UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

ANÁLISIS DE DIVERSIDAD DE MOSQUITOS EN UN ZOOLÓGICO CON FAUNA NATIVA DEL SURESTE MEXICANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ADRIÁN SERRANO VILLAGRANA

ASESORES

Dr. Rafael Ojeda Flores

Dr. Carlos Antonio Abella Medrano

Dr. José de Jesús Sotomayor Bonilla

Ciudad Universitaria, CDMX, 2019

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

DEDICATORIA

A mis padres, a mis abuelos, a Patricia y a Consuelo.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, por siempre estar ahí, por apoyarme incondicionalmente y por motivarme a seguir a pesar de todo.

A la familia De Oteyza, por ser una parte importantísima en mi vida, tanto en mi crecimiento personal como en el aspecto profesional y por considerarme parte de su familia.

A la Universidad, por todas las vivencias y experiencias, por darme la oportunidad de tener un mejor futuro, por todo.

A mis sinodales, por todo su apoyo, por incrementar con su experiencia la calidad de este trabajo.

Al Laboratorio de Ecología de Enfermedades y Una Salud y a cada uno de sus integrantes, por todo el apoyo y las enseñanzas en todos los ámbitos posibles, porque además de colegas fueron amigos.

Al Ecoparque Aluxes, por permitirnos realizar el muestreo en sus instalaciones.

Al proyecto DGAPA-PAPIME PE208618 por la beca otorgada durante la realización de esta tesis.

Este trabajo fue financiado por el proyecto CONACyT PN 2015-01-219 “Determinación molecular de asociaciones virus-mosquito involucradas en la transmisión de enfermedades emergentes” bajo la dirección del Dr. Rafael Ojeda Flores.

Al Dr. Rafael Ojeda Flores, por ser mi director de tesis y transmitirme enseñanzas en todo momento, porque aparte de mentor, fue amigo.

A Nico, por ser el hermano que nunca tuve, por apoyarme en las buenas y en las malas, por siempre aconsejarme de la mejor manera.

A Kevin, por ser el mejor amigo, por siempre estar ahí, por hablar todo el tiempo con la verdad a pesar de no querer escucharla y por recordarme que siempre hay alguien a quien le puede ir peor.

A Sandra, porque a pesar de la distancia ahí sigue, para lo que necesite, por siempre motivarme a terminar la tesis, por enseñarme que es el amor propio.

A Oliva, por enseñarme a ser un buen perdedor, porque ha estado ahí, siempre.

A Angie, por enseñarme (obligarme) a pedir perdón de las formas más extrañas, porque es un constante recordatorio de que siempre hay alguien a quien le va peor en el amor.

A Brito, por ser la mamita y siempre tener los comentarios más “atinados”, ah y por darme lecciones del “buen” vestir.

A Gaby, por ser la más directa y no tener filtros, por demostrarme que siempre se puede durar más tiempo en una llamada, por siempre reírse de mis desgracias.

A Rodrigo, por ser el profe, por adentrarme en una etapa muy importante de mi vida, el montañismo, y por tener los mejores métodos para motivarme.

A Vic, por recordarme que no soy el único que piensa de esta manera, por recordarme porque las despedidas a veces pueden ser un poco melancólicas, por estar siempre ahí a pesar de la distancia.

A Memo, por ser el troyone, el tigre y el apestoso, por ser el peor aconsejándome, pero siempre con la mejor intención, por sobrevivir a todos los campos, sorteando un poco la influenza y la salmonelosis.

A Lau, por acompañarme desde el servicio en esta hermosa travesía, porque a pesar de nuestro odio mutuo pudo surgir una gran amistad. Y como no, por ponerme un nuevo apodo cada semana.

A Citla, por ser la consejera más paciente, a pesar de todo. Por siempre estar ahí, por ser la más aferrada cuando todos estábamos muertos en campo, por cocinarnos las mejores obsidianas, por ser la más necia, digno de una tía.

A Ceci, por saraguata fea, por ser cagada innata, por ayudarme a incrementar mi paciencia namás por aguantarla, por hacerme reír con solo verle la cara.

A Robert, we, por darme los mejores consejos profesionales, por siempre ser objetivo, por ayudarme a recordar conocimientos básicos de la carrera, por mantener a flote Coca-Cola Company, por acompañarme al Piti siempre.

A Brenda, por enseñarme que mi paciencia puede llegar a niveles estratosféricos, por enseñarme que siempre puedes cambiar de opinión en menos de dos segundos y a discernir la verdad de la mentira.

A Pao, por ser la única que sí tomó el papel de tía, por darme los mejores consejos que una tía puede dar, por motivarme a salir de mi zona de confort. Merci beaucoup.

A Ar, porque no hay mejor forma de aprender que enseñando, por estar, por todo.

A Hugo, por tener el tiempo y la paciencia de enseñarme la teoría de metacomunidades, por ayudarme a incrementar mis niveles de paciencia, por enseñarme que los consejos genuinos pueden venir de quien menos te lo esperas.

A Chucho, por ser el mejor maestro de mosquitos, por enseñarme todo lo que sé de campo, por ser el más paciente esperando mi protocolo, por demostrarme que hay maneras muy fáciles de ahorrar agua.

A Toño, por transmitirme su pasión por los mosquitos, por siempre alentarme a seguir adelante y dejar la comodidad, por siempre estar al pendiente de mi vida personal y académica, por ser mi amigo.

A Oscar, por ser el más atinado con sus comentarios, por su disposición con las dudas en R, por audaz.

Contenido

Resumen 1
Antecedentes 3
La teoría de metacomunidades 3
Dinámica de la emergencia de ETV 4
Biología y ecología de mosquitos 6
Factores asociados a la presencia de mosquitos 9
Importancia del uso de zoológicos como laboratorio natural 12
Justificación 13
Hipótesis 14
Objetivo 14
Objetivos específicos 14
Material y métodos 15
Descripción del área de estudio 15
Sitios de estudio 15
Captura de mosquitos 17
Procesamiento e identificación 18
Análisis de datos 19
Resultados 20
Discusión 37
Conclusión 44
Referencias 45
Anexos 52

Cuadros

Cuadro 1. Total de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) identificadas en cada sitio. 21
Cuadro 2. Índice de diversidad verdadera (DV) de mosquitos (Diptera: Culicidae) por sitio y horario de muestreo, abundancia y riqueza total. 22
Cuadro 3. Índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro. 27
Cuadro 5. Índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante el día. 29

Especias de importancia médica..... 36

Cuadro 6. Especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) reportadas como transmisoras de agentes infecciosos en animales domésticos y seres humanos. 36

Figuras

Figura 1. Comparación de curvas rango abundancia de las especies de mosquitos capturadas en los sitios muestreados..... 24

Figura 2. Comparación de curvas rango abundancia de las especies de mosquitos capturadas en los sitios muestreados durante la noche. 25

Figura 3. Comparación de curvas rango abundancia de las especies de mosquitos capturadas en los sitios muestreados durante el día. 26

Figura 4. Dendograma del índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro. 27

Figura 5. Dendograma del índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante la noche. 28

Figura 6. Dendograma del índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante el día. .. 29

Figura 7. Estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en los distintos encierros..... 31

Figura 8. Estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en los distintos encierros durante la noche. 34

Figura 9. Estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en los distintos encierros durante el día. 35

Resumen

SERRANO VILLAGRANA ADRIÁN. Análisis de diversidad de mosquitos en un zoológico con fauna nativa del sureste mexicano (bajo la dirección del Dr. Rafael Ojeda Flores, el Dr. Carlos Antonio Abella Medrano y el Dr. José de Jesús Sotomayor Bonilla).

Entre las enfermedades infecciosas emergentes destacan aquellas cuya transmisión requiere de artrópodos vectores. Los zoológicos pueden representar entornos naturales para estudiar patrones de distribución espacial de vectores, interacciones vector-hospedero y procesos involucrados en los ciclos enzoóticos de transmisión. El objetivo principal fue conocer la diversidad y distribución espacial de mosquitos asociada con la presencia de distintos hospederos de fauna silvestre nativa dentro de un zoológico. Este estudio se desarrolló en el Ecoparque Aluxes, ubicado en Palenque, Chiapas, México. Se eligieron cinco sitios de muestreo asociados con los encierros de mono aullador negro (*Alouatta pigra*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama temama*), cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*) y bosque de bambú. Se realizó el muestreo en dos horarios, diurno y nocturno. Se calcularon índices de diversidad e identificaron distintos patrones de asociación entre el ensamble de mosquitos y la fauna de los encierros. Se capturaron 758 especímenes e identificaron 693 individuos correspondientes a 30 especies, de las cuales 16 son de importancia médica. El sitio más diverso fue el encierro del venado cola blanca, el que presentó mayor riqueza fue mono aullador negro, mientras que el bosque de bambú presentó los índices más bajos. Los sitios en ambos horarios presentaron una estructura de metacomunidad cuasi Gleasoniana. Además, 70.9% de las especies capturadas no coincidieron con las bionomías descritas en la literatura. Por lo que se concluye que la identidad de los hospederos es un conductor determinante en la composición del ensamble y los patrones de distribución espacial de los mosquitos dentro de estos entornos semi-selváticos.

Introducción

Más de dos terceras partes de los patógenos asociados con enfermedades infecciosas emergentes (EIE) reconocidas en seres humanos tienen origen zoonótico, y más del 70% de estos patógenos tienen origen en animales silvestres (Jones *et al*., 2008). Entre las EIE, y debido a su reciente y constante expansión geográfica, destacan aquellas cuyo mecanismo de transmisión principal requiere de la participación de artrópodos vectores (Naddaf *et al*., 2012). Recientemente, se ha descrito que las enfermedades transmitidas por vector (ETV) representan el 17% de todas las enfermedades infecciosas, entre las que destacan malaria, dengue, zika, fiebre amarilla, chikungunya y fiebre del Nilo occidental. En la actualidad, se ha reportado que las ETV causan más de 700,000 muertes al año, al tiempo que más del 80% de la población mundial está en riesgo de contraer alguna de estas enfermedades (OMS, 2017). El aumento en la distribución geográfica de estas enfermedades y el surgimiento de nuevos agentes asociados con la transmisión de enfermedades mediadas por artrópodos vectores (mosquitos, garrapatas, entre otros) se ha reconocido como una amenaza para la salud pública, la salud y producción animal y la conservación de las poblaciones silvestres. Dado que, estas enfermedades pueden tener dos ciclos de transmisión, uno enzoótico, que se refiere a una transmisión estable a un nivel bajo o moderado durante un período prolongado, y otro epizoótico, el cual es una aparición repentina de un gran número de organismos infectados en un área geográfica grande (Arsevska *et al*., 2016). Un claro ejemplo es el Virus del Oeste del Nilo, que se ha reconocido como causante de la muerte de caballos domésticos, fauna silvestre en cautiverio y aves en vida

libre como cuervos y aves acuáticas (Adler *et al*., 2011; Tuten *et al*., 2012). Esto resalta la necesidad de conocer el papel de los artrópodos vectores en el ciclo de transmisión de estas enfermedades, principalmente aquellas que ocurren en los entornos selváticos. Por esto, los zoológicos con fauna nativa son una opción viable al ser utilizados como laboratorio natural, ya que permiten estudiar patrones ecológicos clave para el entendimiento y conocimiento de las dinámicas de asociación vector – hospedero, así como la transmisión, mantenimiento y expansión de las ETV. Dentro de estos patrones destacan la diversidad y distribución espacial de los ensambles de mosquitos, tal como el ensamble de las metacomunidades.

