pequeñas escamas blanquecinas, pleuron con tegumento oscuro uniforme. **Patas:** predominantemente oscuras, coxa anterior con parche de escamas oscuras excepto en la base, coxa media con pequeños parches de escamas oscuras y blancas, coxa posterior con una porción pequeña apical de escamas blancas; base del fémur con escamas pálidas, tibia con algunas escamas pálidas en la base; tarsos anteriores y medios con pequeñas bandas basodorsales de escamas blancas en los segmentos 1-3, tarsos posteriores con pequeños anillos blancos basales en todos los segmentos. **Ala:** oscura, de 3.0-3.5 mm. **Abdomen:**

terguito 1 con numerosas escamas oscuras; lateroterguito con parches de escamas blancas, terguitos II-VI con estrechas bandas blancas basales, segmentos VI y VII con una fila transversal apical de escamas blancas, esternito basal con escamas pálidas (Belkin, Heinemann y Page 1970).

Distribución.- Anguilla, Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Belice, Brasil, Islas Caimán, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Republica Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Granada, Guadalupe, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Martinica, México, Montserrat, Nicaragua, Panamá, Perú, Puerto Rico, Santa Lucia, Surinam, Estados Unidos de América, Venezuela, Islas Vírgenes (Belkin, Heinemann y Page, 1970). En México se ha reportado para los estados de Baja California, Campeche, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Díaz-Nájera y Vargas, 1973). Para el estado de Veracruz, se reportó para el municipio de Córdoba (Heinemann y Belkin, 1977). Para la región de los Tuxtlas es el primer registro para el municipio de San Andrés en la localidad de Montepío.

Bionomía.- La larva de *Ae. taeniorhynchus* se encuentra en aguas salobres y pantanosas en el norte, centro y sur de América, incluyendo las islas del Caribe. Estos sitios de reproducción están determinados por la lluvia y las mareas. Aunque el hábitat de las larvas está típicamente restringido a zonas pantanosas y salobres costeras, esta especie se sabe que tiene un rango de vuelo largo ya que puede ser encontrada tierra adentro (Carpenter y LaCasse, 1955). Los adultos descansan en la vegetación durante el día. Son fuertes voladores que frecuentemente se desplazan en grandes

grupos a lugares lejanos, hasta varias millas de los pantanos, por lo que se le conoce como una especie que es capaz de dispersarse (Carpenter y LaCasse, 1955; Hribar et al., 2010). Su movimiento depende de la velocidad y la dirección del aire ya que estos no pueden salirse de las ráfagas de aire cuando están siendo trasladados por estas (Hribar et al., 2010). *Aedes taeniorhynchus* de igual manera puede desarrollar su estado larval en agua dulce en charcos temporales, en zonas de riego y desbordes de ríos en las zonas costeras (Becker y Dahl, 2010).

Aedes taeniorhynchus es una especie sinantrópica que se alimenta de sangre a cualquier hora del día, aunque el atardecer es la hora de mayor actividad, se alimentan en grupos y puede ser dentro o fuera de las casas. En zonas no transformadas se alimentan y descansan a la sombra de los manglares o en las zonas boscosas cerca de los sitios de reproducción. Cuando la densidad poblacional aumenta se les puede encontrar en zonas sin sombra, siendo este capaz de adaptarse a zonas sin humedad (Asigau y Parker, 2018). Esta especie se ve atraída por trampas con cebo de burro, pero en menor cantidad que con cebo de humano, de igual manera se ve atraído por las trampas tipo CDC (Becker y Dahl, 2010; Suom et al., 2010).

Importancia médica y veterinaria.- *Aedes taeniorhynchus* es vector de filariasis canina (*Dirofilaria immitis*) (Labarthe y Guerrero, 2005; Manrique-Saide et al., 2010), virus de la encefalitis equina venezolana (Deardorff y Weaver, 2010; Smith et al., 2007; Torres et al., 2017; Turell et al., 2005), virus Yunnan (Méndez-López et al., 2015), malaria aviar (*Plasmodium* spp.) (Asigau y Parker, 2018; Carlson et al., 2011), virus del oeste del Nilo (Barrera et al., 2010; Eastwood et al., 2013), virus de la encefalitis de San Luis (Hribar et al., 2010), virus Uxmal (Hart et al., 2017),

Haemoproteus spp., *Hepatozoon* spp. (Bataille et al., 2012), virus de la fiebre amarilla (de Abreu et al., 2019) y virus del zika (Ayres et al., 2019).

Material examinado.- Se capturaron 250 individuos adultos hembra, Campeche, México en cinco tipos de uso de suelo, selva baja subperennifolia, plantación frutal, plantación forestal, ganadero y acahual del 30 de julio al 9 de agosto del 2018. Las muestras fueron diurnas y capturadas con el aspirador (Improved Prokopack Aspirator Model 1419, John W. Hock) y capturadas por Paulina Alcocer Walbey.

Comentarios.- Esta especie fue identificada empleando caracteres taxonómicos externos de las hembras y con análisis moleculares (código de barras de DNA).

***Aedes (Ochlerotatus) scapularis* Rondani, 1848**

Aedes scapularis Rondani, 1848: 109 (hembra). Localidad tipo: Rio de Janeiro, Guanabara, Brasil. **Referencias Adicionales.**- Coher, 1948 (1949): 101 (hembra); Breland, 1951: 369 (larva); Lane, 1953: 665(macho, hembra, pupa, larva); Belkin, Schick, y Heinemann, 1971: 19 (localidad tipo); Arnell, 1976: 57 (macho, hembra, pupa, larva, distribución); Rossi y Martínez, 2003: 472 (distribución en Uruguay).

Sin. *camposanus* Dyar, 1918: 128 (macho, hembra). Localidad tipo: Guayaquil, Ecuador. Referencias adicionales.- Levi, 1951: 383 (macho, hembra). Levi, 1952: 262 (macho). Arnell, 1976: 58 (sinonimia).

Sin. *confirmatus* Lynch Arribalzaga, 1891: 146 (hembra; Ochlerotatus). Localidad tipo: Navarro, Buenos Aires, Argentina. Referencias adicionales.- Casal, en Belkin, Shick y Heinemann, 1968: 14 (lectotipo).

Sin. *hemisurus* Dyar y Knab, 1906: 199 (larva). Localidad tipo: Jamaica. Referencias adicionales.- Belkin, Heinemann y page, 1970: 161 (macho, hembra, pupa, larva)

Sin. *indolenscens* Dyar y Knab, 1907: 11 (hembra). Localidad tipo: Cayamas, Cuba. Referencias adicionales.- Belkin, Heinemann y page, 1970: 161(cambio de sinonimia). Arnell, 1976: 58 (sinonimia).

Diagnosis

Hembra.- Ala 3.10 mm; **Cabeza:** probóscide 2.10 mm. Tórax: parche hexagonal de escamas claras en la parte anterior, escutelo de color blanco plateado a veces amarillo en el borde lateral. **Abdomen:** 2.55mm. Patas: fémur anterior 1.50 mm (Lane, 1953; Arnell, 1976).

Distribución.- Argentina, Bahamas, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, French Guyana, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Paraguay, Perú, Surinam, Trinidad y Tobago, Estados Unidos de América, Uruguay, Venezuela (Arnell, 1976). En México se ha informado para los estados de Campeche, Chiapas, Coahuila, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Muñoz-Cabrera et al., 2006; Díaz-Nájera y Vargas, 1973). En el estado de Veracruz se reporta para Córdoba a 15 km de San Juan y en Jesús Carranza (Heinemann y Belkin, 1977; Arnell, 1976). En la región de los Tuxtlas en el municipio de San Andrés es el primer registro para la localidad de Montepío.

Bionomía.- *Aedes scapularis* se encuentra en elevaciones moderadas a lo largo de la mayoría de los lugares tropicales y subtropicales de América. Se reproduce en una amplia variedad de cúmulos de agua dulce temporales o semipermanentes, principalmente cúmulos llenos de agua de lluvia, estanques, pantanos y oquedades expuestos al sol o sombra parcial. Las hembras se alimentan de humanos y son principalmente crepusculares nocturnos (Arnell, 1976; WRBU, 2019; Carpenter y LaCasse 1955; Belkin et al., 1970). Son capaces de viajar hasta 4 km desde sus sitios de reproducción (Arnell, 1973). En lugares donde existe una asociación prolongada con humanos la especie se ha adaptado a zonas rurales y semirurales, siendo capaz de entrar a las casas a buscar alimento (Arnell, 1973).

Importancia médica y veterinaria.- *Aedes scapularis* es vector de filariasis (*Dirofilaria immitis*) canina (Labarthe y Guerrero, 2005), virus de la encefalitis de San Luis (Díaz et al., 2012), virus Mayaro (Muñoz y Navarro, 2012), *Dermatobia hominis* (Marchi et al., 2012), virus Ilheus (Pauvolid-Corrêa et al., 2013), virus Rocio, virus Melao, *Wuchereria bancrofti* (Petersen et al., 2015), virus bunyamwera (Tauro et al., 2015), virus de la fiebre amarilla (de Abreu et al., 2019; Mucci et al., 2015) y virus Yunnan (Méndez-López et al., 2015). Al menos 15 virus diferentes han sido aislados en esta especie (WRBU), entre los más importantes se encuentran los de la fiebre amarilla en Brasil (Forattini y Gomes, 1988), encefalitis equina venezolana en Panamá (Torres et al., 2017) y la filariasis (*Wuchereria bancrofti*) en Estados Unidos (Peterson, <http://www.montana.edu/historybug/filariasis.html>).

Material examinado.- Se capturaron 83 individuos adultos hembra en Campeche, México, en cuatro tipos de uso de suelo, selva baja subperennifolia, plantación frutal, ganadero y acahual del 30 de julio al 9 de agosto del 2018. Las muestras fueron diurnas y capturadas con el aspirador (Improved Prokopack Aspirator Model 1419, John W. Hock) y capturadas por Paulina Alcocer Walbey.

Comentarios.- La presencia de *Ae. scapularis* en la zona fue determinada mediante el estudio de caracteres taxonómicos externos de las hembras y con análisis moleculares (código de barras de DNA).

***Psorophora (Janthinosoma) ferox* Von Humboldt 1819**

Psorophora ferox Von Humboldt 1819. Localidad tipo: Borodon, Ecuador.

Referencias adicionales.- Goeldi 1905: (E* as musica), Mitchell 1907: (E* as syn. posticota Wiedemann, 1821), Theobald 1907: (E* as sayi), Howard, Dyar y Knab 1913: (E* as sayi), Howard, Dyar y Knab 1917: (E as sayi), Pawan 1922: (E* as syn. posticota Wiedemann, 1821), Gerry 1932: (hembra), Senevet 1946:327 (larva), Yamaguti y LaCasse 1951: (hembra), Horsfall, Miles, y Sokatch 1952:618 (E*), Lane 1953:745 (macho, hembra, pupa, larva), Carpenter y LaCasse 1955:120 (macho, hembra, larva), Guedes, Souza, Maciel, y Xavier 1965:19 (macho, hembra), Ross y Horsfall 1965: (E*), Forattini 1965a: (E*), Beikin 1968b:26 (tax.), Belkin, Heinemann, y Page 1970:126 (macho, hembra, pupa, larva), Horsfall, Voorhees, y Cupp 1970:1714 (E*), Wallis y Whitman 1971 (bion.), Linley y Chadee 1990: (E*), Rossi y Martinez 2003: 472 (distr., Uruguay), Reinert, Harbach y Kitching 2004: (hembra),

Reinert, Harbach y Kitching 2006: (hembra), Liria y Navarro 2007 (morph.; cibarial arm.*), Harrison et al. 2008 (clave taxonómica, EUA), Reinert, Harbach y Kitching 2008: (hembra), Reinert, Harbach y Kitching 2009: (hembra), Berti et al. 2014: (distr, Venezuela).

syn. *posticatus* Wiedemann, 1821, Dipt. Exot., I :43.

syn. *musicus* Say, 1829, Jour. Acad. Nat. Sci. Phila., 6:149.

syn. *echinata* Grabham, 1906, Can. Ent., 38:311.

syn. *sayi* Dyar y Knab, 1906, Jour. N.Y. Ent. Sot., 14:181.

syn. *terminalis* Coquillett, 1906, U.S. Bur. Ent. Tech. Ser., II :8.

syn. *vanhalli* Dyar y Knab, 1906, Proc. Biol. Sot. Wash., 19:134.

syn. *coquillettii* Theobald, 1907, Mon. Culic., 4:153.

syn. *sayi* Theobald, 1907, Mon. Culic., 4:155.

syn. *jamaicensis* Theobald, 1907.

syn. *pazosi* Pazos, 1908.

syn. *centrale* Brethes, 1910.

Diagnosis

Hembra.- De pequeño a mediano tamaño, especie negra con escamas negras predominantemente metálicas con iridiscencia púrpura. **Cabeza:** La probóscide es ligeramente más larga que el fémur delantero, los palpos son $\frac{1}{4}$ del largo de la Probóscide con escamas negras y metálicas. Las antenas son más pequeñas que la Probóscide, el pedicelo de color negro, la superficie del flagelo con pocas y cortas sedas y sin escamas. Occipucio cubierto dorsalmente con escamas doradas. **Tórax:**

El integumento del escutelo es de café a negro brillante y escamas negras y doradas. El escutelo presenta escamas amarillas y sedas negras en los lóbulos. **Abdomen:** Esternitos II-VI son predominantemente amarillos con escamas violetas sin formar bandas. El esternito VII es predominantemente negro. **Patas:** Las escamas del tarso trasero en los tarsómeros IV y V son blancas (Carpenter y LaCasse 1955).

Distribución. - Argentina, Bahamas, Belice, Bolivia, Brasil, Canadá, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Republica Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Saint Lucia, Suriname, Trinidad y Tobago, Estados Unidos de América, Uruguay y Venezuela (WRBU).

Bionomía.- La larva puede encontrarse en charcos temporales, principalmente cercanos a los arroyos en sitios boscosos y ocasionalmente en baches y en sitios sombreados durante el verano. Al momento del consumo de sangre las hembras son persistentes y producen dolor, se alimentan durante todo el día en sitios sombreados con arbustos o en sitios boscosos donde pueden estar en claros durante días nublados. Su hora de actividad más importante es en la noche y prefieren estar en sitios boscosos (Carpenter y LaCasse 1955).

Importancia médica y veterinaria.- Esta especie se ha relacionado con la encefalitis equina Venezolana, virus Rocio, virus del oeste del Nilo, virus Ilheus y *Dermatobia hominis* (WRBU, 2019),

Material examinado.- Se capturaron dos individuos adultos hembra, Campeche, México en la selva baja subperennifolia, del 30 de julio al 9 de agosto del 2018. Las muestras fueron diurnas y capturadas con el aspirador (Improved Prokopack Aspirator Model 1419, John W. Hock) y capturadas por Paulina Alcocer Walbey.

Comentarios.- Los individuos de *Ps. ferox* fueron determinados mediante caracteres taxonómicos externos de las hembras.

Tribu Culicini

Culex (Culex) nigripalpus Theobald, 1901

Culex nigripalpus Theobald, 1901: 322 (macho, hembra). Localidad tipo: Isla Santa Lucia, Antillas. **Referencias adicionales.**- Dodge, 1945:166 (larva); Lane, 1953: 348 (macho, hembra, pupa, larva); Carpenter y LaCasse, 1955: 282 (macho, hembra, larva); Belkin, Heinemann, y Page, 1970: 70 (macho, hembra, pupa, larva); Darsie y Day, 2003: 101 (pupa; clave taxonómica); Darsie y Day, 2004: 110 (larva; taxonomía).

Sin. *azuayus* Levi-Castillo, 1954: 264 (macho, hembra, pupa, larva). Localidad tipo: Zhurucuchu, Azuay, Ecuador.

Sin. *biocellatus* Theobald, 1903: 224 (hembra). Localidad tipo: Trinidad.

- Sin. *caraibeus* Howard, Dyar y Knab, 1912 (1913), fig. 333 y 1915: 257 (macho, hembra). Localidad tipo: Barbados, Antillas Menores.
- Sin. *carmodyae* Dyar y Knab, 1906: 210 (larva). Localidad tipo: Mina San Francisco, Santo Domingo, República Dominicana.
- Sin. *factor* Dyar y Knab, 1906: 213 (larva). Localidad tipo: Tehuantepec, Oaxaca, México.
- Sin. *microannulata* Theobald, 1907: 481 (macho; Trichopronomyia). Localidad tipo: Pueblo Stanley, Nuevo Ámsterdam, Berdice, Guyana Inglesa.
- Sin. *microsquamosus* Theobald, 1905: 407 (macho, hembra, larva). Localidad tipo: Presa del Rio Cobre, cerca de Pueblo Español, Jamaica.
- Sin. *mortificator* Dyar y Knab, 1906: 210 (larva). Localidad tipo: Zent, Costa Rica.
- Sin. *palus* Theobald, 1903: 194 (macho, hembra). Localidad tipo: Barbados, Antillas Menores.
- Sin. *prasinopleurus* Martini, 1914: 68 (macho, hembra). Localidad tipo: Santiago de Cuba, Cuba.
- Sin. *prorimus* Dyar y Knab, 1909: 38 (macho). Localidad tipo: Isla Taboga, Panamá.
- Sin. *regulator* Dyar y Knab, 1906: 213 (larva). Localidad tipo: Santo Domingo, República Dominicana.
- Sin. *similis* Theobald, 1903: 207 (hembra). Localidad tipo: Red Hills, Kingston, Condado de Surrey, Jamaica.

Diagnosis

Hembra.- Especies de tamaño mediano con caracteres similares a *Cx. quinquefasciatus*. **Cabeza:** estrecha con escamas decumbentes oscuras y cobrizas. **Tórax:** mesonoto con escamas bronce claro y oscuro cobrizo. Tegumento

mesepimeral más claro que el resto. **Patas:** similar a *Cx. quinquefasciatus*. **Abdomen:** manchas basolaterales blanquecinas, marcas transversales por lo general pálidas completamente (Belkin, Heinemann, y Page, 1970).

Distribución.- Anguilla, Bahamas, Barbados, Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Dominica, Republica Dominicana, Ecuador, El Salvador, French Guyana Francesa, Guadalupe, Guatemala, Guyana, Haití, Honduras, Jamaica, México, Montserrat, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Puerto Rico, Saint Lucia, Surinam, Trinidad y Tobago, Estados Unidos de América, Venezuela, Islas Vírgenes (Foratinii, 1965; Belkin, Heinemann, y Page, 1970). En México se ha informado en los estados de Baja California, Campeche, Chiapas, Coahuila, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Yucatán (Díaz-Nájera y Vargas, 1973; Muñoz-Cabrera et al., 2006). En el estado de Veracruz esta reportado para Córdoba y La Mancha (Heinemann y Belkin, 1977; Mendoza-Palmero, 2007). Para la región de los Tuxtlas corresponde el primer hallazgo para los municipios de San Andrés y Catemaco, en las localidades de Montepío y Cerro Pipiapan.

Bionomía.- La larva de *Cx. nigripalpus* puede encontrarse en zanjas, piscinas cubiertas por pasto, oquedades y lugares pantanosos de naturaleza permanente o semipermanente. Ocasionalmente se encuentran en agua que se acumula dentro de llantas, bases de hojas naturales y en contenedores artificiales (Carpenter y LaCasse, 1955). Las larvas son capaces de tolerar un amplio rango de condiciones en sus sitios de reproducción, entre ellos la salinidad, la luz del sol, presencia de materia orgánica,

etc. (Belkin et al. 1970). *Culex nigripalpus* es generalmente conocido como una especie de exteriores, pero cuando el número de adultos aumenta estos pueden entrar a las casas. Las larvas y los adultos se pueden encontrar durante todo el año en su distribución sur (Carpenter y LaCasse, 1955). *Culex nigripalpus* es una especie que comúnmente se alimenta de humanos e igualmente se ve atraída hacia las trampas tipo CDC y a trampas que contienen cebos con olor de burro y gallina (Belkin et al., 1970, WRBU, Darsie et al., 2004, Page, 1967).

Importancia médica y veterinaria.- *Culex nigripalpus* es vector del virus de la encefalitis equina venezolana (Torres et al., 2017), encefalitis de San Luis (Richards et al., 2012), virus del oeste del Nilo (Barrera et al., 2010; Godsey et al., 2013; Kading et al., 2013; Kilpatrick et al., 2006; Savage et al., 2008) y virus tensus (May et al., 2014). Esta especie de mosquito en Estados Unidos de América se sabe que puede ser vector del virus del oeste del Nilo (VON) (Kilpatrick et al., 2006; Savage et al., 2008).

Material examinado.- Se capturaron 234 individuos adultos hembra y 10 individuos adultos macho en Campeche, México en cinco tipos de uso de suelo, selva baja subperennifolia, plantación frutal, plantación forestal, ganadero y acahual del 30 de julio al 9 de agosto del 2018. Las muestras fueron diurnas y capturadas con el aspirador (Improved Prokopack Aspirator Model 1419, John W. Hock) y capturadas por Paulina Alcocer Walbey.

Comentarios.- Los individuos de *Cx. nigripalpus* fueron determinados mediante el estudio de terminalia masculinos y con caracteres taxonómicos externos de las hembras.

Discusión

Este estudio describe cómo el cambio de uso de suelo en una región del estado de Campeche, México, modifica las preferencias hematófagas en cinco tipos de uso de suelo, empleando para identificar las especies de vertebrados de los que se alimentaron herramientas de biología molecular. Como se muestra en la Figura 1, existen diferentes patrones dependiendo cada tipo de uso de suelo. Por ejemplo, la plantación frutal que provee refugio para los mosquitos presentó un patrón en el que se encuentran las tres especies de mosquitos capturadas las cuales se alimentaron tanto de mamíferos domésticos como de una gran variedad de aves. Algunas de las especies de las que se alimentaron, principalmente de animales domésticos, no estaban presentes en este tipo de uso de suelo, lo que resalta la importancia de que los mosquitos salgan a consumir alimento y regresen a refugiarse en la dispersión de enfermedades transmitidas por vectores. Otro patrón que se puede observar en la Figura 1, es el tipo de uso de suelo ganadero, en donde se capturaron dos especies de mosquitos, los cuales no sólo se alimentaron de los bovinos u otros animales domésticos presentes en los encierros, sino que se consumieron de sangre de aves, lo que demuestra que los mosquitos no siempre consumen su alimento y reposan en el mismo sitio. En los tipos de uso de suelo de acahual y selva baja perennifolia se esperaba que los mosquitos consumieran sangre de especies silvestres de la región, pero lo que se identificó es que los mosquitos salieron en búsqueda de alimento, como lo fueron bovinos y humanos en este caso. En estos dos casos pueden estar relacionados con el tamaño del fragmento, ya que se sabe que pequeños fragmentos de vegetación primaria o en regeneración (acaahual) principalmente mantienen comunidades de herbívoros (Chiarello, 1999).