Antecedentes

La teoría de metacomunidades

El término metacomunidad describe un conjunto de comunidades locales unidas por la dispersión de la interacción potencial de especies (Leibold y Mikkelson, 2002; Logue *et al.*, 2011). La teoría de la metacomunidad constituye un marco teórico y mecanicisto para explicar la interdependencia de las interacciones locales (interespecie, intraespecie y entre las especies y el hábitat) y procesos regionales (dispersión) para determinar los patrones espaciales de la distribución y diversidad de especies (Leibold *et al*., 2004; Logue *et al*., 2011).

Hasta el momento, se han identificado al menos seis patrones en la distribución de especies entre sitios: subconjuntos anidados, tableros de ajedrez, gradientes clementsianos, gradientes gleasonianos, gradientes espaciados uniformemente y aleatorio (Leibold y Mikkelson, 2002).

El análisis de metacomunidades se puede dividir en tres fases dedicadas a un aspecto diferente de la estructura de la metacomunidad: coherencia, recambio de especies y aglomeración de límites de distribución (Leibold y Mikkelson, 2002).

A grandes rasgos, la coherencia mide la presencia o ausencia de la especies en los distintos sitios; el recambio de especies mide el número de veces que una especie reemplaza a otra entre dos sitios (es decir, número de reemplazos) para cada posible par de especies y para cada posible par de sitios; y la aglomeración de límites de distribución mide el grado en que se agrupan los límites de los rangos de las diferentes especies (Leibold y Mikkelson, 2002; Presley *et al*., 2010)

Dinámica de la emergencia de ETV

La cobertura de vegetación primaria tiene gran importancia dentro de la dinámica de la emergencia de ETV, ya que los entornos selváticos se asocian principalmente con la expansión y el consecuente establecimiento de este tipo de enfermedades en ambientes urbanos y periurbanos que presenten las condiciones micro climáticas compatibles con el desarrollo y establecimiento de los vectores artrópodos (Vasilakis *et al*., 2010). Actualmente, se conoce como “zonas de emergencia” a los bordes de bosque o selva donde ocurre la transición de agentes infecciosos de animales silvestres hacia seres humanos (Hanley *et al*., 2013). Dado esto, es importante ampliar el conocimiento relacionado con los elementos fundamentales que participan en la transmisión de enfermedades vectoriales, como son los mosquitos, hospederos, agentes patógenos y factores

ambientales, de tal forma que, el estudio de la interacción entre estos es clave para entender las dinámicas implicadas en los ciclos de transmisión de estas enfermedades.

Existen dos tipos principales de ciclos involucrados en la transmisión de las ETV, el ciclo enzoótico, que se refiere a la transmisión estable a un nivel bajo o moderado durante un período prolongado y el ciclo epizoótico, el cual es una aparición repentina de un gran número de organismos infectados en un área geográfica grande (Arsevska *et al*., 2016). El conocimiento sobre el papel que desempeñan los mosquitos dentro de los ciclos enzoóticos y epizoóticos está limitado al conocimiento que tenemos sobre los ciclos selváticos en los que participa la diversidad de mosquitos y de hospederos silvestres. Al mismo tiempo, la dificultad de realizar estudios experimentales en especies selváticas limita nuestra comprensión de la susceptibilidad y el papel que desempeñan estas especies dentro de la dinámica de transmisión de diferentes agentes infecciosos. Además, destaca el desconocimiento que existe sobre la transición entre ciclos y el establecimiento en sistemas humanos (Hanley *et al*., 2013).

El mantenimiento y propagación de patógenos entre estos ciclos, están directamente relacionados con los patrones de alimentación de los artrópodos vectores que los transmiten (Omondi *et al*., 2015). Estos artrópodos pueden alimentarse de una importante diversidad de hospederos vertebrados, incluidos animales domésticos y silvestres (Adler *et al*., 2011). La abundancia de hospederos y las características del hábitat que estos ocupan tienen un fuerte efecto sobre la distribución espacial de los mosquitos (Burkett-Cadena *et al.*, 2013), por consiguiente, también tienen efecto en la distribución espacial de las

enfermedades transmitidas por mosquitos (Golding *et al*., 2015). En consecuencia, es indispensable obtener información que nos ayude a identificar y comprender los patrones de distribución espacial de estos artrópodos vectores.

Biología y ecología de mosquitos

A continuación, se muestra un listado de la información necesaria para comprender los factores ecológicos y biológicos que están involucrados dentro de los ciclos de transmisión y dinámica de enfermedades infecciosas en los que los mosquitos son partícipes.

Generalidades

Los mosquitos son artrópodos vectores que pertenecen a la Familia Culicidae, en ésta se han reconocido alrededor de 3,500 especies, las cuales se encuentran distribuidas prácticamente en cada región de todos los continentes, a excepción de la Antártida. Existen 41 géneros de mosquitos registrados, de los cuales 38 pertenecen a la subfamilia Culicinae y tres a la subfamilia Anophelinae (Foster y Walker, 2019; Wilkerson *et al*., 2015).

Ciclo de vida

Estos artrópodos tienen un ciclo de vida holometábolo donde necesitan dos ambientes diferentes para completar su desarrollo, un ambiente acuático y uno terrestre. Su ciclo de vida se divide en cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto; donde las primeras tres se desarrollan en un amplio rango de hábitats acuáticos que incluyen cuerpos de agua temporales (pozas de marea en marismas,

encharcamientos por lluvia e inundaciones), cuerpos de agua permanentes (albercas, arroyos, pantanos y lagos) y diversos recipientes naturales y artificiales en donde el agua es retenida (agujeros de árboles, axilas de hojas, cáscaras de frutas, conchas de moluscos, ollas y neumáticos en desuso) (Foster y Walker, 2019).

Cuando el mosquito completa su ciclo de vida acuático, el adulto emerge de la pupa, en este momento su dispersión y alimentación pueden ocurrir a pocos metros de su hábitat larvario. La mayoría de las especies vuelan menos de dos kilómetros en toda su vida. Tales rangos de vuelo son típicos de las especies domésticas y son el resultado de la búsqueda repetida de pareja, fuentes de azúcar, hospederos, sitios de descanso y sitios de oviposición. Otras especies participan en un modo de dispersión específico asistido por el viento o dirigido por la luz, el cual los transporta a decenas o incluso cientos de kilómetros de sus orígenes (Foster y Walker, 2019).

Patrones de actividad

Cada especie de mosquito tiene un patrón de actividad diaria característico, regido bajo el control de un ritmo circadiano endógeno, que, al mismo tiempo, está determinado por el ciclo diario de luz-oscuridad. Generalmente, uno o dos períodos de vuelo ocurren cada 24 horas, caracterizados como diurnos, nocturnos o crepusculares (amanecer y anochecer). Es probable que los mosquitos participen en un patrón de búsqueda generalizada durante los vuelos de búsqueda de alimento, guiados principalmente por la luz ambiental, comúnmente también responden a estímulos específicos asociados con la búsqueda de fuentes de azúcar, hospederos, sitios de descanso y sitios de

oviposición, dependiendo de las necesidades propias de la especie (Foster y Walker, 2019).

Las especies de mosquitos varían de acuerdo con los hábitats en donde buscan pareja y alimento. Algunas vuelan sobre terreno variado, otras tienden a ser activas en áreas boscosas o abiertas y otras realizan todas las actividades cerca de los sitios de descanso y oviposición. También hay evidencia de que las hembras adultas se familiarizan con los hábitats locales que han proporcionado alimento o sitios de oviposición en el pasado y tienden a regresar allí (Foster y Walker, 2019).

Preferencias alimenticias y patrones de uso de hospedero

Los mosquitos tienen la capacidad de obtener nutrientes a partir de distintas fuentes de azúcar y sangre de vertebrados (Foster y Walker, 2019). La alimentación con azúcar comienza poco después de la emergencia del adulto, , generalmente antes de que las hembras sean atraídas por los compuestos volátiles del hospedero (CO2. ácido láctico, octanol, entre otros). Las fuentes de azúcar más comunes incluyen néctar floral y extra floral, melaza homóptera, fruta en descomposición o dañada, savia de árboles, hojas y tallos de plantas (Foster y Walker, 2019). Únicamente las hembras de mosquito se alimentan de sangre de vertebrados. En su gran mayoría, los mosquitos necesitan ingerir sangre para comenzar el desarrollo de los huevos, es decir, son especies anautógenas. Sin embargo, también hay especies capaces de desarrollar huevos sin la ingesta de sangre, catalogadas como autógenas (Foster y Walker, 2019).

Se ha reportado una importante variación respecto a la especificidad y preferencia que los mosquitos manifiestan hacia las distintas especies de hospederos vertebrados de las cuales se alimentan. Existen registros de algunas especies de mosquitos que se alimentan de la mayoría de los miembros de un género de vertebrados, mientras que otras se alimentan de manera oportunista de miembros de dos o tres clases de vertebrados. La especificidad de hospedero es una función tanto de la preferencia innata del mosquito hacia éste como de los hospederos disponibles cuando el mosquito está activo (Foster y Walker, 2019).

El intervalo de tiempo entre ingestas de sangre, un componente importante en la transmisión de patógenos está determinado principalmente por dos factores: la aparición de ingestas suplementarias dentro del ciclo gonotrófico, que es el ciclo de producción de huevos, desde la ingesta de sangre hasta la ovoposición, y la duración de éste. Esto último depende no solo de qué tan rápido se digiere la sangre y maduran los huevos, sino también de qué tan pronto la hembra pone su lote completo de huevos. Además, el éxito y la frecuencia de la alimentación pueden ser modificados por patógenos que manipulan al mosquito para mejorar su probabilidad de transmisión entre los vertebrados (Foster y Walker, 2019).

Factores asociados a la presencia de mosquitos

En las últimas décadas, los patrones de distribución de los ensambles de mosquitos se han modificado en todo el planeta, debido a la influencia de distintos factores ecológicos y socioeconómicos (Marcondes *et al*., 2017; Parham *et al*., 2015). Entre los factores ecológicos, el más asociado a la

propagación de los mosquitos es el cambio de uso de suelo, dado que, altera la abundancia de los hospederos silvestres, domésticos y seres humanos, (Kilpatrick y Randolph, 2013). En orden de importancia, el aumento de temperatura, favorece que las poblaciones de mosquitos incrementan rápidamente en abundancia y los tiempos de generación disminuyen, la alimentación de las hembras y la ovoposición ocurre con mayor frecuencia y se incrementa la frecuencia de contacto vector – hospedero (Reisen, 2010). De igual forma, dentro de estos factores destacan el aumento en la densidad de mosquitos y un mayor aumento en las áreas de ecotonos, ya que las relaciones parásito – vector – hospedero pueden distorsionarse debido a estas alteraciones antropogénicas, lo que provoca cambios en las condiciones de reproducción de mosquitos asociados a poblaciones de hospederos y modificaciones en la naturaleza de la interfaz suelo – agua donde pueden ocurrir los cambios de parásitos y hospederos, ya sea por saltos, transmisiones cruzadas entre especies o extensiones del rango de distribución geográfico en hábitats nuevos o modificados (Despommier *et al*., 2006).

Por otro lado, dentro de los factores socioeconómicos asociados a la propagación de mosquitos destacan la explosión demográfica humana, los índices económicos, el nivel educativo, los movimientos migratorios de los seres humanos y los tipos de transporte utilizados con mayor frecuencia. Estos factores están estrechamente relacionados con los niveles de pobreza en las poblaciones humanas, debido a que las condiciones en las que habitan las personas provocan un aumento considerable en el número de cuerpos de agua, potencialmente criaderos de mosquitos y debido a la cercanía a los poblados

humanos se registra una mayor disposición de fuentes de alimento. Finalmente, también se ha reconocido la importancia del aumento en la frecuencia de viajes internacionales, ya que medios de transporte como aviones, barcos o vehículos terrestres pueden transportar accidentalmente especímenes de mosquitos (Dowling *et al*., 2013; Marcondes *et al*., 2017; Parham *et al*., 2015). Los factores antes mencionados han provocado que la distribución geográfica e incidencia de ETV en humanos esté desbalanceada, con un mayor impacto en los países en vías de desarrollo, principalmente ubicados en regiones tropicales y subtropicales (Bichaud *et al*., 2014).