Analizando la Figura 1, podemos observar el comportamiento de cada una de las especies de mosquito. Por ejemplo, *Ae. taeniorhynchus* se encuentra presente en

casi todos los tipos de uso de suelo excepto el conservado, y su comportamiento hematófago se vio modificado dependiendo del tipo de suelo en el que fue capturado. Por ejemplo, en el acahual, ganadero y plantación frutal se alimentó de bovinos, aunque estos sólo estaban presentes en el corral de bovinos, mientras que en la plantación frutal y ganadero también se alimentó de caballo y ovino. Este comportamiento alimenticio nos permite observar cómo esta especie está buscando alimento en lugares diferentes a los que descansa y por lo tanto se están modificando sus preferencias hematofagas y está desplazándose a otros tipos de uso de suelo en la búsqueda de alimento. Una situación semejante se puede analizar con *Ae. scapularis*, el cual se capturó en el acahual, ganadero y plantación frutal alimentándose de bovinos en la plantación frutal, de humano en el acahual y de garza en el corral de bovinos, lo cual nos lleva a concluir que esta especie al igual que *Ae. taeniorhynchus* está buscando alimento en lugares diferentes a los que descansa. Con *Cx. nigripalpus* podemos observar que se capturó principalmente en la plantación frutal y en menos número en la selva baja subperennifolia “conservado”, alimentándose principalmente de bovinos y una gran diversidad de aves, se sabe que las plantaciones cafetaleras proveen refugio y alimento a las aves (Komar, 2006), lo cual nos permite entender porque se alimentó de una gran variedad de aves y al igual que las dos especies anteriormente mencionadas salió en busca de alimento como lo son en este caso los bovinos. Por lo anterior podemos concluir que *Cx. nigripalpus* se puede adaptar a las plantaciones frutales donde tiene gran variedad de alimento, pero de igual manera puede salir a buscarlo y regresar a refugiarse.

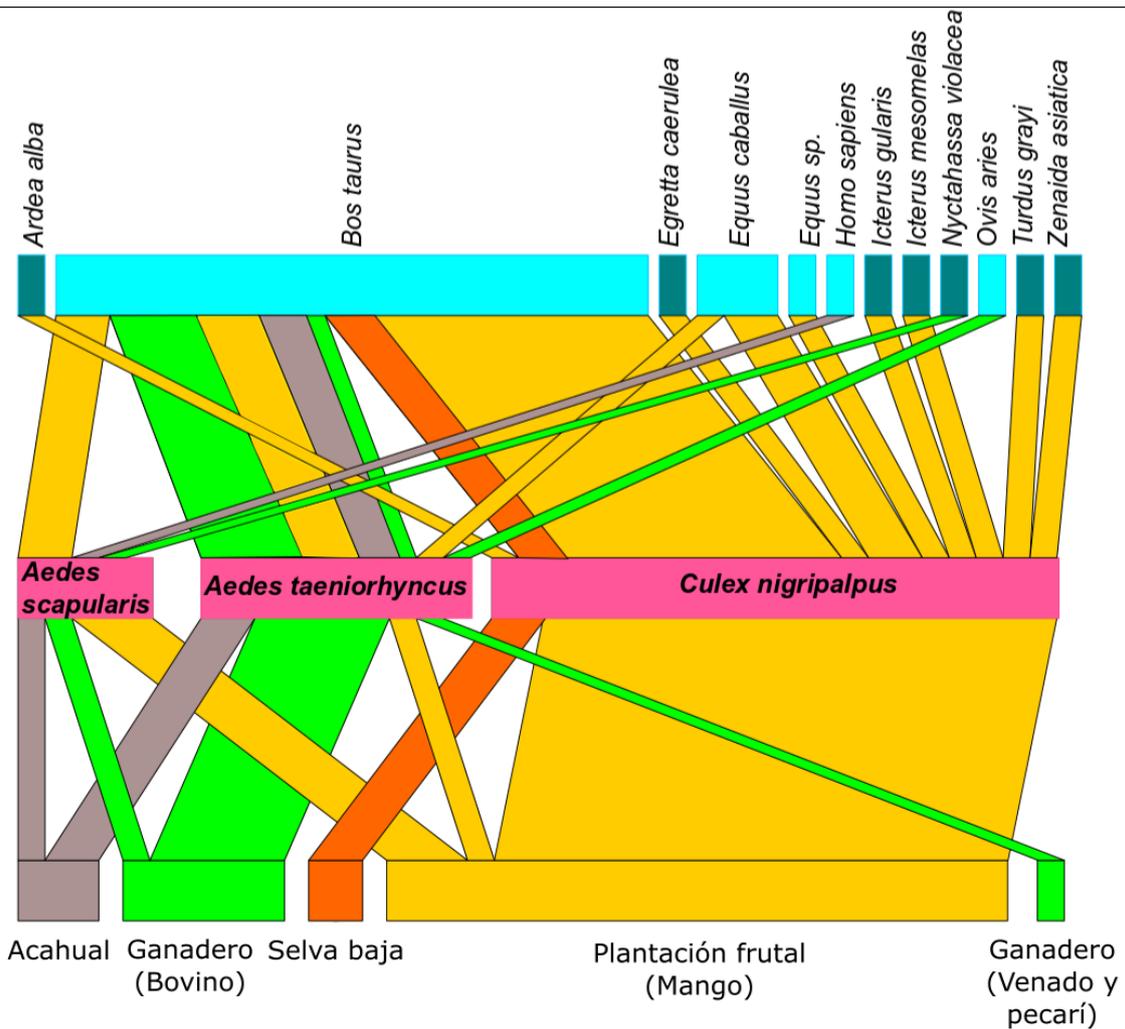


Figura 1.- Red tripartita donde se esquematiza la relación entre el tipo de uso de suelo, las especies de las hembras alimentadas y los vertebrados de los cuales consumieron sangre. En color aqua se resaltan las especies de animales domésticos de las cuales se alimentaron los mosquitos, incluyendo el ser humano y en color azul las especies de aves. El color gris representa el acahual, el verde representa el tipo de uso de suelo ganadero el cual puede ser con bovinos o venados y pecaríes, el naranja la selva baja subperennifolia y el color amarillo la plantación frutal de mango.

La especie *Cx. nigripalpus* puede desarrollarse en lugares naturales o artificiales con una alta tolerancia a la salinidad, luz solar y materia orgánica (Carpenter y LaCasse 1955 y Belkin et al. 1970). Esta plasticidad en su comportamiento le permite estar presente en ambientes tanto conservados como perturbados, en este estudio se capturó esta especie en todos los tipos de uso de suelo con excepción del corral de venados y pecaríes.

En el caso de *Ae. taeniorhynchus*, a diferencia de *Cx. nigripalpus*, ésta no presenta un rango de tolerancia amplio, sino que requiere de zonas pantanosas y salobres (Carpenter y LaCasse 1955). Su rango de vuelo se conoce que puede ser de varias millas en busca de alimento (Carpenter y LaCasse 1955), por lo que esta especie puede estar presente como se observó en este estudio en todos los tipos de uso de suelo, aunque su lugar de reproducción se encuentre retirado de la zona donde fueron capturados. Dado que *Ae. taeniorhynchus* después de alimentarse descansa en la vegetación durante el día se pudieron capturar individuos de esta especie.

Aedes scapularis es una especie plástica, al igual que *Cx. nigripalpus*, con respecto a sus lugares de reproducción, pero igual que *Ae. taeniorhynchus* puede desplazarse largas distancias en busca de alimento. Por todo lo anterior esta es una especie que se ha podido adaptar a zonas rurales y semirurales (Arnell, 1973). En este estudio se ha capturado en la mayoría de los tipos de uso de suelo exceptuando la plantación forestal y el corral de ovinos y pecaríes. Por ejemplo, se sabe que los sabetinos son considerados como buenos indicadores de áreas conservadas, mientras que algunos culícidos como *Ae. scapularis* y *Ae. taeniorhynchus* están relacionados con zonas perturbadas y tienen un comportamiento sinantrópico (de Souza et al., 2012).

Las especies de vertebrados que se conoce de las cuales *Cx. nigripalpus* se puede alimentar son aves y mamíferos, entre ellos el ser humano (Kilpatrick et al., 2006). Se ha encontrado que se alimenta de bovinos (*Bos taurus*), caballos (*Equus ferus caballus*), humano (*Homo sapiens*), gallina (*Gallus gallus domesticus*), pavo (*Meleagris gallopavo*), perro (*Canis lupus familiaris*), iguana verde (*Iguana iguana*), lagarto (*Gambelia* spp), búho (*Strix* spp.), mirlo (*Turdus grayi*), zanate (*Quiscalus mexicanus*), garza tigre mexicana (*Tigrisoma mexicanum*), calandria de Baltimor (*Icterus galbula*), vireo ojiblanco (*Vireo griseus*), garza nocturna cabeziblanca (*Nyctanassa violacea*) (Kading et al., 2013), roedores (*Rodentia* spp) (Cristina de Carvalho et al., 2014), lechuza de campanario (*Tyto alba*) (Efstathion et al., 2019), mochuelo caburé (*Glaucidium brasilianum*), batará barrado (*Thamnophilus doliatus*), pato silbón de ala blanca (*Dendrocygna autumnalis*), zarigüeya lanuda parda (*Caluromys philander*), guazo (*Mazama americana*) y murciélago de campamento (*Uroderma bilobatum*) (Kang et al., 2019). Las especies anteriormente mencionadas

de las cuales se ha identificado que se puede alimentar *Cx. nigripalpus*, nos permiten conocer la plasticidad de la cual es capaz esta especie al alimentarse de distintos grupos taxonómicos.

En el presente estudio, las amplificaciones de vertebrados que se obtuvieron coinciden con las preferencias hematófagas de *Cx. nigripalpus*, ya que se alimentó primordialmente de bovinos y de una gran variedad de aves. En la plantación de mango se alimentaron principalmente de bovinos (10) y équidos (3), lo que evidencia que están saliendo a buscar alimento, pero en la misma proporción se alimentaron de diversas especies de aves (10). En la selva conservada se encontraron dos individuos que se alimentaron de bovinos. Con esta información podemos interpretar la factibilidad de elegir entre las aves que están presentes en la plantación o la selva conservada o los mamíferos domésticos que se encuentran alejados de estas, en la mayoría de los casos prefiriendo salir a buscar a los bovinos.

Las preferencias hematófagas de *Ae. taeniorhynchus* son principalmente de mamíferos incluyendo al ser humano (Molaei et al., 2008; Savage et al., 2008). Se ha identificado que se alimenta de humano (*Homo sapiens*), bovino (*Bos taurus*), león marino de las Galápagos (*Zalophus wollebaeki*), cerdo (*Sus scrofa*), iguana marina (*Amblyrhynchus cristatus*), tortuga de las Galápagos (*Geochelone nigra*), conmorán de las Galápagos (*Phalacrocorax harrisi*) (Bataille et al., 2012), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Apperson et al., 2004) y conejo (*Oryctolagus cuniculus*) (Molaei et al., 2008). Aunque se conoce como una especie de mosquito que se alimenta principalmente de mamíferos, se han identificado especies de reptiles y aves, lo que evidencia que es una especie mucho más plástica de lo que se pensaba.

Los individuos capturados de *Ae. taeniorhynchus* se alimentaron principalmente de bovinos (9), un caballo y un borrego. Basándonos en el comportamiento de esta especie podemos inferir que viajan largas distancias para alimentarse (Carpenter, 1955) y después de consumir sangre descansan en la vegetación (WRBU) y vuelven a emprender el viaje a sus lugares de oviposición ya que esta puede tardar de 2 a 4 días (Becker y Dahl, 2010). Este comportamiento explica su presencia en los corrales de bovinos y en el de venados y pecaríes. Aunque la especie puede adaptarse a lugares boscosos donde exista agua dulce en charcos temporales (Becker y Dahl,

2010), esto puede explicar que esté presente en tipos de uso de suelo boscosos que están cerca de un río como la plantación frutal y el acahual que se encuentra cerca de una laguna.

Las especies de vertebrados de las cuales se conoce que *Ae. scapularis* puede alimentarse son de aves y mamíferos incluyendo a los humanos (Mucci et al., 2015). *Aedes scapularis* presenta una alimentación oportunista ya que se alimenta de sangre de humanos (*Homo sapiens*), primates no humanos (*Primates* spp.) (Marassá et al., 2009), ave (*Aves* spp.), gato (*Felis catus*), bovino (*Bos taurus*), perro (*Canis lupus familiaris*), caballo (*Equus ferus caballus*), roedor (*Rodentia* spp) (Lorosa et al., 2010), mapache (*Procyon lotor*) (Dos Santos Silva et al., 2012), gallina (*Gallus gallus domesticus*) y conejo (*Oryctolagus cuniculus*) (Stein et al., 2013). Los hallazgos de las especies de las cuales se ha identificado que se alimenta esta especie de mosquito coinciden con mamíferos y aves, lo cual nos permite identificarla como una especie plástica.

En este estudio se encontró que *Ae. scapularis* se alimenta de bovinos (3), de garza nocturnas corona clara (2) y humano (1), lo cual coincide con estudios previos. Ya que su comportamiento es más plástico y puede viajar grandes distancias se explica porque en la plantación de mango consumió sangre de bovino, en los corrales de bovinos sangre de garza y en el acahual sangre de humano. Aunque al ser de comportamiento alimenticio crepuscular nocturno (Arnell, 1976) pudieron haber consumido sangre de humano mientras se realizaba el muestreo ecológico con las trampas tipo CDC.

Navia-Gine y colaboradores (2013) mencionan que los sitios donde animales domésticos grandes dominan la biomasa, muchas especies de mosquitos muestran poca especificidad al momento de su alimentación hematófaga y se alimentan de hospederos en proporción del tamaño de su biomasa (Navia-Gine et al., 2013). Esto puede tener implicaciones importantes en el rol que tienen los animales domésticos en los patrones de las enfermedades transmitidas por vectores. Al haber analizado que las tres especies de mosquitos identificadas en este trabajo se alimentaron principalmente de especies domésticas, dígame de bovinos y caballos, se resalta la

importancia del estudio del rol de las especies domésticas como reservorios de enfermedades transmitidas por vectores.

Las preferencias hematófagas de *Ae. taeniorhynchus* que se identificaron en este trabajo (bovino, caballo y borrego) pone en la mira esta especie de mosquito para la investigación de su importancia en la transmisión de enfermedades principalmente hacia caballos. A continuación, se enlistan las enfermedades que han sido asociadas a *Ae. taeniorhynchus* divididas por su importancia veterinaria, médica y virus que afectan a los mosquitos y con asterisco “*” están marcadas las enfermedades que se encuentran en México.

- Importancia en salud animal:
 - Filariasis canina (*Dirofilaria immitis*) (Labarthe y Guerrero, 2005; Manrique-Saide et al., 2010)
 - Virus Yunnan (Méndez-López et al., 2015)
 - Malaria aviar (*Plasmodium* spp.) (Asigau y Parker, 2018; Carlson et al., 2011)*

- Importancia en salud pública y animal:
 - Virus de la encefalitis equina venezolana (Deardorff y Weaver, 2010; Smith et al., 2007; Torres et al., 2017)*
 - Virus del oeste del Nilo (Barrera et al., 2010; Eastwood et al., 2013)*
 - Virus de la encefalitis de San Luis (Hribar et al., 2010)*
 - *Haemoproteus* spp. y *Hepatozoon* spp. (Bataille et al., 2012)
 - Virus de la fiebre amarilla (de Abreu et al., 2019)

- Importancia en salud pública:
 - Virus del zika (Ayres et al., 2019)*

- Virus que afectan a mosquitos:
 - Virus Uxmal (Charles et al., 2018)*

Se sabe que, en Estados Unidos de América, *Cx. nigripalpus* puede ser vector del virus del oeste del Nilo (VON) (Kilpatrick et al., 2006; Savage et al., 2008). Con las preferencias hematófagas que fueron identificadas (aves y caballos) en este trabajo resalta la importancia de la identificación de VON en esta especie de mosquito y si los bovinos pueden formar parte del ciclo de transmisión. Por ejemplo; *Turdus grayi*, una de las especies que se identificaron como fuente de alimento en este trabajo, se encuentra frecuentemente infectada con VON (Kading et al., 2013). A continuación, se enlistan las enfermedades que han sido identificadas en esta especie divididas por su importancia veterinaria y médica y con asterisco “*” están marcadas las enfermedades que se encuentran en México.

- Importancia en salud pública y animal:
 - Virus de la encefalitis equina venezolana (Torres et al., 2017)*
 - Virus de la encefalitis de San Luis (Richards et al., 2012)*
 - Virus del oeste del Nilo (Barrera et al., 2010; Godsey et al., 2013; Kading et al., 2013; Kilpatrick et al., 2006; Savage et al., 2008)*

- Importancia en salud pública:
 - Virus tennessee (May et al., 2014)

En el presente trabajo se encontró que *Ae. scapularis* se alimenta de bovinos, humanos y un ave. Es muy importante considerar todas las enfermedades que se encuentran asociadas a esta especie pueden afectar a los vertebrados de los que se alimenta. A continuación, se enlistan las enfermedades que han sido identificadas en esta especie divididas por su importancia veterinaria, médica y virus que afectan a los mosquitos y con asterisco “*” están marcadas las enfermedades que se encuentran en México.

- Importancia en salud animal:
 - Filariasis canina (*Dirofilaria immitis*) (Labarthe y Guerrero, 2005)*

- Importancia en salud pública y animal:
 - Virus de la encefalitis de San Luis (Díaz et al., 2012)*

- Virus Ilheus (Pauvolid-Corrêa et al., 2013)*
- Virus bunyamwera (Tauro et al., 2015)
- Virus de la fiebre amarilla (Mucci et al., 2015)

- Importancia en salud pública:
 - Virus Mayaro (Muñoz y Navarro, 2012)*
 - *Dermatobia hominis* (Marchi et al., 2012)*
 - Virus Rocio (Petersen et al., 2015)
 - *Wuchereria bancrofti* (Petersen et al., 2015)

- Virus que afectan a mosquitos:
 - Virus Melao (Petersen et al., 2015)*

Las enfermedades anteriormente mencionadas nos permiten observar el gran número de enfermedades virales y parasitarias que están asociadas con *Ae. taeniorhynchus*, *Cx. nigripalpus* y *Ae. scapularis* las cuales afectan tanto la salud humana como animal. Al conocer el gran número de microorganismos asociados a estas especies de mosquitos podemos plantear la implicación del cambio de uso de suelo ya que favorece la presencia de estas especies plásticas capaces de adaptarse a sitios modificados al igual que alimentarse de las especies domésticas.

En Sudáfrica se ha podido identificar la presencia del virus del oeste del Nilo en el caso de una vaca Ayshire (*Bos taurus*) y una cabra Boer (*Capra aegagrus hircus*) que presentaban signos neurológicos. Este hallazgo demuestra la importancia de la vigilancia epidemiológica en otras especies domésticas (Venter et al., 2017). El caballo y el humano, al ser las especies más afectadas, son en las que se realiza un estrecho monitoreo (Venter et al., 2017).

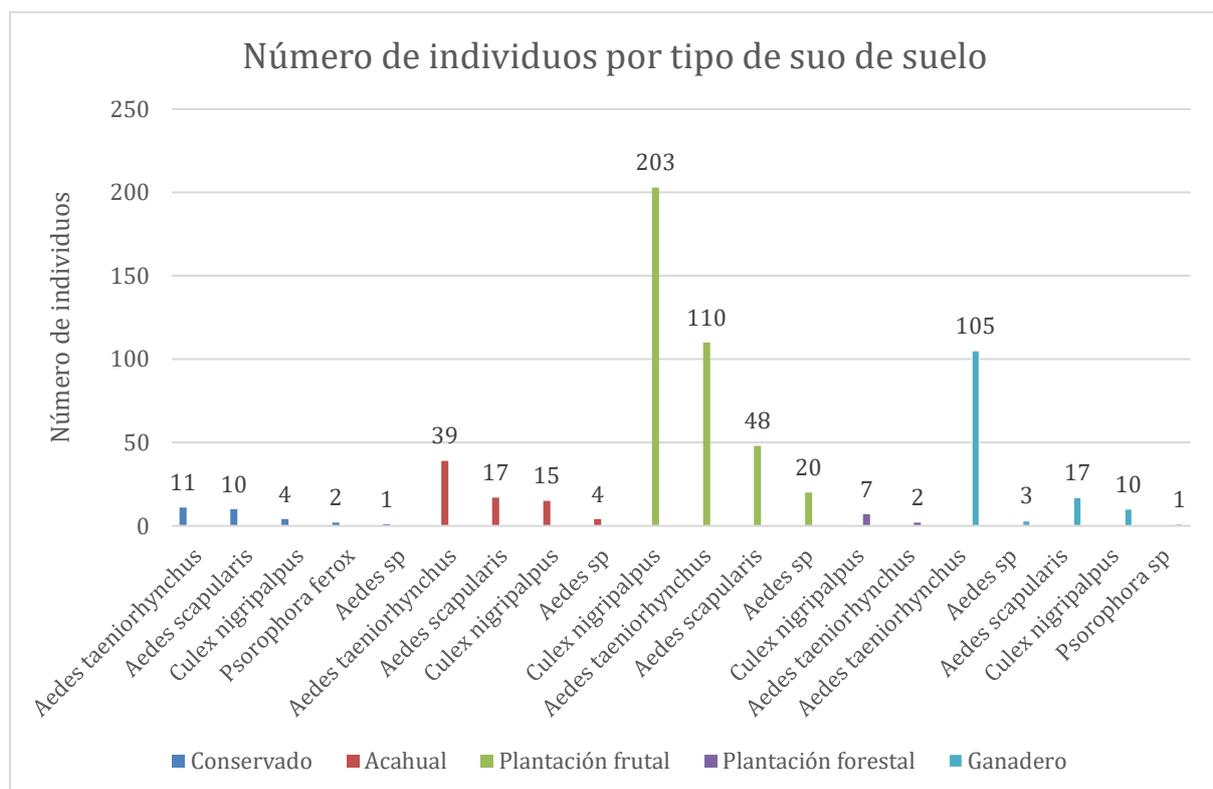
En los cinco tipos de uso de suelo, donde se obtuvieron las amplificaciones de las preferencias hematófagas de las tres especies de mosquitos anteriormente mencionadas, se puede observar su comportamiento hematófago. Las plantaciones frutales al proveer suficiente sombra y abundante vegetación secundaria para el descanso de los mosquitos permiten que estos puedan alimentarse y descansar en

el mismo sitio. En la selva perennifolia *Cx. nigripalpus* salió a alimentarse de bovino y regresó a descansar ya que la selva provee abundante sombra, lugares para ovopositor y vegetación primaria. En el corral de bovinos al estar rodeado por arbustos, vegetación secundaria y pastizales en zonas sombreadas provee un lugar de reposo para los mosquitos. A diferencia del corral de bovinos, el de venados y pecaríes presentaba poca sombra, lo que no es un problema para *Ae. taeniorhynchus* ya que se sabe que pueden descansar en lugares sin sombra cuando tienen una alta densidad poblacional (Becker y Dahl, 2010). En el acahual que presenta primordialmente vegetación secundaria y árboles de tinto *Ae. scapularis* y *Ae. taeniorhynchus* salieron a alimentarse de humano y bovinos respectivamente, obteniendo en este lugar suficientes lugares de reposo.