Por otra parte, en Europa y Norteamérica la incidencia de ETV se ha incrementado junto con la aparición de nuevas enfermedades, pero con una velocidad mucho menor en comparación con las zonas tropicales (Gratz, 2006; Marcondes *et al*., 2017). Por ejemplo, los primeros brotes de virus Chikungunya y Zika ocurrieron en Asia y África. Estos virus al llegar al continente americano se propagaron por Sudamérica y el Caribe. Actualmente, Chikungunya se encuentra presente en 44 países y Zika en 33, en ambos casos, la mayoría de los países están ubicados al sur del Trópico de Cáncer (Cevallos *et al*., 2018; Patterson, 2016).

En este contexto, la principal entrada de ETV en México es a través de los estados del sureste mexicano. Entre estos, Chiapas, uno de los estados con mayor índice de marginación, preserva 18.6% de su territorio con selva o bosque (Granich *et al*., 1999; INEGI, 2013), lo que le favorece albergar una alta diversidad de mosquitos a nivel nacional, registrando 14 de los 20 géneros de

mosquitos que se encuentran en el país (Bond *et al*., 2014; Danis-lozano *et al*., 2017).

Importancia del uso de zoológicos como laboratorio natural

Dada la dificultad que implica el estudio ecológico de artrópodos vectores en áreas silvestres, derivada directamente del reto logístico que representa la realización de estudios de campo, los zoológicos regionales que albergan colecciones de fauna silvestre nativa constituyen una valiosa alternativa. Estos zoológicos pueden representar entornos naturales y brindar la oportunidad de estudiar bajo condiciones controladas los patrones de distribución espacial de los mosquitos, las interacciones vector-hospedero y diversos procesos involucrados en los ciclos enzoóticos anteriormente descritos, tales como las preferencias alimenticias y los patrones de uso de hospedero (Tuten *et al*., 2012). Distintos estudios realizados en zoológicos han demostrado la transmisión de ETV por parte de mosquitos que ha resultado en decesos de aves y mamíferos en cautiverio, incluidas especies en peligro de extinción. Entre estas enfermedades destaca el virus del Oeste del Nilo, en Estados Unidos infectó y acabó con la vida de un significativo número de animales en aproximadamente 100 zoológicos entre 1999 a finales de 2002 (Adler *et al*., 2011; Tuten *et al*., 2012). La realización de estudios enfocados en artrópodos vectores dentro de zoológicos, además de generar información sobre los ciclos de transmisión de ETV, también puede proporcionar información que permita tomar medidas preventivas y correctivas para evitar o controlar brotes asociados a diferentes

ETV que ponen en riesgo la salud de la fauna silvestre y de las poblaciones humanas.

Adicionalmente, el utilizar los zoológicos como laboratorios naturales ofrece distintas ventajas, entre las que destacan el hecho de que las especies y el movimiento de los hospederos son conocidos, los animales están bajo observación regular y los individuos cautivos pueden compartir el mismo espacio con animales silvestres (Tuten *et al*., 2012). Además del estudio ecológico de los mosquitos, se pueden detectar a los patógenos transmitidos por estos, así como realizar investigaciones sobre artrópodos de importancia médico-veterinaria, desarrollar programas de control y educar tanto al público como al personal del lugar sobre la importancia de estos temas (Adler *et al*., 2011).

Justificación

Las investigaciones enfocadas en los ciclos selváticos de ETV orientadas principalmente al estudio de patrones de diversidad y distribución espacial de mosquitos son extremadamente limitadas. Actualmente carecemos de información fundamental que permita entender por completo las dinámicas de transmisión en las que estos importantes vectores están involucrados. Por ello, este estudio utiliza como herramienta al zoológico Ecoparque Aluxes, ubicado en el estado de Chiapas, que alberga fauna regional. El zoológico se localiza dentro de una matriz con vegetación natural, cuenta con una colección de especies de fauna regional nativa del Estado de Chiapas. Esto facilita la obtención de información acerca de los patrones ecológicos de especies de

mosquitos que participan en ciclos selváticos y en la dinámica de transmisión de enfermedades infecciosas consideradas mundialmente como prioritarias.

Hipótesis

La diversidad y distribución espacial del ensamble de mosquitos (Diptera: Culicidae) está determinada por la identidad de las especies silvestres nativas mantenidas en cautiverio en el Ecoparque Aluxes, Palenque, Chiapas.

Objetivo

Determinar la diversidad y distribución espacial de mosquitos asociada con la presencia de distintos hospederos de fauna silvestre nativa regional dentro del Ecoparque Aluxes, Palenque, Chiapas.

Objetivos específicos

- Generar un listado faunístico de mosquitos (Diptera: Culicidae) en distintos encierros del Ecoparque Aluxes.
- Determinar la diversidad y la distribución espacial de mosquitos en el Ecoparque Aluxes.
- Comparar los patrones de diversidad y distribución espacial de los mosquitos (Diptera: Culicidae) con base en la identidad de la fauna silvestre nativa del Ecoparque Aluxes.
- Clasificar las especies de mosquitos con base en su importancia médica y veterinaria.

Material y métodos

Descripción del área de estudio

El Ecoparque Aluxes (17° 30' 07.1" N, 92° 00' 56.4" O) se encuentra a 2.7 Km de la ciudad de Palenque, Chiapas (Anexo 2). Este zoológico cuenta con 18 Ha, tiene una temperatura media anual de 26.4°C y una precipitación máxima de 444 mm en septiembre y una mínima de 72 mm en abril. La vegetación primaria dominante corresponde a selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963). Entre las especies de fauna silvestre nativa que conforman la colección del zoológico se encuentran el jaguar (*Panthera onca*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus tigrinus*), martucha (*Potos flavus*), mono saraguato (*Alouatta pigra*), mono araña (*Ateles geoffroyi*), tapir (*Tapirus bairdii*), pecarí (*Pecari tajacu*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama temama*), cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), entre otros.

Sitios de estudio

Se eligieron cinco sitios de muestreo, los cuales se ubicaron cerca de los exhibidores de las siguientes especies: mono aullador negro (*Alouatta pigra)*, venado cola blanca (*Odocoileus virginianus),* venado temazate (*Mazama temama)*, cocodrilo de pantano (*Crocodylus moreletii*), además, se consideró un bosque de bambú, este último debido a que esta vegetación es reconocida como criadero idóneo para algunas especies de mosquito, entre ellas *Aedes albopictus*, una especie que participa en la transmisión de un número importante de ETV (Adler *et al.*, 2011).

- Sitio mono aullador negro (MA): Este sitio se encuentra localizado a 17° 30' 6.57" N, 92° 01' 4.48" O. La vegetación que lo conforma es principalmente secundaria, tanto arbórea como arbustiva, cuenta con parches de vegetación primaria que corresponden a selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963). Dentro del sitio hay estructuras de concreto que corresponden a la casa de noche de los animales. La única especie que se encuentra en este encierro es *Alouatta pigra.*
- Sitio venado cola blanca (VB): Este sitio se encuentra localizado a 17° 30' 6.37" N, 92° 1' 7.76" O. La vegetación que lo conforma es principalmente secundaria arbórea, cuenta con parches de vegetación primaria que corresponden a selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963). El sitio se encuentra delimitado principalmente por pasillos de concreto. La única especie que se encuentra en este encierro es *Odocoileus virginianus.*
- Sitio venado temazate (VT): Este sitio se encuentra localizado a 17° 30' 8.63" N, 92° 1' 8.86" O. La vegetación que lo conforma es principalmente secundaria arbórea, cuenta con parches de vegetación primaria que corresponden a selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963). El sitio se encuentra delimitado principalmente por pasillos de concreto. La única especie que se encuentra en este encierro es *Mazama temama.*
- Sitio bosque de bambú (BB): Este sitio se encuentra localizado a 17° 30' 6.46" N, 92° 1' 11.06" O. La vegetación que lo conforma es principalmente exótica arbórea, que corresponde a especies de bambú. El sitio se encuentra delimitado por cuerpos artificiales de agua con vegetación hidrófila y una carretera de terracería, además de que es atravesado por

un canal abierto de concreto. No cuenta con hospederos confinados, sin embargo, muchas especies de mosquitos pueden utilizar esta planta como sitio para la oviposición y por consiguiente mantener especies de importancia médica y veterinaria.

- Sitio cocodrilo de pantano (CP): Este sitio se encuentra localizado a 17° 30' 9.68" N, 92° 1' 5.03" O. La vegetación que lo conforma es principalmente secundaria arbórea, cuenta con parches de vegetación primaria que corresponden a selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963). El sitio se encuentra delimitado principalmente por pasillos de concreto y por dos cuerpos artificiales de agua, en ambos hay abundancia de vegetación hidrófila. La única especie que se encuentra en este encierro es *Crocodylus moreletii.*

Captura de mosquitos

La captura de mosquitos se llevó a cabo en el mes de agosto de 2017 en dos puntos por cada sitio de muestreo, se colocaron dos trampas de luz tipo CDC (Centers for Disease Control & Prevention) miniatura (modelo 512; John W. Hock Company). Dichas trampas mantuvieron una distancia de separación de 20 metros entre sí, para evitar la competencia de éstas. Como cebo se utilizó una combinación de luz incandescente y CO_2 (levadura; *Saccharomyces cerevisiae*). Se colocaron las trampas a un metro de altura y permanecieron activas durante un día en tres horarios: matutino: 6:00 a 10:00 horas, vespertino: 12:00 a 16:00 horas y nocturno: 18:00 a 22:00 horas. Cada sitio fue georreferenciado para conocer la posición exacta de las trampas.

Se realizaron capturas complementarias con un aspirador de mochila mejorado (Modelo 1419; John W. Hock Company) con el objetivo de capturar hembras alimentadas y machos en reposo. La captura se realizó por 30 minutos en cada sitio de muestreo durante el tiempo en que las trampas CDC se mantuvieron inactivas para evitar interferencia.

Procesamiento e identificación

Los ejemplares capturados se sacrificaron en una cámara letal con gases de cloroformo, donde se introdujeron los botes colectores por aproximadamente 20 minutos. Ya muertos los especímenes se colocaron en cajas Petri preparadas con papel encerado y algodón para evitar su maltrato, dónde fueron apartadas aquellas hembras que se encontraron grávidas para su conservación inmediata en nitrógeno líquido.

En el Departamento de Etología, Fauna Silvestre y Animales de Laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM se llevó acabo el procesamiento y montaje de los ejemplares usando alfileres entomológicos sobre triángulos de papel grueso, adhiriéndolos sobre su lado derecho con pegamento comercial con las patas dirigidas hacia el alfiler. Tras el montaje, los mosquitos se identificaron mediante la observación en microscopio estereoscópico utilizando la nomenclatura morfológica de Harbach y Knight (1981). Para la determinación a nivel de género se utilizó la clave de Chaverri (2009). Asimismo, se utilizaron diferentes publicaciones para la identificación a nivel de especie (Arnell, 1976; Carpenter y Lacasse, 1974; Clark-Gil y Darsie,

1983). Al finalizar el montaje e identificación de los mosquitos, estos se preservaron en cajas entomológicas.

Análisis de datos

Diversidad alfa

Se estimó la diversidad Alfa de las especies de mosquitos a través del índice de Diversidad Verdadera de orden q = 1 (Jost y González-Oreja, 2012), la estimación se realizó por sitio de muestreo y horario, se utilizó la paquetería Vegetarian en el software estadístico R (Charney y Record, 2015).

Diversidad beta

Se estimó la diversidad beta de las comunidades de mosquitos con base en los sitios de muestreo, a través del índice de disimilaridad Sorensen, por medio de la paquetería betapart en el software estadístico R (Baselga y Orme, 2012).

Curvas rango abundancia

Se usaron curvas rango abundancia para describir la riqueza y abundancia relativa transformada en log10 de las especies de mosquitos por sitio de muestreo a fin de detectar cambios en la estructura espacial en el ensamble de mosquitos (Abella-Medrano *et al*., 2015).

Metacomunidad

La estructura de la metacomunidad se evaluó mediante el análisis de tres parámetros de distribución de especies (coherencia, rotación y agrupación de

límites) en una matriz de incidencia de sitio por especie (Leibold y Mikkelson, 2002). La inferencia estadística de estos parámetros se evaluó comparando la matriz de incidencia observada y una matriz aleatoria (r1) (Presley *et al*., 2010). Se generaron matrices aleatorias con 1000 simulaciones usando el modelo nulo r1 con la paquetería metacom en el software estadístico R (Dallas, 2014). Las especies se clasificaron con base en el número de encierros en las que se determinó su presencia.

Especies de importancia médica

A través de una extensa revisión de literatura especializada se construyó un listado faunístico con base en el reconocimiento de la importancia médica y médica veterinaria de la totalidad de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) capturadas (Cuadro 6).

Resultados

Se capturó un total de 758 mosquitos (Diptera: Culicidae), pertenecientes a dos subfamilias (Culicinae, Anophelinae) y 10 géneros (*Aedomyia, Aedes, Anopheles, Coquillettidia, Culex, Haemagogus, Mansonia, Psorophora, Uranotaenia, Wyeomyia*), de los cuales se logró identificar 693 individuos correspondientes a 30 especies de mosquitos (Diptera: Culicidae).

Las especies más abundantes fueron *Culex panocossa* (Dyar, 1923)*, Culex dunni* (Dyar, 1918) y *Culex nigripalpus* (Theobald, 1901)*.* Las especies más raras fueron *Anopheles pseudopunctipennis* (Theobald, 1901)*, Coquillettidia venezuelensis* (Theobald, 1912)*, Culex interrogator* (Dyar y Knab, 1906)*,*

Mansonia dyari (Belkin, Heinemann y Page, 1970) y *Psorophora ciliata* (Fabricius, 1794) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Total de especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) identificadas en cada sitio.

Especies	**MA**	**VB**	**VT**	**BB**	**CP**	**Total**	**Abundancia Relativa (%)**
Culex panocossa (Dyar, 1923)	34	23	93	7	63	220	29.02
Culex dunni (Dyar, 1918)	71	14	11	0	1	97	12.80
Culex nigripalpus (Theobald, 1901)	70	9	0	1	6	86	11.35
Coquillettidia nigricans (Coquillett, 1904)	2	5	8	1	21	37	4.88
Uranotaenia apicalis (Theobald, 1903)	16	1	9	2	7	35	4.62
Uranotaenia coatzacoalcos (Dyar y Knab, 1906)	11	5	7	0	7	30	3.96
Aedes dupreei (Coquillett, 1904)	16	5	1	0	2	24	3.17
Culex restuans (Theobald, 1901)	7	6	6	1	2	22	2.90
Culex coronator (Dyar y Knab, 1906)	9	2	1	5	4	21	2.77
Psorophora ferox (Humboldt, 1819)	10	1	4	1	3	19	2.51
Mansonia indubitans (Dyar y Shannon, 1925)	2	2	4	0	9	17	2.24
Mansonia titillans (Walker, 1848)	0	0	6	0	7	13	1.72
Culex crybda (Dyar, 1924)	1	3	7	0	1	12	1.58
Aedes scapularis (Rondani, 1848)	1	6	0	2	0	9	1.19
Haemagogus mesodentatus (Komp y Kumm, 1938)	0	1	3	5	0	9	1.19
Aedeomyia squamipennis (Lynch Arribálzaga, 1878)	7	0	0	0	1	8	1.06
Wyeomyia sp (Theobald, 1901)	3	0	1	0	1	5	0.66
Aedes angustivittatus (Dyar y Knab, 1907)	3	1	0	0	0	4	0.53
Aedes serratus (Theobald, 1901)	4	0	0	0	0	4	0.53
Uranotaenia lowii (Theobald, 1901)	1	0	1	0	1	3	0.40
Aedes hastatus (Dyar, 1922)	2	0	0	0	0	2	0.26

Anopheles albimanus (Wiedemann, 1820)	0	0	2	0	0	2	0.26
Culex bastagarius (Dyar y Knab, 1906)	2	0	0	0	0	2	0.26
Culex iolambdis (Dyar, 1918)	2	0	0	0	0	2	0.26
Psorophora horrida (Dyar y Knab, 1908)	0	1	0	1	0	2	0.26
Uranotaenia pulcherrima (Lynch Arribálzaga, 1891)	1	0	1	0	0	2	0.26
Anopheles pseudopunctipennis (Theobald, 1901)	0	0	1	0	0	1	0.13
Coquillettidia venezuelensis (Theobald, 1912)	1	0	0	0	0	1	0.13
Culex interrogator (Dyar y Knab, 1906)	1	0	0	0	0	1	0.13
Mansonia dyari (Belkin, Heinemann y Page, 1970)	0	0	1	0	0	1	0.13
Psorophora ciliata (Fabricius, 1794)	0	1	0	0	0	1	0.13

Diversidad alfa

El sitio más diverso durante el día fue venado cola blanca (VB), el que presentó menor diversidad en este periodo fue el sitio venado temazate (VT). En el horario nocturno el sitio más diverso fue MA, el que presentó menor diversidad fue bosque de bambú (BB). Durante el horario diurno, el sitio más diverso fue VB, el menos diverso fue cocodrilo de pantano (CP) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Índice de diversidad verdadera (DV) de mosquitos (Diptera: Culicidae) por sitio y horario de muestreo, abundancia y riqueza total.

Sitio	Día (DV)	Noche (DV)	Total (DV)	Abundancia	Riqueza
Mono aullador negro (MA)	3.110	9.153	9.699	276	23
Venado cola blanca (VB)	5.586	7.482	10.92	87	18
Venado temazate (VT)	3.364	5.515	6.244	167	19
Cocodrilo de pantano (CP)	2.337	5.896	6.773	136	16
Bosque de bambú (BB)	3.681	4.38	7.452	26	10

Curvas rango abundancia

Las curvas rango abundancia muestran que el sitio que presentó mayor riqueza y abundancia de especies durante todo el día fue MA, el que presentó menor riqueza y abundancia fue BB (Figura 1). El sitio que presentó mayor riqueza y abundancia de especies durante el horario nocturno fue MA, el que presentó menor riqueza y abundancia fue BB (Figura 2). El sitio que presentó mayor riqueza y abundancia de especies durante el horario diurno fue MA, el que presentó menor riqueza y abundancia fue VT (Figura 3).

Figura 1. Comparación de curvas rango abundancia de las especies de mosquitos capturadas en los sitios muestreados

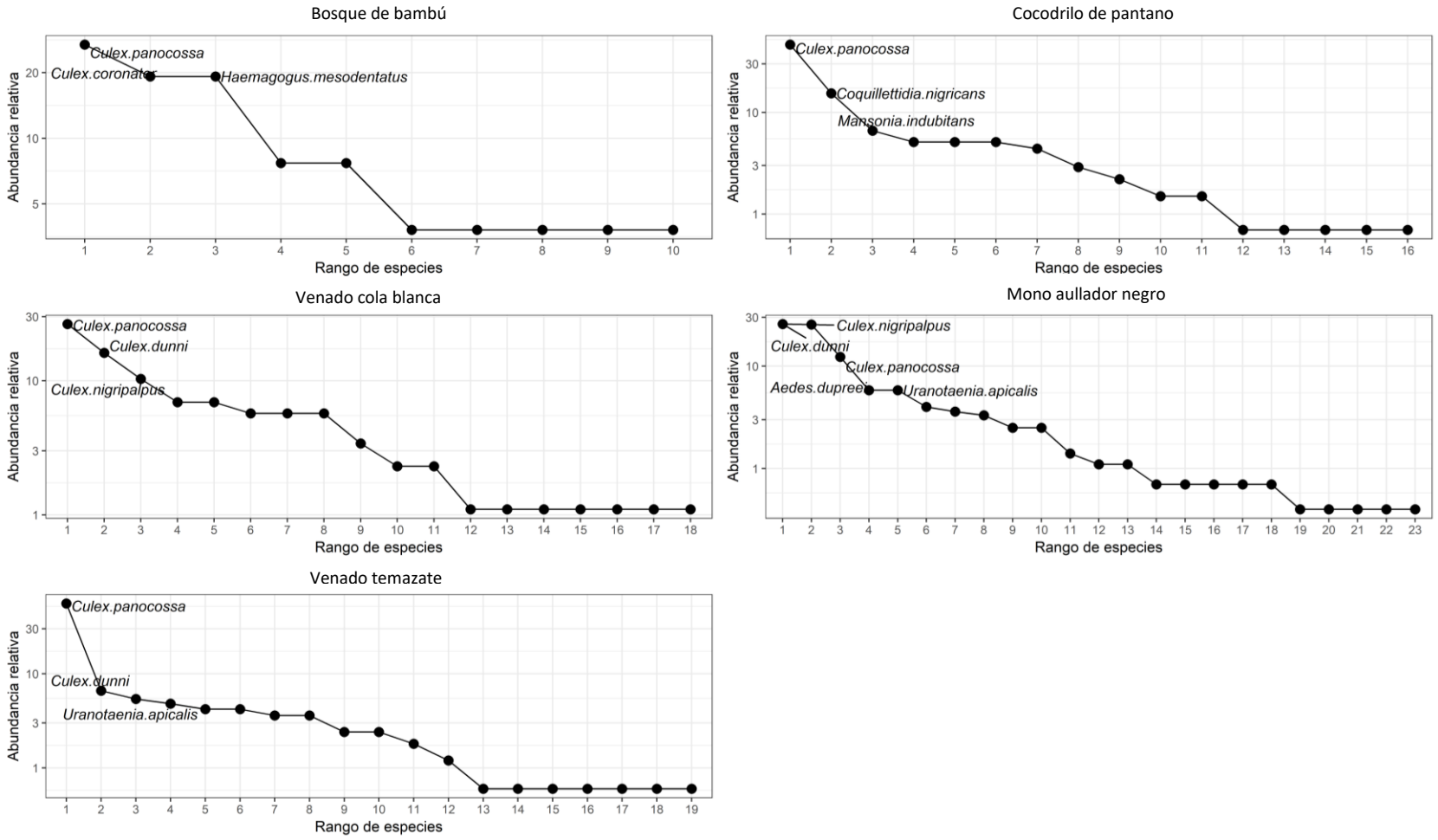


Figura 2. Comparación de curvas rango abundancia de las especies de mosquitos capturadas en los sitios muestreados durante la noche.