La dominancia de las especies capturadas en el presente trabajo se relaciona con la plasticidad que anteriormente se ha mencionado. La especie con mayor dominancia fue *Ae. Taeniorhynchus*, ya que se encuentra presente en todos los tipos de uso de suelo, seguida de *Cx nigripalpus* y *Ae. scapularis*; y la especie con menor dominancia fue *Ps. ferox* con 0.31%. La gráfica 10 esquematiza la distribución por tipo de uso de suelo de las especies capturadas, donde sobresale el número de individuos capturados en la plantación frutal (mango), esto se puede deber a que este tipo de uso de suelo provee refugio y alimento principalmente para una gran diversidad de aves, como se ha estudiado en las plantaciones de café (Komar, 2006). En la plantación forestal fue donde se capturó la menor riqueza y abundancia de especies, esto se puede deber a que en las plantaciones forestales se ha reportado que existe una menor biodiversidad de especies de vertebrados por ser plantaciones de monocultivos de árboles, las cuales no proveen el suficiente alimento para mantener una amplia diversidad de especies (Stephens y Wagner, 2007).

Comparando todos los corrales, el de bovino fue en el que se capturó el mayor número de individuos (86) con una dominancia de la especie *Ae. taeniorhynchus* de 75 individuos, esto se puede deber a la cantidad de sombra y de zonas de reposo que se encontraban alrededor del corral, a diferencia del corral de venados y pecaríes que no tenía tantos lugares con sombra y sólo se capturó un total de 5 individuos de la misma especie. El corral de ovinos al igual que la selva fueron los lugares con mayor riqueza de especies dado que sólo en estos dos sitios se capturó el género

Psorophora. La plantación de mango (381 individuos) en comparación con la plantación de tinto (9 individuos) que presenta árboles maduros y vegetación secundaria y la plantación de tinto tiene árboles jóvenes y muy poca vegetación secundaria. En la plantación de mango las especies dominantes son *Ae. taeniorhynchus* (110) y *Cx. nigripalpus* (203), ya que estas dos especies son capaces de adaptarse a ambientes perturbados (Carpenter y LaCasse 1955). La selva conservada y el acahual se comportaron de manera semejante teniendo como especie dominante a *Ae. taeniorhynchus* seguido de *Ae. scapularis* y por último *Cx nigripalpus*, en la selva si se capturó a *Ps. ferox*, las especies se pueden comportar de manera semejante ya que estas se pueden adaptar a ambientes naturales y perturbados. Las actividades humanas provocan cambios ecológicos que afectan las comunidades de vertebrados e invertebrados, estas pueden favorecer el aumento en la abundancia de algunas especies y por lo tanto conlleva a la pérdida de biodiversidad (McKinney, 2008). El aumento en la dominancia de especies de vectores o/y hospederos al igual que las condiciones ecológicas pueden favorecer el contacto interespecie y por lo tanto la frecuencia de transmisión de patógenos (Ferraguti et al., 2016).



Gráfica 10.- Número de mosquitos capturados por tipo de uso de suelo.

En México se han realizado tres investigaciones con respecto a las preferencias hematófagas de los mosquitos, siendo estos de Loyola et al., 1993 donde capturaron un total de 10,474 hembras alimentadas de la especie *An. albimanus* en dos años en el estado de Chiapas (Loyola et al., 1993), García-Rejón et al., 2010 donde capturaron un total de 658 hembras alimentadas de *Cx. quinquefasciatus* de enero a diciembre del 2005 en el estado de Yucatán (García-Rejón et al., 2010) y Abella-Medrano et al., 2018 capturó 90 hembras alimentadas de cuatro especies durante un año en el estado de Veracruz (Abella-Medrano et al., 2018). Dos de los trabajos anteriormente mencionados sólo se enfocaron en una especie de mosquito y sólo uno trabajó con todas las especies capturadas. En el presente trabajo se obtuvo un esfuerzo de muestreo de 644 hembras alimentadas de cinco especies de mosquitos en 11 días en la temporada de lluvia en el estado de Campeche, representando el mayor número de capturas de hembras alimentadas. El análisis molecular de las preferencias hematófagas de los mosquitos nos permitió conocer de que se están alimentando los mosquitos en diferentes tipos de uso de suelo, lo que nos permite resaltar la importancia de realizar estudios de esta índole.

Conclusiones

En el presente trabajo se pudo identificar que el cambio de uso de suelo hacia zonas agrícolas tanto forestales como frutales y la ganadería modifican las preferencias hematófagas de tres especies de mosquitos en el estado de Campeche, México. Conociendo la presión antropogénica del estado de Campeche por los proyectos anteriormente mencionados (“Sembrando vida” y “Tren Maya”) es que se enfatiza en la relevancia de este tipo de estudios para poder monitorear las modificaciones en los sitios de riesgo para la salud pública y animal.

De las tres especies de mosquitos que fueron capturadas se encontró en la revisión bibliográfica que están asociadas a una considerable diversidad de patógenos que se encuentran presentes en México. Este estudio nos permite evidenciar la importancia del monitoreo epidemiológico de animales domésticos, como lo son los bovinos, del

cual se alimentaron las tres especies de mosquitos muestreados y que se conoce están asociados a enfermedades zoonóticas.

Para poder conocer cómo es el comportamiento de estas tres especies durante todo el año se necesitaría un estudio longitudinal que permita evaluar si es constante el cambio de las preferencias hematófagas en las diferentes estaciones del año. De igual manera es importante considerar como las plantaciones frutales están proveyendo a estas especies de refugio y alimento. Es necesario en un futuro realizar un estudio de los patógenos asociados a estas especies de mosquitos para conocer cuáles son los que están presentes en la región. Por todo lo anterior este estudio nos permite plantear la importancia del cambio de uso de suelo en la salud humana y animal desde la perspectiva del cambio en las preferencias hematófagas.

Abreviaturas

<i>Ae. scapularis</i>	<i>Aedes scapularis</i>
<i>Ae. taeniorhynchus</i>	<i>Aedes taeniorhynchus</i>
<i>Cx. nigripalpus</i>	<i>Culex nigripalpus</i>
<i>Ps. ferox</i>	<i>Psorophora ferox</i>
<i>An. albimanus</i>	<i>Anopheles albimanus</i>
PCR	Reacción en cadena de polimerasa
WRBU	Walter Reed Biosystematics Unit
OMS	Organización mundial de la salud
VON	Virus del oeste del Nilo
EEV	Encefalitis equina venezolana
UMA	Unidad de manejo animal
ETV's	Enfermedades transmitidas por vectores

Glosario

Selva baja subperennifolia: Este tipo de ecosistema está caracterizado por árboles bajos no mayores de 15 metros, generalmente con los troncos muy torcidos; la densidad de los árboles puede ser bastante grande. Abundan los árboles espinosos y debido a la densidad de su vegetación es difícil su penetración, especialmente en época de lluvias. Las diez especies arbóreas con mayor valor de importancia relativa en la SBQ son: Palo tinto (*Haematoxylon campechianum*), Chicozapote Sak-yá (*Manilkara zapota*), Chechem (*Metopium brownei*), boob ch'iich' (*Coccoloba cozumelensis*), Pukte' (*Bucida buceras*), Dzidzilché (*Gymnopodium floribundum*), Yaite (*Gymnanthes lucida*), Chacah (*Bursera simaruba*), Pomol ché (*Jatropha gaumeri*) y Sak paj (*Byrsonima bucidaefolia*) (Romero-Montero y Ellis, 2016).

Vegetación primaria: La “Vegetación primaria” se define como la vegetación que conserva en su mayoría, su condición de densidad, cobertura y número de especies del ecosistema original (primario) (Rzedowski J., et al., 2006).

Vegetación secundaria: Se incluye bajo esta categoría a las comunidades naturales de plantas que se establecen como consecuencia de la destrucción total o parcial de la vegetación primaria o clímax, realizada directamente por el hombre o por sus animales domésticos. Una comunidad secundaria tiende a desaparecer y no persiste durante un periodo largo, sino que da lugar a otra y ésta, a su vez, a otra, determinándose de esta manera una sucesión que, a través del tiempo, conduce por lo común nuevamente a la comunidad clímax, Una comunidad secundaria, sin embargo, puede también mantenerse indefinidamente como tal si persiste el disturbio que la ocasionó, o bien si el hombre impide su ulterior transformación. Tal efecto se logra frecuentemente con el pastoreo, con el fuego o con ambos factores combinados, prácticas bastante comunes en México (Rzedowski, 2006)

Infección: Se define como el ingreso y el desarrollo de un agente infeccioso en el cuerpo tanto humano como animal, sin que necesariamente manifiesten la enfermedad (Barreto et al., 2006).

Enfermedad infecciosa: Una enfermedad infecciosa es provocada por microorganismos patógenos como bacterias, virus, parásitos u hongos; estas enfermedades pueden propagarse de manera directa o indirecta, de un ser vivo a otro (OMS).

Vector: Los vectores son organismos vivos que son capaces de transmitir patógenos infecciosos entre humanos o de animales a humanos. La mayoría de los vectores son insectos que se alimentan de sangre, los cuales al alimentarse de la sangre de reservorios infectados (humanos o animales) ingieren microorganismos capaces de producir enfermedades. Al infectarse y replicar el patógeno son capaces de transmitir los microorganismos a nuevos hospederos. Generalmente cuando un vector se infecta este es capaz de transmitir el patógeno durante su vida cada vez que se alimenta de sangre en nuevos hospederos (OMS).

Hospedero: Un organismo que en condiciones naturales permite la subsistencia de un agente infeccioso específico (Barreto et al., 2006).

Reservorio: El reservorio es uno o más poblaciones conectadas epidemiológicamente o ambientes en los cuales el patógeno puede mantenerse de manera permanente y en el cual la infección es transmitida hacia la población definida como objetivo (hospedero). La existencia de un reservorio se confirma cuando la infección dentro de la población objetivo no puede mantenerse después de que la transmisión entre las poblaciones objetivo y no objetivo ha sido eliminada (Haydon et al., 2002).

Contacto: Para que ocurra la infección en un nuevo hospedero suceda debe de existir la oportunidad de que un hospedero susceptible se exponga al agente infeccioso; esto quiere decir que debe de existir el contacto entre el agente y el hospedero. Este contacto puede ser indirecto o indirecto, dependiendo en el método de transmisión del agente. Cuando este agente es transmitido de manera efectiva a un nuevo hospedero este es un contacto efectivo (Barreto et al., 2006).

Anexos



Fotografía 1.- Lado izquierdo tipo de uso de suelo acahual y lado derecho el tipo de uso de suelo de selva baja subperennifolia “conservado”.



Fotografía 2.- Tipo de uso de suelo plantación frutal “mango” *Mangifera indica*.



Fotografía 3.- Tipo de uso de suelo plantación forestal “tinto” *Haematoxylum campechianum*.



Fotografía 4.- Tipo de uso de suelo ganadero, corral de bovinos.



Fotografía 5.- Tipo de uso de suelo ganadero, corrales de pecaríes y tepescuincles.



Fotografía 6.- Tipo de uso de suelo ganadero, corrales de pecaríes.



Fotografía 7.- Tipo de uso de suelo ganadero, corral de iguanas.



Fotografía 8.- Tipo de uso de suelo ganadero, corral de venados y pecaríes.



Fotografía 9.- Tipo de uso de suelo de selva baja subperennifolia "conservado".



Fotografía 10.- Tipo de uso de suelo ganadero, corral de bovinos.



Fotografía 11.- Tipo de uso de suelo acahual.



Fotografía 12.- Tipo de uso de suelo ganadero, corral de venados.

Bibliografía

- Abella-Medrano, C.A., Ibáñez-Bernal, S., Carbó-Ramírez, P. and Santiago-Alarcon, D. (2018), "Blood-meal preferences and avian malaria detection in mosquitoes (Diptera: Culicidae) captured at different land use types within a neotropical montane cloud forest matrix", *Parasitology International*, Vol. 67 No. 3, pp. 313–320.
- Abella-Medrano, C.A., Ibáñez-Bernal, S., Macgregor-Fors, I. and 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*, Vol. 8, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-015-1086-9>.
- de Abreu, F.V.S., Ribeiro, I.P., Ferreira-de-Brito, A., Santos, A.A.C. dos, de Miranda, R.M., Bonelly, I. de S., Neves, M.S.A.S., et al. (2019), "Haemagogus leucocelaenus and Haemagogus janthinomys are the primary vectors in the major yellow fever outbreak in Brazil, 2016–2018", *Emerging Microbes and Infections*, Taylor and Francis Ltd., Vol. 8 No. 1, pp. 218–231.
- Alcaide, M., Rico, C., Ruiz, S., Soriguer, R., Muñoz, J. and Figuerola, J. (2009), "Disentangling vector-borne transmission networks: A universal DNA barcoding method to identify vertebrate hosts from arthropod bloodmeals", *PLoS ONE*, Vol. 4 No. 9, pp. 1–6.
- Ali, S., Gugliemini, O., Harber, S., Harrison, A., Houle, L., Ivory, J., Kersten, S., et al. (2017), "Environmental and Social Change Drive the Explosive Emergence of Zika Virus in the Americas", *PLoS Neglected Tropical Diseases*.
- Apperson, C.S., Hassan, H.K., Harrison, B.A., Savage, H.M., Aspen, S.E., Farajollahi, A., Crans, W., et al. (2004), *Host Feeding Patterns of Established and Potential Mosquito Vectors of West Nile Virus in the Eastern United States*, *VECTOR-BORNE AND ZOONOTIC DISEASES*, Vol. 4.
- Arnell, J. H. 1973. Mosquito Studies (Diptera: Culicidae) XXXII. A Revision of the genus *Haemagogus*. Contributions of the American Entomological Institute Bionomics And Medical Importance. 10.
- Arnell, J. H. 1976. Mosquito Studies (Diptera, Culicidae) XXXIIL A Revision of the Scapularis group of *Aedes* (*Ochlerotatus*). Contribution from project "Mosquitoes of Middle America". Vol. 13, no. 3.
- Asigau, S. and Parker, P.G. (2018), "The influence of ecological factors on mosquito abundance and occurrence in Galápagos", *Journal of Vector Ecology*, Vol. 43 No. 1, pp. 125–137.
- Ayres, C.F.J., Guedes, D.R.D., Paiva, M.H.S., Morais-Sobral, M.C., Krovovsky, L., Machado, L.C., Melo-Santos, M.A.V., et al. (2019), "Zika virus detection, isolation and genome sequencing through Culicidae sampling during the epidemic in Vitória, Espírito Santo, Brazil", *Parasites and Vectors*, BioMed Central Ltd., Vol. 12 No. 1, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-019-3461-4>.
- Barrera, R., Mackay, A., Amador, M., Vasquez, J., Smith, J., Díaz, A., Acevedo, V., et al. (2010), "Mosquito Vectors of West Nile Virus During an Epizootic Outbreak in Puerto Rico", *Journal of Medical Entomology*, Oxford University Press (OUP), Vol. 47 No. 6, pp. 1185–1195.
- Barreto, M.L., Teixeira, M.G. and Carmo, E.H. (2006), "Infectious diseases epidemiology", *Journal of Epidemiology and Community Health*, 1 March.
- Bataille, A., Fournié, G., Cruz, M., Cedeño, V., Parker, P.G., Cunningham, A.A. and Goodman, S.J. (2012), "Host selection and parasite infection in *Aedes taeniorhynchus*, endemic disease vector in the Galápagos Islands", *Infection, Genetics and Evolution*, Vol. 12 No. 8, pp. 1831–1841.
- Batovska, J., Blackett, M.J., Brown, K. and Lynch, S.E. (2016), "Molecular identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in southeastern Australia", *Ecology and Evolution*, John Wiley and Sons Ltd, Vol. 6 No. 9, pp. 3001–3011.
- Becker, N. and Dahl, C. (2010), *Mosquitoes and Their Control*, Springer, Vol. 1, available

- at:<https://doi.org/10.1136/bmj.1.4184.408>.
- Belkin, J. N. Heinemann S. J. y Page W. A. 1970. Mosquito studies (Diptera, Culicidae) XXI. The Culicidae of Jamaica. *Contr. Amer. Ent. Inst.* 6(1):1-458.
- Bohart, R. M. 1954. Identification of first stage larvae of California Aedes (Diptera, Culicidae). *Annals of the Entomological Society of America* 47:355-366.
- Breland, O.P. 1951. The immature stages of Aedes infirmatus Dyar and Knab with notes on related species (Diptera: Culicidae). *Ann. ent. Soc. Am.* 44:362-371.
- Brook, B.W., Sodhi, N.S. and Ng, P.K.L. (2003), "Catastrophic extinctions follow deforestation in Singapore", *Nature*, Vol. 424 No. 6947, pp. 420–423.
- Brown, R., Hing, C.T., Fornace, K. and Ferguson, H.M. (2018), "Evaluation of resting traps to examine the behaviour and ecology of mosquito vectors in an area of rapidly changing land use in Sabah, Malaysian Borneo", *Parasites and Vectors*, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-018-2926-1>.
- Brugman, V.A., Hernández-Triana, L.M., Prosser, S.W.J., Weland, C., Westcott, D.G., Fooks, A.R. and Johnson, N. (2015), "Molecular species identification, host preference and detection of myxoma virus in the Anopheles maculipennis complex (Diptera: Culicidae) in southern England, UK", *Parasites & Vectors*, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-015-1034-8>.
- Burkett-Cadena, N.D. and Vittor, A.Y. (2018), "Deforestation and vector-borne disease: Forest conversion favors important mosquito vectors of human pathogens", *Basic and Applied Ecology*, available at:<https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.09.012>.
- Carpenter, S. y LaCasse, W. J. 1955. The mosquitoes of North America. Univ. of Calif. Press, Berkeley, vi 360, pag 120-122, 224-226, 282-284, 238-240.
- Carlson, J.S., Martínez-Gómez, J.E., Cornel, A., Loiseau, C. and Sehgal, R.N.M. (2011), "Implications of Plasmodium parasite infected mosquitoes on an insular avifauna: The case of Socorro Island, México", *Journal of Vector Ecology*, Vol. 36 No. 1, pp. 213–220.
- CBOL, (2020), www.barcoding.si.edu, accessed on 16 September 2020.
- Charles, J., Tangudu, C.S., Hurt, S.L., Tumescheit, C., Firth, A.E., Garcia-Rejon, J.E., Machain-Williams, C., et al. (2018), "Detection of novel and recognized RNA viruses in mosquitoes from the Yucatan Peninsula of Mexico using metagenomics and characterization of their in vitro host ranges", *Journal of General Virology*, Microbiology Society, Vol. 99 No. 12, pp. 1729–1738.
- Chaverri L G., Culicidae (Mosquitos, Zancudos), Key to the genera of Culicidae of Central America, Brown, Brian & Borkent, Art & Cumming, Jeffrey & Wood, D. & Woodley, Norman & Zumbado Arrieta, Manuel, Manual of Central American Diptera, Volume 1, (2009).
- Chaves, L.F., Harrington, L.C., Keogh, C.L., Nguyen, A.M. and Kitron, U.D. (2010), "Blood feeding patterns of mosquitoes: Random or structured?", *Frontiers in Zoology*, available at:<https://doi.org/10.1186/1742-9994-7-3>.
- Chiarello, A.G. (1999), "Chiarello, A. G., 1999.pdf", Vol. 89.
- Coher, E. I. 1948 (1949). A study of the female genitalia of Culicidae; with particular reference to characters of generic value. *Ent. am. (N.S.)* 28:75-112.
- Comisión asuntos frontera Sur, Ficha técnica del tren maya: aspectos legislativos, ambientales, económicos y socioculturales, (2019).
- Cristina de Carvalho, G., dos Santos Malafronte, R., Miti Izumisawa, C., Souza Teixeira, R., Natal, L. and Toledo Marrelli, M. (2014), *Blood Meal Sources of Mosquitoes Captured in Municipal Parks in São Paulo, Brazil*, *Journal of Vector Ecology*, Vol. 39.
- Darsie, R. F. y Day, J. F. 2003. Studies of the genus Culex Linnaeus in Florida. I. Redescription of the pupae of Culex nigripalpus Theobald and Cx. tarsalis Coquillett, vectors of St. Louis encephalitis, and a key to pupae of Culex species in the eastern United States (Diptera: Culicidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 105:100-107.
- Darsie, Jr. R. y Day, J. F. 2004. Studies of the Genus Culex in Florida II. Redescription of the Fourth Instar of Culex nigripalpus. *Journal of the American Mosquito Control Association* 20:110-114.