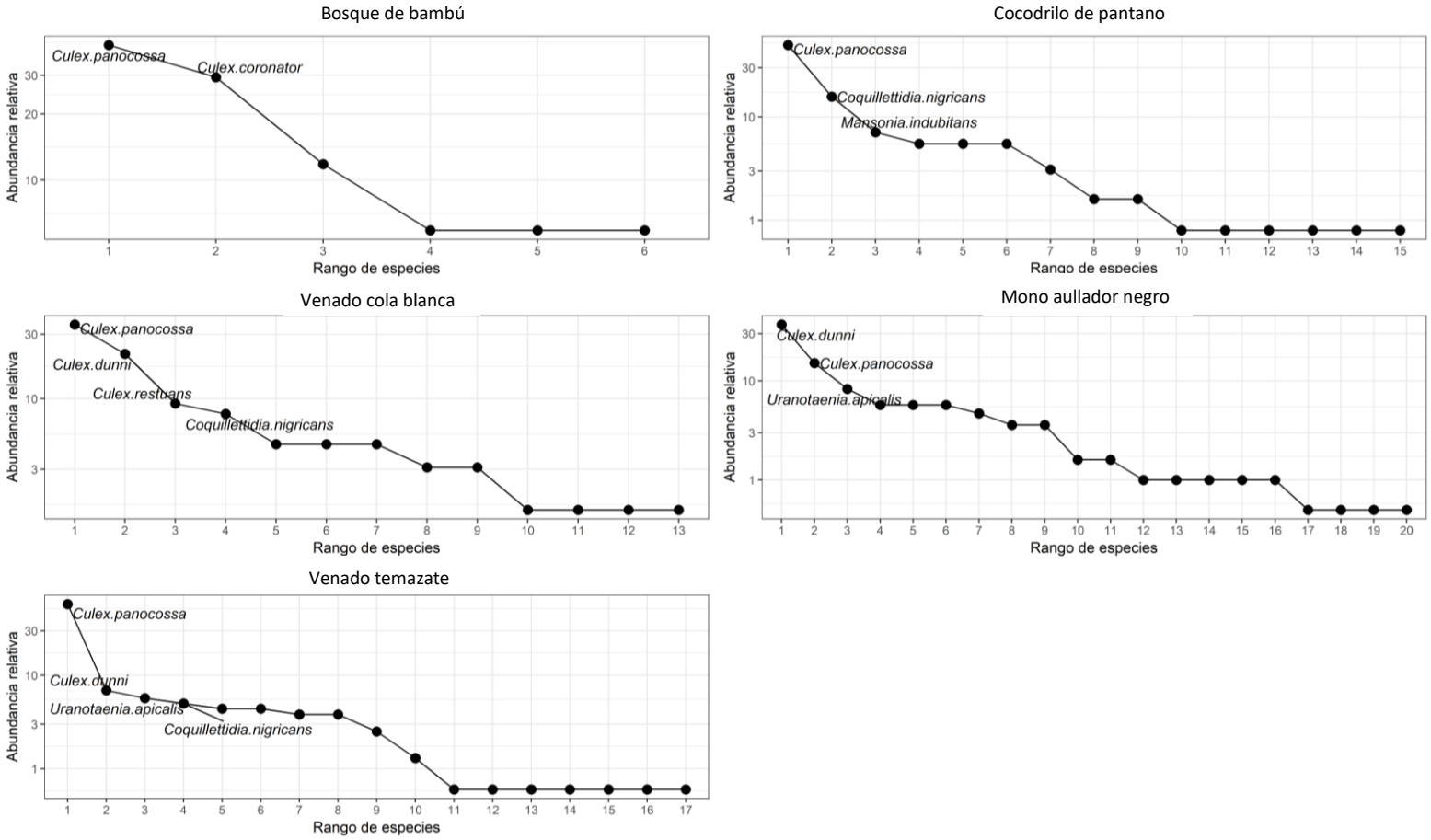
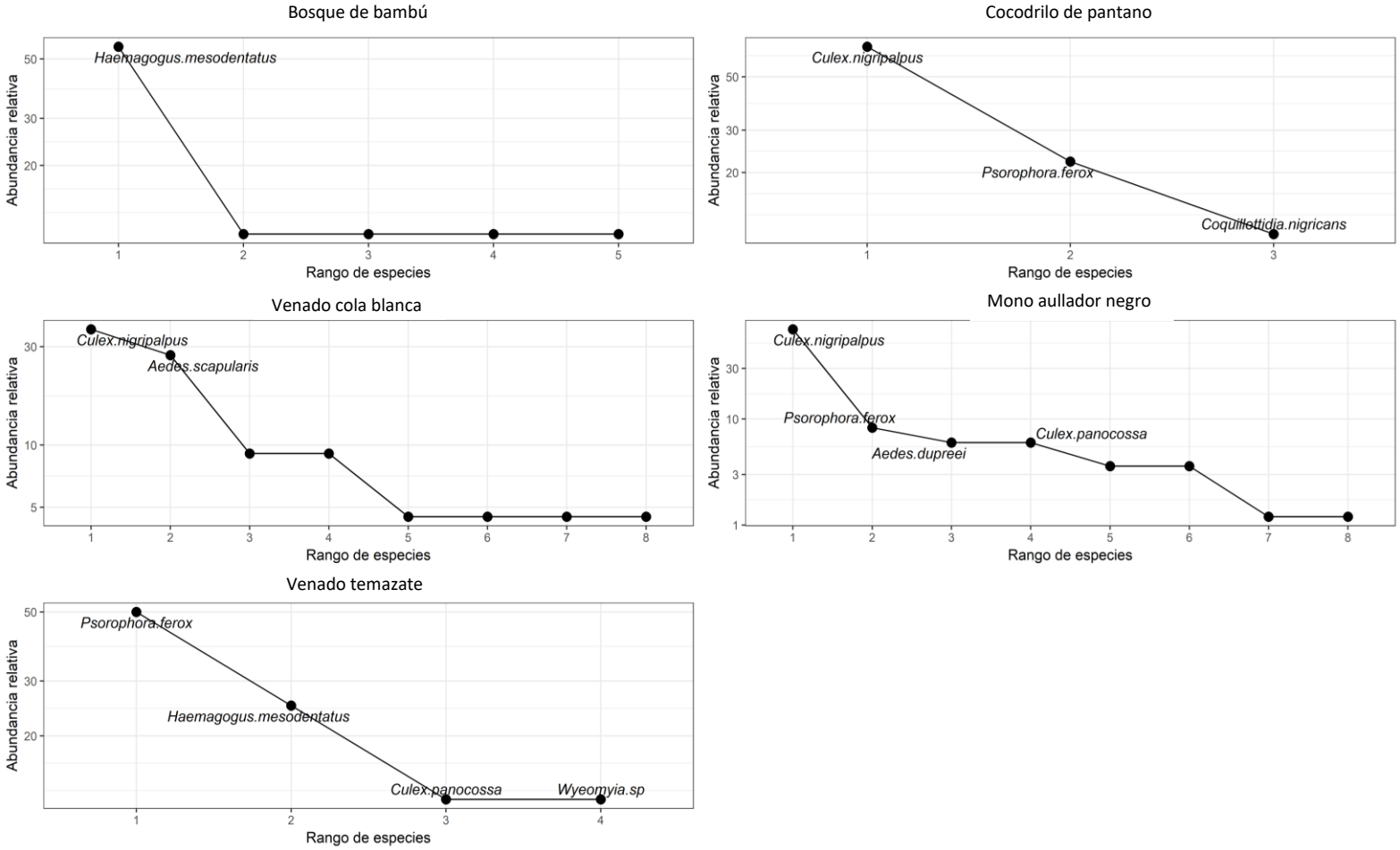


Figura 3. Comparación de curvas rango abundancia de las especies de mosquitos capturadas en los sitios muestreados durante el día.



Diversidad beta

La disimilitud entre la composición de las comunidades de mosquitos por sitio resultó mayor entre la interacción VT - BB (0.5172), seguido por la interacción MA - BB. Los sitios más similares en cuanto a la estructura de la comunidad de mosquitos fueron VT y CP (Cuadro 3, Figura 4).

Cuadro 3. Índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro.

	Bosque de bambú (BB)	**Cocodrilo de pantano (CP)**	**Venado cola blanca (VB)**	**Mono aullador negro (MA)**
Cocodrilo de pantano (CP)	0.4615385			
Venado cola blanca (VB)	0.2857143	0.2352941		
Mono aullador negro (MA)	0.5151515	0.2820513	0.3170732	
Venado temazate (VT)	0.5172414	0.2000000	0.2972973	0.3809524

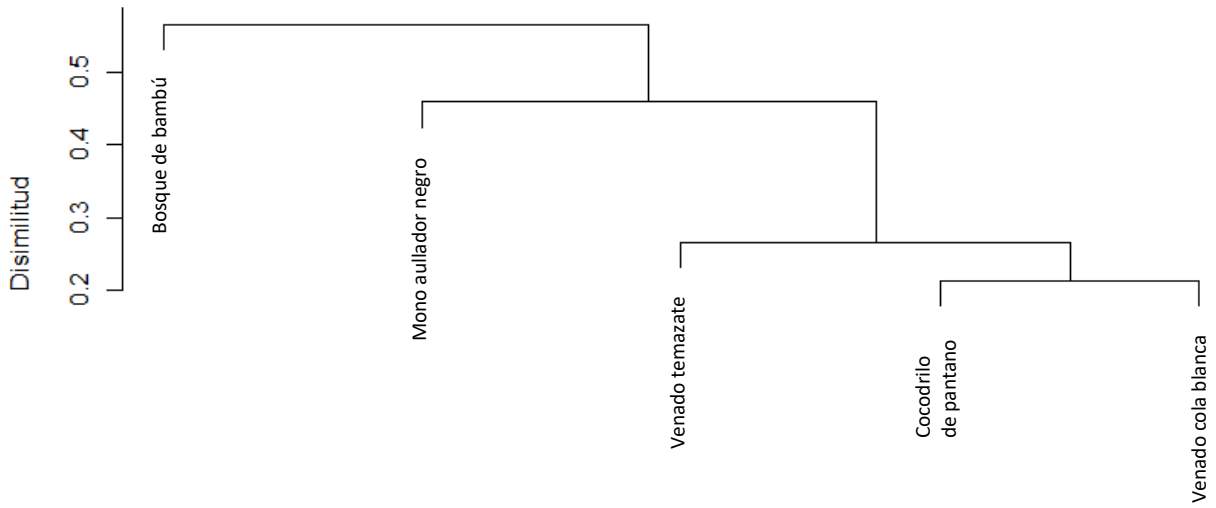
Figura 4. Dendograma del índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro.

La disimilitud entre la composición de las comunidades de mosquitos por sitio durante la noche resultó la interacción VT - BB (0.5238), seguido por la interacción MA - BB. Los sitios más similares en cuanto a la estructura de la comunidad de mosquitos fueron VB y CP (Cuadro 4, Figura 5).

Cuadro 4. Índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante la noche.

	Bosque de bambú (BB)	**Cocodrilo de pantano (CP)**	**Venado cola blanca (VB)**	**Mono aullador negro (MA)**
Cocodrilo de pantano (CP)	0.5000000			
Venado cola blanca (VB)	0.4444444	0.2307692		
Mono aullador negro (MA)	0.5200000	0.3333333	0.3548387	
Venado temazate (VT)	0.5238095	0.2413793	0.2592593	0.4705882

Figura 5. Dendograma del índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante la noche.

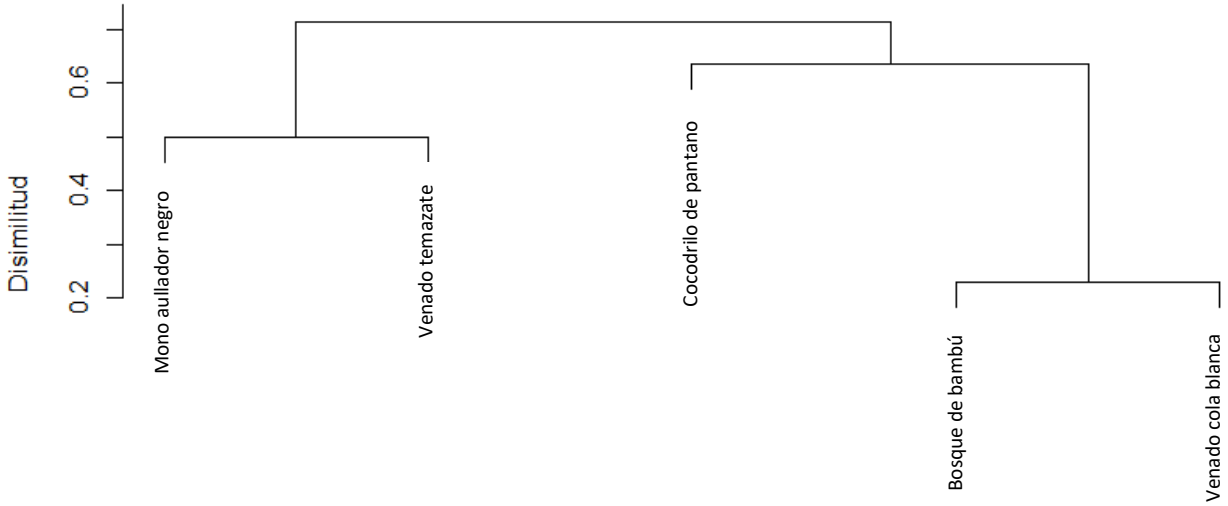


La disimilitud entre la composición de las comunidades de mosquitos por sitio durante el día fue mayor entre VT y CP. Los sitios más similares en cuanto a la estructura de la comunidad de mosquitos fueron VB y BB (Cuadro 5, Figura 6).

Cuadro 5. Índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante el día.

	Bosque de bambú (BB)	**Cocodrilo de pantano (CP)**	**Venado cola blanca (VB)**	**Mono aullador negro (MA)**
Cocodrilo de pantano (CP)	0.5000000			
Venado cola blanca (VB)	0.2307692	0.6363636		
Mono aullador negro (MA)	0.6923077	0.6363636	0.5000000	
Venado temazate (VT)	0.5555556	0.7142857	0.6666667	0. 5000000

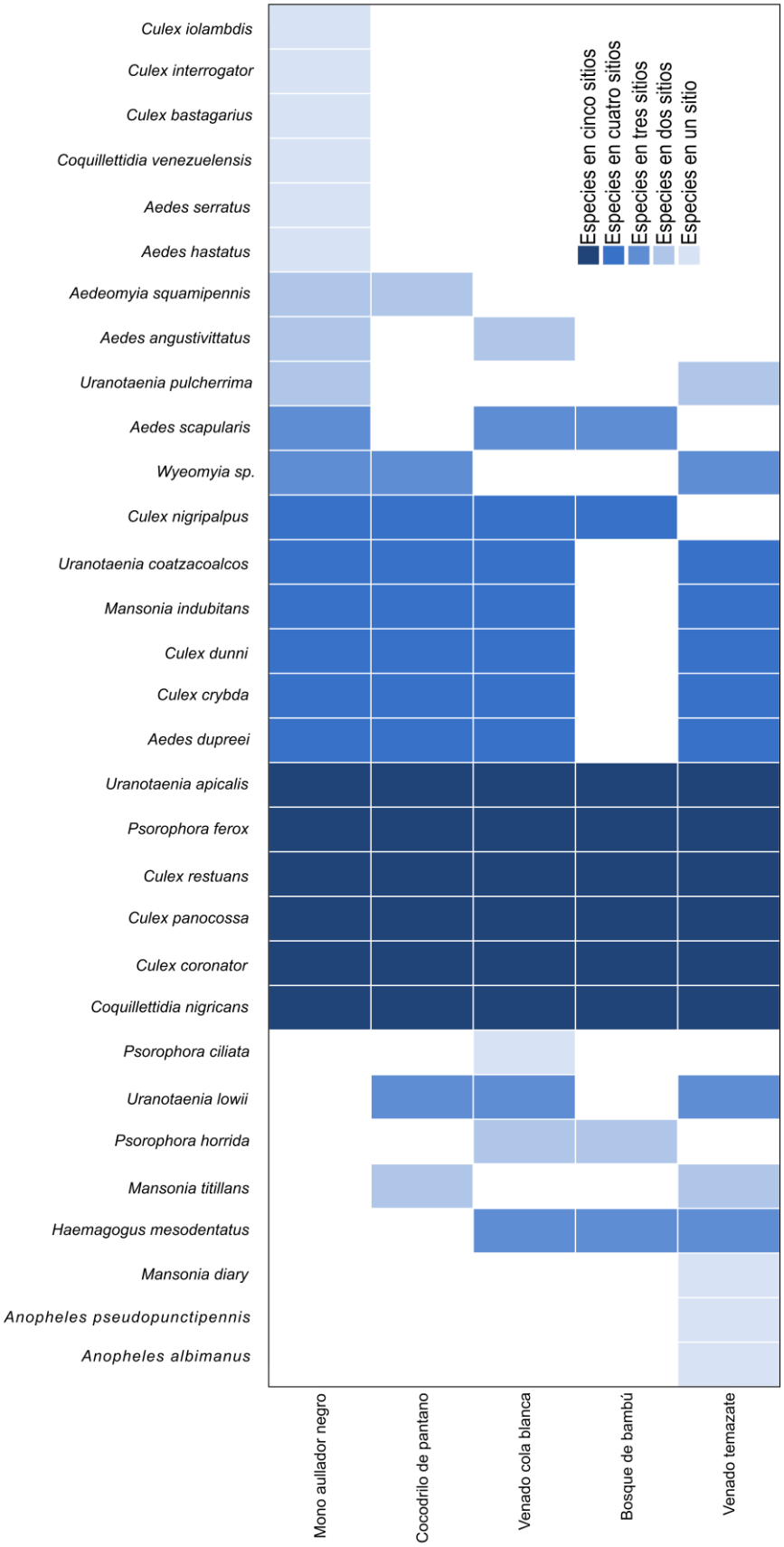
Figura 6. Dendograma del índice de disimilitud entre las estructuras de las comunidades de mosquitos (Diptera: Culicidae) por encierro durante el día.



Estructura de metacomunidades

El análisis de estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) presentó una cuasi estructura estocástica con pérdida de especies, esto quiere decir que el rango de especies de las comunidades de mosquitos con una porción menor del gradiente ambiental se encuentran contenidos dentro de los rangos de las comunidades que ocupan una mayor porción, además el agrupamiento de límites de rango no es significativo y tiene un valor de recambio aleatorio (Presley et al., 2010). Seis especies se capturaron en todos los sitios, *Coquilletidia nigricans* (Coquillett, 1904)*, Culex coronator* (Dyar y Knab, 1906)*, Culex panocossa* (Dyar, 1923)*, Culex restuans* (Theobald, 1901)*, Psorophora ferox* (Humboldt, 1819) y *Uranotaenia apicalis* (Theobald, 1903). Cinco especies se capturaron en todos los sitios excepto en BB, *Aedes dupreei* (Coquillett, 1904)*, Culex crybda* (Dyar, 1924)*, Culex dunni* (Dyar 1918)*, Mansonia indubitans* (Dyar y Shannon, 1925) y *Uranotaenia coatzacoalcos* (Dyar & Knab, 1906)*. Aedes hastatus* (Dyar, 1922)*, Aedes serratus* (Theobald, 1901)*, Coquillettidia venezuelenzis* (Theobald, 1912)*, Culex bastagarius* (Dyar y Knab, 1906)*, Culex interrogator* (Dyar y Knab, 1906) y *Culex iolambdis* (Dyar, 1918) únicamente se capturaron en el encierro MA. *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1820)*, Anopheles pseudopunctipennis* (Theobald, 1901) y *Mansonia dyari* (Belkin, Heinemann y Page, 1970) sólo se capturaron en el sitio VT*. Psorophora ciliata* (Fabricius, 1794) solo estuvo en el sitio VB (Figura 7).

Figura 7. Estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en los distintos encierros.



El análisis de estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) durante el horario nocturno presentó una estructura cuasi Gleasoniana, es decir, una estructura basada en respuestas idiosincráticas específicas e individualistas de las especies en respuesta al ambiente, donde la coexistencia resulta por similitudes en las tolerancias o requerimientos, con un valor de recambio aleatorio (Presley *et al*., 2010). Cinco especies se capturaron en todos los sitios, *Coquilletidia nigricans* (Coquillett, 1904), *Culex coronator* (Dyar y Knab, 1906), *Culex panocossa* (Dyar, 1923), *Culex restuans* (Theobald, 1901) y *Uranotaenia apicalis* (Theobald, 1903). Cuatro especies se capturaron en todos los sitios excepto en BB, *Aedes dupreei* (Coquillett, 1904), *Culex dunni* (Dyar, 1918), *Mansonia indubitans* (Dyar y Shannon, 1925) y *Uranotaenia coatzacoalcos* (Dyar y Knab, 1906). *Aedes hastatus* (Dyar, 1922), *Aedes serratus* (Theobald, 1901), *Coquillettidia venezuelenzis* (Theobald, 1912), *Culex bastagarius* (Dyar y Knab, 1906), *Culex interrogator* (Dyar y Knab, 1906) *y Culex iolambdis* (Dyar, 1918) únicamente se capturaron en el encierro MA. *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1820), *Anopheles pseudopunctipennis* (Theobald, 1901), *Haemagogus mesodentatus* (Komp y Kumm, 1938) y *Mansonia dyari* (Belkin, Heinemann y Page, 1970) solo se capturaron en el sitio VT. *Psorophora ciliata* (Fabricius, 1794) solo estuvo en el sitio VB. *Wyeomyia sp*. (Theobald, 1901) solo estuvo en CP (Figura 8).

El análisis de estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) durante el horario diurno también presentó una estructura cuasi Gleasoniana. Una especie se capturó en todos los sitios, *Psorophora ferox* (Humboldt, 1819). *Culex nigripalpus* (Theobald, 1901) estuvo presente en todos los sitios excepto

en VT. *Aedes serratus* (Theobald, 1901) y *Culex crybda* (Dyar, 1924) se capturaron sólo en el sitio MA. *Uranotaenia coatzacoalcos* (Dyar y Knab, 1906) se capturaron solo en VB y *Coquillettidia nigricans* (Coquillett, 1904) solo en CP (Figura 9).

Figura 8. Estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en los distintos encierros durante la noche.