- Darsie, R. F. 1951. Pupae of the Culicine Mosquitoes of the Northeastern United States: Diptera, Culicidae, Culicini. Cornell University Agricultural Experiment Station.
- David E. Schindel, S.E.M. (2005), "DNA barcoding a useful tool for taxonomist", *Nature*, Vol. 435 No. 17, available at: <https://doi.org/10.1038/435017b>.
- Deardorff, E.R. and Weaver, S.C. (2010), "Vector competence of *Culex (Melanoconion) taeniopus* for equine-virulent subtype IE strains of Venezuelan equine encephalitis virus", *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 82 No. 6, pp. 1047–1052.
- Díaz, L.A., Llinás, G., Vázquez, A., Tenorio, A. and Contigiani, M.S. (2012), "Silent circulation of St. Louis encephalitis virus prior to an encephalitis outbreak in Cordoba, Argentina (2005)", *PLoS Neglected Tropical Diseases*, Vol. 6 No. 1, available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001489>.
- Díaz-Nájera, A. y Vargas, L. 1973. Mosquitos mexicanos, distribución geográfica actualizada. *Rev Inv Salud Pública (Mex)* 33.
- Dyar, H. G. y Knab, F. 1907. Descriptions of some American mosquitoes. *J. N. Y. ent. Soc.* 15:9-13.
- Eastwood, G., Goodman, S.J., Cunningham, A.A. and Kramer, L.D. (2013), "*Aedes taeniorhynchus* vectorial capacity informs a pre-emptive assessment of west nile virus establishment in galápagos", *Scientific Reports*, Vol. 3, available at: <https://doi.org/10.1038/srep01519>.
- Efstathion, C.A., Burkett-Cadena, N.D. and Kern, W.H. (2019), "PREFLEDGING MORTALITY AND THE ABUNDANCE OF MOSQUITOES BITING NESTLING BARN OWLS (TYTO ALBA) IN FLORIDA, USA", *Journal of Wildlife Diseases*, Vol. 55 No. 3, p. 597.
- Ellis, E.A., Hernández-Gómez, I.U. and Romero-Montero, J.A. (2017), "Los procesos y causas del cambio en la cobertura forestal de la Península Yucatán, México", *Ecosistemas*, Vol. 26 No. 1, pp. 101–111.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R., Meritt, D., Estrada, J.A. and Jr, M.D. (1994), *Non Flying Mammals and Landscape Changes in the Tropical Rain Forest Region of Los Tlaxtlas, Mexico*, *ECOGRAPHY*, Vol. 17.
- Ferraguti, M., Martínez-De La Puente, J., Roiz, D., Ruiz, S., Soriguer, R. and Figuerola, J. (2016), "Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance", *Scientific Reports*, Nature Publishing Group, Vol. 6, available at: <https://doi.org/10.1038/srep29002>.
- Forattini, O.P. and Gomes, A.C. (1988), "Biting activity of *Aedes scapularis* (Rondani) and *Haemagogus* mosquitoes in southern Brazil (Diptera: Culicidae).", *Revista de Saude Publica*, Vol. 22 No. 2, pp. 84–93.
- Forattini, O.P. 1958. Culicidae que se criam em buracos de carangueijos (Diptera) *Revta bras. Biol.* 18:175-179.
- García-Rejon, J.E., Blitvich, B.J., Farfan-Ale, J.A., Loroño-Pino, M.A., Chi Chim, W.A., Flores-Flores, L.F., Rosado-Paredes, E., et al. (2010), "Host-Feeding Preference of the Mosquito, *Culex quinquefasciatus*, in Yucatan State, Mexico", *Journal of Insect Science*, Vol. 10 No. 32, pp. 1–12.
- Gerry, B. I. 1932. Morphological studies of the female genitalia of Cuban mosquitoes. *Annals of the Entomological Society of America* 25:31-75.
- Gjullin, C. 1937. The female genitalia of the *Aedes* mosquitoes of the Pacific coast states. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*.
- Godsey, M.S., King, R.J., Burkhalter, K., Delorey, M., Colton, L., Charnetzky, D., Sutherland, G., et al. (2013), "Ecology of potential West Nile virus vectors in Southeastern Louisiana: Enzootic transmission in the relative absence of *Culex quinquefasciatus*", *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 88 No. 5, pp. 986–996.
- Gomes, B., Sousa, C.A., Vicente, J.L., Pinho, L., Calderón, I., Arez, E., Almeida, A.P., et al. (2013), *Feeding Patterns of Molestus and Pipiens Forms of Culex Pipiens (Diptera: Culicidae) in a Region of High Hybridization*, available at: <http://www.parasitesandvectors.com/content/6/1/93>.

- Gratz, N.G. (1999), "Emerging and resurging vector-borne diseases", *Annual Review of Entomology*, Vol. 44, pp. 51–75.
- Hajibabaei, M., Singer, G.A.C., Hebert, P.D.N. and Hickey, D.A. (2007), "DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics", *Trends in Genetics*, Vol. 23 No. 4, pp. 167–172.
- Harbach, R.E. 2019, Mosquito Taxonomic Inventory, <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/>, accessed on 28 November 2019.
- Hart, C.E., Roundy, C.M., Azar, S.R., Huang, J.H., Yun, R., Reynolds, E., Leal, G., et al. (2017), "Zika virus vector competency of mosquitoes, Gulf Coast, United States", *Emerging Infectious Diseases*, Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 1 March.
- Hassan, H.K., Cupp, E.W., Hill, G.E., Katholi, C.R., Klingler, K. and Unnasch, T.R. (2003), *AVIAN HOST PREFERENCE BY VECTORS OF EASTERN EQUINE ENCEPHALOMYELITIS VIRUS*.
- Haydon, D.T., Cleaveland, S., Taylor, L.H. and Laurenson, M.K. (2002), "Identifying reservoirs of infection: A conceptual and practical challenge", *Emerging Infectious Diseases*, Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 1 December.
- Heinemann, S. J. y Belkin, J. N. 1977. Collection records of the project "Mosquitoes of Middle America" #9. México (MEX, MF, MT, MX). *Mosq. Syst* 9:483-535.
- Hribar, L.J., DeMay, D.J. and Lund, U.J. (2010), "The association between meteorological variables and the abundance of *Aedes taeniorhynchus* in the Florida Keys", *Journal of Vector Ecology*, Vol. 35 No. 2, pp. 339–346.
- Van Den Hurk, A.F., Smith, I.L. and Smith, G.A. (2007), "Development and evaluation of real-time polymerase chain reaction assays to identify mosquito (Diptera: Culicidae) bloodmeals originating from native Australian mammals", *Journal of Medical Entomology*, Vol. 44 No. 1, pp. 85–92.
- Ivanova, N. V., Zemlak, T.S., Hanner, R.H. and Hebert, P.D.N. (2007), "Universal primer cocktails for fish DNA barcoding", *Molecular Ecology Notes*, Vol. 7 No. 4, pp. 544–548.
- Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L. and Daszak, P. (2008), "Global trends in emerging infectious diseases", *Nature*, Vol. 451 No. 7181, pp. 990–993.
- Kading, R.C., Reiche, A.S.G., Morales-Betoulle, M.E. and Komar, N. (2013), "Host selection of potential West Nile virus vectors in Puerto Barrios, Guatemala, 2007", *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 88 No. 1, pp. 108–115.
- Kang, D.S., Martinez, R., Hosein, A., Shui Feng, R., James, L., Lovin, D.D., Cunningham, J.M., et al. (2019), "Identification of Host Blood Meals of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) Collected at the Aripo Savannas Scientific Reserve in Trinidad, West Indies", edited by Andreadis, T. *Journal of Medical Entomology*, Vol. 56 No. 6, pp. 1734–1738.
- Kenneth, S. and Ostfeld, R.S. (2001), "BIODIVERSITY AND THE DILUTION EFFECT IN DISEASE ECOLOGY", *Ecology*, No. June 2000, pp. 609–619.
- Kent, R.J. (2009a), "Molecular methods for arthropod bloodmeal identification and applications to ecological and vector-borne disease studies", *Molecular Ecology Resources*.
- Kent, R.J. (2009b), "Molecular methods for arthropod bloodmeal identification and applications to ecological and vector-borne disease studies", *Molecular Ecology Resources*.
- Kilpatrick, A.M., Kramer, L.D., Jones, M.J., Marra, P.P. and Daszak, P. (2006), "West Nile virus epidemics in North America are driven by shifts in mosquito feeding behavior", *PLoS Biology*, available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040082>.
- Kilpatrick, A.M. and Randolph, S.E. (2012), "Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases", *The Lancet*, Elsevier Ltd, Vol. 380 No. 9857, pp. 1946–1955.
- Koh, L.P. (2007), "Impacts of land use change on South-east Asian forest butterflies: A review", *Journal of Applied Ecology*, available at: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01324.x>.

- Komar, O. (2006), "Priority contribution. Ecology and conservation of birds in coffee plantations: A critical review", *Bird Conservation International*, 3 March.
- Labarthe, N. and Guerrero, J. (2005), "Epidemiology of heartworm: What is happening in South America and Mexico?", *Veterinary Parasitology*, Vol. 133, pp. 149–156.
- Lambin, E.F., Turner, B.L., Geist, H.J., Agbola, S.B., Angelsen, A., Bruce, J.W., Coomes, O.T., et al. (2001), "The causes of land-use and land-cover change: Moving beyond the myths", *Global Environmental Change*, Vol. 11 No. 4, pp. 261–269.
- Lane, J. 1953. Neotropical Culicidae. Vol. I and II. University of Sao Paulo, Brazil. 1112 pp.
- Lorosa, E.S., Faria, M.S., De Oliveira, L.C.M., Alencar, J. and Marcondes, C.B. (2010), "Blood Meal Identification of Selected Mosquitoes in Rio De Janeiro, Brazil", *Journal of the American Mosquito Control Association*, Vol. 26 No. 1, pp. 18–23.
- Loyola, E.G., González-Cerón, L., Rodríguez, M.H., Arredondo-Jiménez, J.I., Bennett, S. and Bown, D.N. (1993), "Anopheles albimanus (Diptera: Culicidae) host selection patterns in three ecological areas of the coastal plains of Chiapas, southern Mexico.", *Journal of Medical Entomology*, Vol. 30 No. 3, pp. 518–523.
- Manrique-Saide, P., Escobedo-Ortegón, J., Bolio-González, M., Sauri-Arceo, C., Dzib-Florez, S., Guillermo-May, G., Ceh-Pavía, E., et al. (2010), "Incrimination of the mosquito, *Aedes taeniorhynchus*, as the primary vector of heartworm, *Dirofilaria immitis*, in coastal Yucatan, Mexico", *Medical and Veterinary Entomology*, Blackwell Publishing Ltd, Vol. 24 No. 4, pp. 456–460.
- Marassá, A.M., Paula, M.B., Gomes, A.C. and Consales, C.A. (2009), "Biotin-avidin sandwich ELISA with specific human isotypes IgG1 and IgG4 for culicidae mosquito blood meal identification from an epizootic yellow fever area in Brazil", *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, Vol. 15 No. 4, pp. 696–706.
- Marchi, M.J., Pereira, P.A., De Menezes, R.M.T. and Tubaki, R.M. (2012), "New Records of Mosquitoes Carrying *Dermatobia hominis* Eggs in the State of São Paulo, Southeastern Brazil", *Journal of the American Mosquito Control Association*, Vol. 28 No. 2, pp. 116–118.
- Martínez-De La Puente, J., Ruiz, S., Soriguer, R. and Figuerola, J. (2013), "Effect of blood meal digestion and DNA extraction protocol on the success of blood meal source determination in the malaria vector *Anopheles atroparvus*", *Malaria Journal*, Vol. 12, available at: <https://doi.org/10.1186/1475-2875-12-109>.
- May, L.P., Watts, S.L. and Maruniak, J.E. (2014), "Molecular Survey for Mosquito-Transmitted Viruses: Detection of Tensaw Virus in North Central Florida Mosquito Populations", *Journal of the American Mosquito Control Association*, The American Mosquito Control Association, Vol. 30 No. 1, pp. 61–64.
- McKinney, M.L. (2008), "Effects of urbanization on species richness: A review of plants and animals", *Urban Ecosystems*, Vol. 11 No. 2, pp. 161–176.
- Méndez-López, M.R., Attoui, H., Florin, D., Calisher, C.H., Florian-Carrillo, J.C. and Montero, S. (2015), "Association of vectors and environmental conditions during the emergence of Peruvian horse sickness orbivirus and Yunnan orbivirus in northern Peru", *Journal of Vector Ecology*, Vol. 40 No. 2, pp. 355–363.
- Molaei, G. and Andreadis, T.G. (2006), "Identification of Avian- and Mammalian-Derived Bloodmeals in *Aedes vexans* and *Culiseta melanura* (Diptera: Culicidae) and Its Implication for West Nile Virus Transmission in Connecticut, U.S.A.", *Journal of Medical Entomology*, Vol. 43 No. 5, pp. 1088–1093.
- Molaei, G., Andreadis, T.G., Armstrong, P.M. and Diuk-Wasser, M. (2008), "Host-Feeding Patterns of Potential Mosquito Vectors in Connecticut, USA: Molecular Analysis of Bloodmeals from 23 Species of *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Coquillettidia*, *Psorophora*, and *Uranotaenia*", *Source: Journal of Medical Entomology*, Vol. 45 No. 6, pp. 1143–1151.
- Montero-Pau, J., Gómez, A. and Muñoz, J. (2008), "HotSHOT DNA extraction of diapausing eggs", *Limnology and Oceanography: Methods*, Vol. 6, pp. 218–222.
- Mucci, L.F., Júnior, R.P.C., de Paula, M.B., Scandar, S.A.S., Pacchioni, M.L., Fernandes, A.