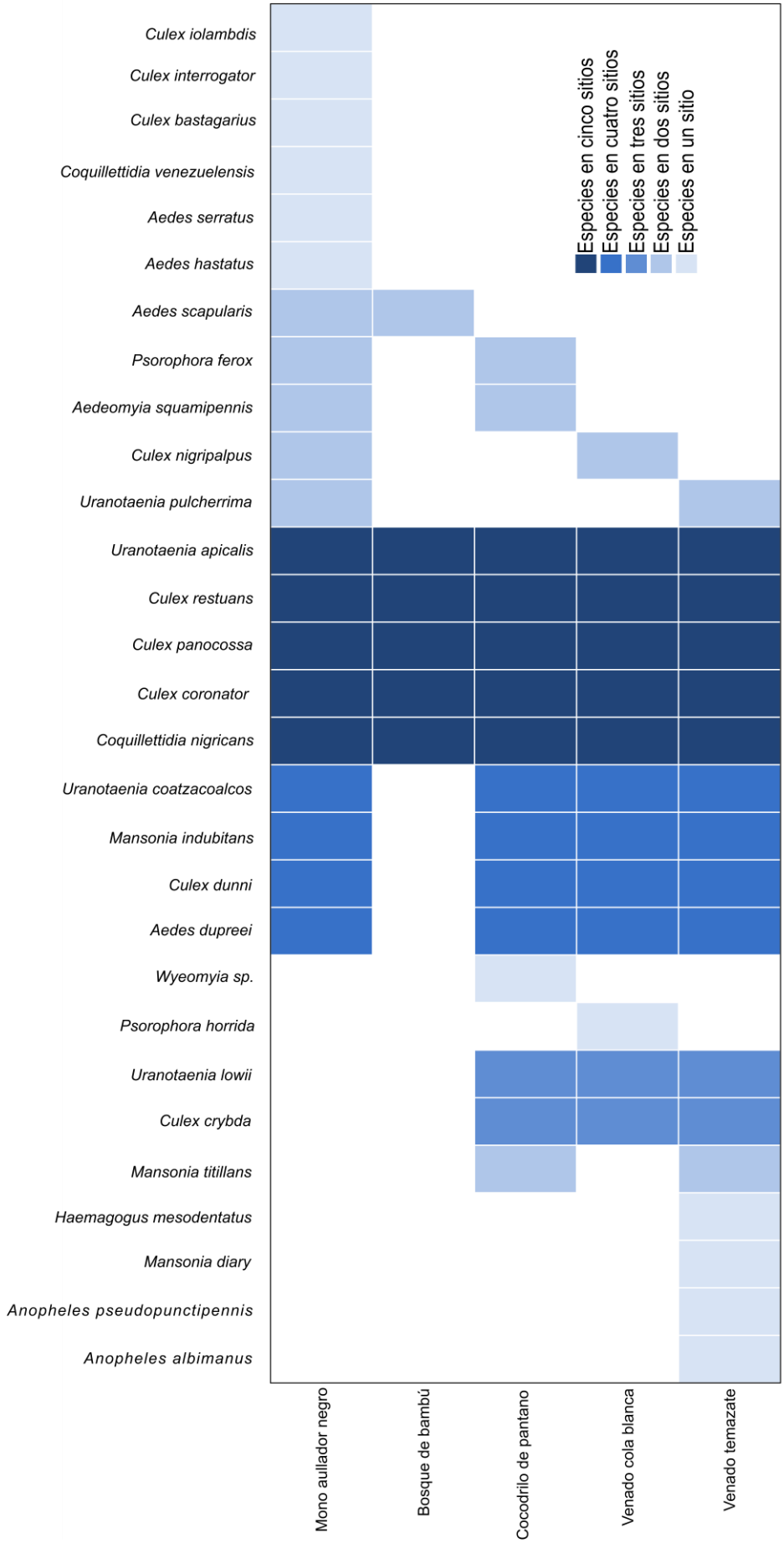
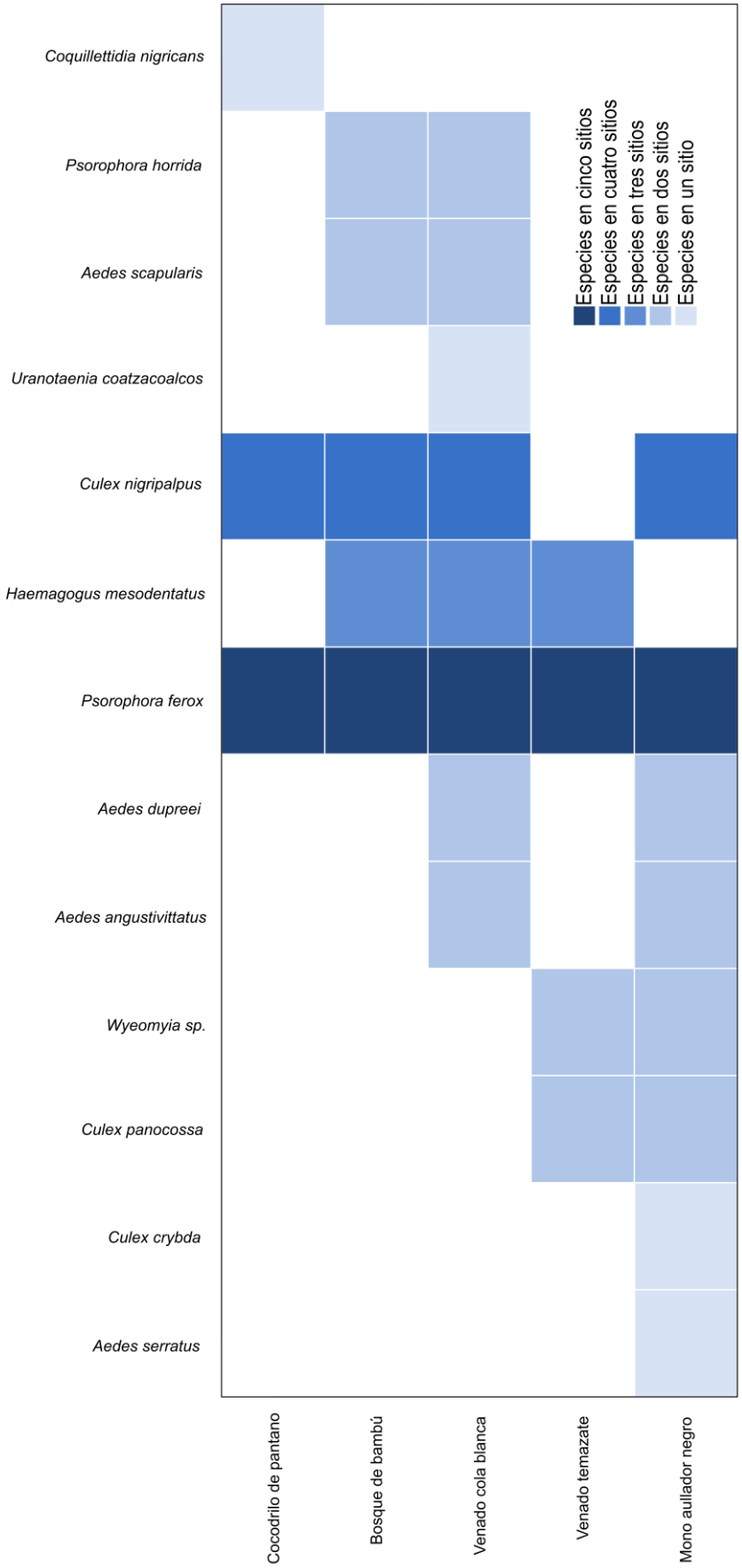


Figura 9. Estructura de la metacomunidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) en los distintos encierros durante el



Especias de importancia médica

Cuadro 6. Especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) reportadas como transmisoras de agentes infecciosos en animales domésticos y seres humanos.

Especies de mosquitos	**Agente infeccioso**
Anopheles albimanus (Wiedemann, 1820)	*Plasmodium* sp. (Beltrán-Aguilar *et al*., 2017)
Anopheles pseudopunctipennis (Theobald, 1901)	*Plasmodium* sp. (Beltrán-Aguilar *et al*., 2017)
Mansonia titillans (Walker, 1848)	VEEV (Ortega *et al.*, 2017)
Haemagogus mesodentatus (Komp y Kumm, 1938)	YF (Ortega *et al*., 2017)
Mansonia dyari (Belkin, Heinemann y Page, 1970)	RVFV (Turell *et al*., 2013)
Culex panocossa (Dyar, 1923)	VEEV (Walder *et al.*, 1984)
Culex restuans (Theobald, 1901)	SLEV, WNV (Ortega *et al*., 2017)
Psorophora ferox (Humboldt, 1819)	VEEV, WNV, MAYV, *Dermatobia hominis* (Mackay *et al*., 2008; Muñoz y Navarro, 2012; Ortega *et al*., 2017)
Culex dunni (Dyar, 1918)	VEEV (Walder et al., 1984)
Culex nigripalpus (Theobald, 1901)	EEEV, SLEV, WNV (Mackay *et al*., 2008; Ortega *et al*., 2017)
Aedes scapularis (Rondani, 1848)	VEEV, YFV, MAYV (Muñoz y Navarro, 2012; Ortega *et al*., 2017)
Aedeomyia squamipennis (Lynch Arribálzaga, 1878)	*Plasmodium* sp*.,* GAMV (Eastwood *et al*., 2016)
Aedes angustivittatus (Dyar y Knab, 1907)	VEEV, ILHV (Ortega *et al*., 2017)
Aedes serratus (Theobald, 1901)	YFV, OROV, MAYV (Muñoz y Navarro, 2012; Travassos Da Rosa *et al*., 2017)
Coquillettidia venezuelensis (Theobald, 1912)	SLEV, OROV, MAYV (Muñoz y Navarro, 2012; Travassos Da Rosa *et al*., 2017; Velásquez, 2018)
Uranotaenia lowii (Theobald, 1901)	WNV (Mackay *et al*., 2008)

VEEV: Virus de Encefalitis Equina Venezolana, SLEV: Virus de Encefalitis de San Luis, WNV: Virus del Oeste del Nilo, ORV: Virus Oropuche, MAYV: Virus Mayaro, YFV: Virus de la Fiebre Amarilla, EEEV: Virus de la Encefalitis Equina del Este, ILHV: Viris Ilheus, RVFV: Virus de la Fiebre del Valle de Rift, GAMV: Virus Gamboa.

Discusión

Este estudio se enfocó en determinar la composición y el ensamblaje de las especies de mosquitos en diferentes encierros de un zoológico con fauna nativa. Al considerar a los zoológicos como laboratorios naturales se favorece la exploración de las relaciones ecológicas que se establecen entre vertebrados, artrópodos y patógenos. Esto proporciona una visión realista de las asociaciones vector – hospedero, mismas que son determinantes en el establecimiento de zoonosis. En este contexto, los enfoques de biovigilancia son económicamente beneficiosos para los zoológicos, considerando los costos para mitigar problemas relacionados con artrópodos vectores. Cabe resaltar que los animales que residen en este sitio proporcionan una alerta fácilmente disponible y accesible relacionada con la detección de zoonosis potenciales, dado que son fauna nativa de la región. Este tipo de vigilancia representa un enfoque novedoso para la identificación de patógenos, mediante el cual se pueden monitorear animales en cautiverio para el reconocimiento de amenazas potenciales para la salud de los animales y las poblaciones humanas (Adler *et al*., 2011).

La alta incidencia de enfermedades transmitidas por vectores, en especial aquellas transmitidas por mosquitos, que caracteriza al sureste mexicano, resalta la importancia de contar con programas de biovigilancia (Hotez *et al.*, 2015). En particular, en el estado de Chiapas existe evidencia de la circulación de los Virus del Oeste del Nilo y Dengue, tanto en animales domésticos y silvestres, como en mosquitos (Sotomayor-Bonilla *et al*., 2014; Ulloa *et al*., 2009, 2003).

Con 75% de su población en pobreza, el primer lugar en marginación y el 18.6% de su territorio con selva o bosque (INEGI, 2013; Ortega, 2016), Chiapas tiene las características geográficas, demográficas y socioeconómicas idóneas para que la circulación de ETV se mantenga, así como la alta probabilidad de aparición de brotes epizoóticos (Ferraguti *et al*., 2016; Hanley *et al*., 2013; Paul E. Parham *et al.*, 2015). Esto destaca la importancia de la vigilancia en la región, debido a que, de las 30 especies de mosquitos encontradas en este estudio, 16 son de importancia médica y veterinaria. Dentro de los agentes infecciosos que transmiten se encuentran DENV, YFV, WNV, OROV, MAYV, SLEV, EEEV, VEEV, ILHV, RVFV y varias especies del género *Plasmodium*. Con esto, cobra mayor relevancia la implementación de esquemas monitoreo continuo que impulsen el desarrollo de programas de control, prevención y biovigilancia acordes con la situación socioeconómica de cada región.