- and Consales, C.A. (2015), "Feeding habits of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in an area of sylvatic transmission of yellow fever in the state of São Paulo, Brazil", *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, available at:<https://doi.org/10.1186/s40409-015-0005-z>.
- Muñoz, J., Ruiz, S., Soriguer, R., Alcaide, M., Viana, D.S., Roiz, D., Vázquez, A., et al. (2012), "Feeding patterns of potential West Nile virus vectors in South-West Spain", *PLoS ONE*, available at:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039549>.
- Muñoz, M. and Navarro, J.C. (2012), "Virus Mayaro: Un arbovirus reemergente en Venezuela y Latinoamérica", *Biomedica*, Vol. 32 No. 2, pp. 286–302.
- Muñoz-Cabrera, L. O., Ibáñez-Bernal, S. y Corona-Vargas, M. del C. 2006. Los Mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. I: Lista Comentada de Especies. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3): 223-271.
- Navia-Gine, W.G., Loaiza, J.R. and Miller, M.J. (2013), "Mosquito-host interactions during and after an outbreak of equine viral encephalitis in eastern Panama", *PLoS ONE*, Vol. 8 No. 12, available at:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081788>.
- Nielsen, E. T. y Nielsen, A. T. 1953. Field observations on the habits of *Aedes taeniorhynchus*. *Ecology* 34:141-156.
- Omondi, D., Masiga, D.K., Ajamma, Y.U., Fielding, B.C., Njoroge, L. and Villinger, J. (2015), "Unraveling host-vector-arbovirus interactions by two-gene high resolution melting mosquito bloodmeal analysis in a Kenyan wildlife-livestock interface", *PLoS ONE*, Vol. 10 No. 7, pp. 1–23.
- Patz, J.A., Daszak, P., Tabor, G.M., Aguirre, A.A., Pearl, M., Epstein, J., Wolfe, N.D., et al. (2004), "Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence", *Environmental Health Perspectives*, Vol. 112 No. 10, pp. 1092–1098.
- Pauvolid-Corrêa, A., Kenney, J.L., Couto-Lima, D., Campos, Z.M.S. and Schatzmayr, H.G. (2013), "Ilheus Virus Isolation in the Pantanal, West-Central Brazil", *PLoS Negl Trop Dis*, Vol. 7 No. 7, p. 2318.
- Petersen, V., Devicari, M. and Suesdek, L. (2015), "High morphological and genetic variabilities of *Ochlerotatus scapularis*, a potential vector of filarias and arboviruses", *Parasites and Vectors*, Vol. 8 No. 1, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-015-0740-6>.
- Reeves, L.E., Holderman, C.J., Gillett-Kaufman, J.L., Kawahara, A.Y. and Kaufman, P.E. (2016), "Maintenance of host DNA integrity in field-preserved mosquito (Diptera: Culicidae) blood meals for identification by DNA barcoding", *Parasites and Vectors*, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-016-1791-z>.
- Richards, S.L., Anderson, S.L., Lord, C.C. and Tabachnick, W.J. (2012), *Effects of Virus Dose and Extrinsic Incubation Temperature on Vector Competence of Culex Nigripalpus (Diptera: Culicidae) for St. Louis Encephalitis Virus*.
- Rizzoli, A., Bolzoni, L., Chadwick, E.A., Capelli, G., Montarsi, F., Grisenti, M., De La Puente, J.M., et al. (2015), "Understanding West Nile virus ecology in Europe: *Culex pipiens* host feeding preference in a hotspot of virus emergence", *Parasites and Vectors*, available at:<https://doi.org/10.1186/s13071-015-0831-4>.
- Romero-Montero, J. and Ellis, E. (2016), "Selva baja subperennifolia en el sureste de México", *Rinderesu*, Vol. 1 No. 2, pp. 48–56.
- Rondani, C. 1848. Esame di varie specie d'insetti ditteri brasiliani. *Stud. ent. (Turin)* 1:63-112, 1 pl.
- Rossi, G. C. y Martínez M. 2003. Mosquitos (Diptera: Culicidae) del Uruguay.
- Rzedowski J., et al., *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pag. 73, (2006).
- Dos Santos Silva, J., Alencar, J., Costa, J.M., Seixas-Lorosa, E. and Guimarães, A.É. (2012), "Feeding patterns of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in six Brazilian environmental preservation areas", *Journal of Vector Ecology*, Vol. 37 No. 2, pp. 342–350.
- Savage, H.M., Aggarwal, D., Apperson, C.S., Katholi, Charles, R., Gordon, E., Hassan, H.K.,

- Anderson, M., et al. (2008), "Host Choice and West Nile", *Vector Borne and Zoonotic Diseases*, Vol. 7 No. 3, pp. 365–386.
- Secretaría de Bienestar, 12 de febrero de 2019, <https://www.gob.mx/bienestar/acciones-y-programas/programa-sembrando-vida>.
- Silver John B., et al., Blood-feeding and its Epidemiological Significance, Chapter 7, En: Silver John B., et al., *Mosquito Ecology*, The Netherlands, Third Edition, Springer, 2008, pag. 701-702.
- Simmons, I.G. (1966), "Landscape ecology and land use.", *The Royal Geographical Society*, No. 38, pp. 59–72.
- Smith, D.R., Arrigo, N.C., Leal, G., Muehlberger, L.E. and Weaver, S.C. (2007), "Infection and dissemination of venezuelan equine encephalitis virus in the epidemic mosquito vector, *Aedes taeniorhynchus*", *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, Vol. 77 No. 1, pp. 176–187.
- de Souza, A.S., Couri, M.S. and Florindo, L. (2012), "The Impact of Industrial Anthropization on Mosquito (Diptera, Culicidae) Communities in Mangrove Areas of Guanabara Bay (Rio de Janeiro, Brazil)", *Neotropical Entomology*, Vol. 41 No. 1, pp. 68–73.
- Stein, M., Zalazar, L., Willener, J.A., Ludueña Almeida, F. and Almirón, W.R. (2013), "Culicidae (Diptera) selection of humans, chickens and rabbits in three different environments in the province of Chaco, Argentina", *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, Vol. 108 No. 5, pp. 563–571.
- Stephens, S.S. and Wagner, M.R. (2007), "Forest plantations and biodiversity: A fresh perspective", *Journal of Forestry*, Vol. 105 No. 6, pp. 307–313.
- Suom, C., Ginsberg, H.S., Bernick, A., Klein, C., Buckley, P.A., Salvatore, C. and Lebrun, R.A. (2010), "Host-seeking activity and avian host preferences of mosquitoes associated with West Nile virus transmission in the Northeastern U.S.A.", *Journal of Vector Ecology*, Vol. 35 No. 1, pp. 69–74.
- Tangena, J.A.A., Thammavong, P., Malaithong, N., Inthavong, T., Ouanesamon, P., Brey, P.T. and Lindsay, S.W. (2017), "Diversity of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) Attracted to Human Subjects in Rubber Plantations, Secondary Forests, and Villages in Luang Prabang Province, Northern Lao PDR", *Journal of Medical Entomology*, available at:<https://doi.org/10.1093/jme/tjx071>.
- Tauro, L.B., Batallan, G.P., Rivarola, M.E., Visintin, A., Berrón, C.I., Sousa, E.C., Diaz, L.A., et al. (2015), "Detection of Orthobunyavirus in mosquitoes collected in Argentina", *Medical and Veterinary Entomology*, Vol. 29 No. 3, pp. 338–343.
- Tempelis, C.H. (1975), "Host-Feeding Patterns of Mosquitoes, With a Review of Advances in Analysis of Blood", *Journal of Medical Entomology*, Vol. 11 No. 6, pp. 635–653.
- Theobald, F. V. 1901. A monograph of the Culicidae or mosquitoes. Vol. 1, 424 pp. London.
- Thiemann, T.C., Lemenager, D.A., Kluh, S., Carroll, B.D., Lothrop, H.D. and Reisen, W.K. (2012), "Spatial variation in host feeding patterns of *Culex tarsalis* and the *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) in California", *Journal of Medical Entomology*, Vol. 49 No. 4, pp. 903–916.
- Torres, R., Samudio, R., Carrera, J.P., Young, J., Maârquez, R., Hurtado, L., Weaver, S., et al. (2017), "Enzootic mosquito vector species at equine encephalitis transmission foci in the República de Panamá", *PLoS ONE*, Vol. 12 No. 9, pp. 1–15.
- Trejo, I. (2005), "Análisis de la diversidad de la selva baja caducifolia en México. In Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades alfa, beta y gamma", *Sobre La Diversidad Biológica: El Significado de Las Diversidades Alfa, Beta y Gama*, No. September, pp. 111–122.
- Turell, M.J., O'Guinn, M.L., Jones, J.W., Sardelis, M.R., Dohm, D.J., Watts, D.M., Fernandez, R., et al. (2005), "Isolation of viruses from mosquitoes (Diptera: Culicidae) collected in the Amazon Basin region of Peru", *Journal of Medical Entomology*, Vol. 42 No. 5, pp. 891–898.
- Vanwambeke, S.O., Lambin, E.F., Eichhorn, M.P., Flasse, S.P., Harbach, R.E., Oskam, L., Somboon, P., et al. (2007), "Impact of land-use change on dengue and malaria in northern Thailand", *EcoHealth*, available at:<https://doi.org/10.1007/s10393-007-0085-5>.

- Venter, M., Pretorius, M., Fuller, J.A., Botha, E., Rakgotho, M., Stivaktas, V., Weyer, C., et al. (2017), "West Nile Virus Lineage 2 in Horses and Other Animals with Neurologic Disease, South Africa, 2008–2015", *Emerging Infectious Diseases* • *Www.Cdc.Gov/Eid* •, Vol. 23 No. 12, available at:<https://doi.org/10.3201/eid2312.162078>.
- Waugh, J. (2007), "DNA barcoding in animal species: Progress, potential and pitfalls", *BioEssays*, Vol. 29 No. 2, pp. 188–197.
- WHO, (2019), https://www.who.int/neglected_diseases/vector_ecology/mosquito-borne-diseases/en/#:~:text=Mosquitoes%20are%20one%20of%20the,alone%20caused%20438%20000%20deaths, accessed on 28 November 2019.
- Wilkerson, R.C., Linton, Y.M., Fonseca, D.M., Schultz, T.R., Price, D.C. and 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*, Vol. 10 No. 7, pp. 1–26.
- WRBU, (2019), <https://www.wrbu.si.edu/vectorspecies>, accessed on 28 November 2019.