Entre los factores socioeconómicos y ecológicos involucrados en la dispersión de los mosquitos y por ende, en la dispersión de las ETV, destacan en este estudio el nivel socioeconómico de la región, la presencia de ecotonos y el cambio de uso de suelo (Marcondes *et al*., 2017; Paul E. Parham *et al*., 2015). Como menciona LaBeaud (2008), la pobreza es un factor de gran importancia, ya que está significativamente asociada con regiones desatendidas por los servicios de salud y en donde las ETV son ignoradas. Aunado a esto, se favorece el establecimiento perpetuo de un círculo vicioso entre la contribución de la pobreza a la transmisión de las ETV, y dicha transmisión sobre el mantenimiento de la pobreza. Con respecto a los ecotonos, Despommier (2006) recalca su importancia en el intercambio de reservorios y en la disponibilidad de hábitats

especializados para vectores y hospederos, como ejemplo, menciona la interfaz entre los asentamientos humanos y los ecosistemas naturales. En este punto cabe destacar la posición geográfica del Ecoparque Aluxes, ya que está posicionado entre el Parque Nacional Palenque y la ciudad de Palenque, que coincide totalmente con la descripción de Despommier. De igual forma, Despommier explica que la influencia antropogénica reflejada sobre el tipo de uso de suelo o el cambio de cobertura puede describirse como un aumento efectivo de los procesos ecotonales al aumentar su extensión geográfica y superposición. Por lo tanto, mientras mayor sea el cambio en el tipo de uso de suelo, mayor será la presencia de ecotonos. Estos cambios aumentan la probabilidad de que las dinámicas de transmisión se modifiquen, alterando la incidencia de las ETV y aumentando el riesgo de infección tanto en los animales domésticos, silvestres y seres humanos (Reisen, 2010).

Por otro lado, un elemento importante que determina la participación de los hospederos dentro de las dinámicas de trasmisión de las ETV es la especificidad y preferencia alimenticia de los mosquitos (Foster y Walker, 2019; Omondi *et al*., 2015). En este proyecto, la especificidad y preferencia alimenticia se midieron con relación a la presencia de las especies de mosquitos en cada sitio, por lo que aquellas que se encontraron en todos los sitios, incluyendo los que tuvieron presencia de vertebrados confinados y el bosque de bambú se clasificaron como especies con comportamiento y preferencia generalista. De igual forma, se clasificó como especies sensibles a la presencia de hospederos y al hábitat, a las especies que se encontraron en todos los sitios con presencia de vertebrados confinados, excepto en bosque de bambú, ya que éste no tiene presencia de

vertebrados y su vegetación es introducida. Por último, se clasificó como especies específicas de hospedero a aquellas que se encontraron sólo en un sitio, en este caso los sitios mono aullador negro y venado temazate. Esta clasificación permitió reconocer que las especies de mayor importancia médica como *Aedes serratus* (Theobald, 1901), *Coquillettidia venezuelenzis* (Theobald, 1912), *Anopheles albimanus* (Wiedemann, 1820), *Anopheles pseudopunctipennis* (Theobald, 1901) y *Mansonia dyari* (Belkin, Heinemann y Page, 1970) presentaron preferencias alimenticias altamente específicas hacia mono aullador negro y venado temazate. La alta especificidad de estas especies de mosquitos se ha relacionado con la detección serológica de importantes agentes infecciosos (YFV, OROV, SLEV, RVFV, MAYV y *Plasmodium* sp.) en especies filogenéticamente cercanas a ambos hospederos (Asada *et al*., 2018; De Barreto Almeida *et al.*, 2016; De Thoisy *et al*., 2003; Linthicum *et al.*, 2016).

Adicionalmente, en este estudio se encontró que, de las especies de importancia médica, el 57.1% no coincide con su bionomía, es decir, que se capturaron en lugares con características de microhábitat distintas a las reportadas en la literatura (Anexo 1). Estas especies fueron capturadas en los encierros mono aullador negro y venado temazate, donde se encontraron en cada sitio 11 y 10 especies de importancia médica, respectivamente. Esto es de suma relevancia ya que se ha reportado que la transición de agentes patógenos de los ciclos enzoóticos hacia el ser humano ocurre en ecotonos con entornos selváticos, cobrando mayor importancia al involucrar especies con alta tendencia al cambio de sus ámbitos hogareños (Hanley *et al*., 2013; Vasilakis *et al.*, 2010). Cabe resaltar que un aumento en las tasas de contacto y, por lo tanto, en las

oportunidades de transmisión de patógenos se asocia con la cercanía geográfica y filogenética, favoreciendo que hospederos relacionados compartan patógenos (Davies y Pedersen, 2008). En consecuencia, la coincidencia espacial y la cercanía filogenética del mono aullador negro y el venado temazate con el ser humano, dada en un sitio muy concurrido como lo es un zoológico, aumenta la probabilidad de ocurrencia de cambios o saltos de hospedero dentro de las dinámicas de transmisión de ETV.

Conforme a la caracterización de los sitios y las bionomías, 70.9% de las especies de mosquitos no coincidieron con las características del hábitat donde se capturaron. Con base en la literatura, la mayoría de las especies de mosquitos capturadas en este estudio desarrollan sus estadios larvarios en cuerpos de agua con plantas acuáticas (*Pistia* sp.), mientras algunas otras desarrollan sus estadios larvarios en bosques con charcas, agua fangosa en agujeros de árboles o en pantanos. De modo que, a pesar de que en este sitio se tengan las condiciones específicas de hábitat idóneas para el desarrollo de las especies capturadas, éstas no se encontraron totalmente establecidas en los sitios indicados en la literatura (Anexo 1) Esto último se puede asociar a varios factores ecológicos, entre los que destaca la plasticidad de algunas especies de mosquitos para adaptarse a nuevos hábitats, como se ha demostrado con varias especies de los géneros *Culex*, *Aedes* y *Haemagogus* (Alencar *et al*., 2009; Ngoagouni *et al*., 2015; Vinogradova, 2003). Del mismo modo, estos cambios se pueden asociar a la espacio temporalidad de los mosquitos además de ser influenciada fuertemente por las características del hábitat, es mayormente influenciada por la abundancia (Burkett-Cadena *et al*., 2013), y a su vez, la

identidad de los hospederos (Eubanks *et al*., 2008). Esto es relevante debido a los cambios en la biología y ecología de los mosquitos que están ocurriendo con los cambios ambientales, sobre todo por la adaptación a nuevos hábitats y la influencia relacionada con los hospederos sobre los patrones de distribución (Burkett-Cadena *et al*., 2013). Debido a ello, resalta la necesidad de realizar este tipo de estudios, que propicien la corroboración y actualización de la información de las especies de mosquitos que habitan en los entornos selváticos.

No obstante, otra aproximación que reconoce la influencia de los hospederos en los patrones de distribución de los mosquitos es la teoría de metacomunidades. Durante el día y la noche ambas metacomunidades mantuvieron una estructura cuasi Gleasoniana. Dado que los hospederos se encontraron en el mismo lugar todo el tiempo debido a su estado cautivo, las especies de mosquitos conservaron la estructura de la metacomunidad indistintamente del horario (Presley *et al.*, 2010). De igual forma, hay estudios donde se menciona que la pérdida de especies dentro de una metacomunidad predispone la transmisión de patógenos, al favorecer la presencia de especies de mosquitos reconocidas como vectores (Medeiros-sousa *et al*., 2017). En el presente estudio dicha tendencia se cumple en la mayoría de los sitios, donde el sitio con menor riqueza de especies (BB) presentó 50% de sus especies como vectores de importancia médica, mientras que el sitio con mayor riqueza (MA) presentó 43.47% de éstas. Esto destaca la importancia de incorporar herramientas o aproximaciones ecológicas para aumentar la comprensión de las dinámicas de transmisión en los ciclos enzoóticos y epizoóticos.

En los últimos años, se han realizado una gran cantidad de estudios para entender, pero sobre todo, reconocer la importancia de los entornos selváticos en la dinámica de las enfermedades transmitidas por vectores (Hanley *et al*., 2013; Reisen, 2010; Vasilakis *et al*., 2011, 2010). Los entornos selváticos son la fuente primordial de todos los elementos implicados en la transmisión de las ETV: vectores, patógenos hospederos y reservorios competentes, y por lo general las dinámicas de transmisión, que se mantienen continuamente a través de ciclos enzoóticos, son exclusivas de estos sitios (Reisen, 2010; Vasilakis *et al*., 2011). El origen de la problemática actual es resultado directo de la intromisión humana en este tipo de entornos, ya sea con fines extractivos o de establecimiento. De esta forma, el ser humano altera las dinámicas de transmisión al involucrarse dentro de éstas, fungiendo en algunos casos como un excelente hospedero amplificador (Hanley *et al*., 2013; Weaver y Barrett, 2004). En consecuencia, el número de muertes anuales de seres humanos ocasionadas por ETV es realmente alarmante y presenta una tendencia a incrementarse (OMS, 2017). Lo que resalta la necesidad de contar con soluciones a corto, mediano y largo plazo que incorporen distintas escalas temporales y espaciales. Urge optimizar los programas de prevención, atención y control de ETV a todos niveles: comunidad, región, estado y país; pero es imperativo empezar en las comunidades que tienen mayor contacto con este tipo de entornos, sobre todo aquellas localizadas en estados pobres, altamente marginados y con alta incidencia de ETV, como los ubicados en el sureste mexicano.

Conclusión

A partir de los resultados presentados en este proyecto podemos asumir que la presencia de hospederos, considerando tanto su identidad como abundancia, influyen en la distribución espacial y diversidad de las especies de mosquitos. Dado que el sitio de estudio se ubica dentro de en una zona de transición, el ensamble de comunidades de mosquitos no está bien establecido, lo que favorece una alta riqueza de especies de mosquitos, en conjunto con la gran cantidad de especies de fauna nativa que son albergadas permanentemente dentro del zoológico. Esta combinación resulta en un sistema que permite asumir que la identificación de asociaciones vector – hospedero son potencialmente genuinas.

Se proporciona información relevante para la elaboración de planes y programas de medicina preventiva y sistema de vigilancia epidemiológica, tanto para los animales en resguardo como para las personas, incluyendo a los visitantes y trabajadores. A su vez, provee información puntual sobre la ecología de estos artrópodos vectores que deberá ser incorporada en los programas de control y vigilancia epidemiológica.

Hace falta la generación de información para poder comprender por completo las dinámicas de transmisión de las enfermedades transmitidas por vectores, sobre todo en los ciclos selváticos, pero este tipo de estudios pueden fungir como la puerta para aproximaciones más robustas, como lo son la determinación de las asociaciones vector – hospedero a través de la identificación molecular de la sangre de los mosquitos alimentados y la inclusión de aproximaciones

filogenéticas, donde se pueda observar la relación filogenética de los hospederos con las especies de mosquitos.

Referencias

Abella-Medrano, C.A., Ibáñez-Bernal, S., MacGregor-Fors, I., Santiago-Alarcon, D., (2015) “Spatiotemporal variation of mosquito diversity (Diptera: Culicidae) at places with different land-use types within a neotropical montane cloud forest matrix” en *Parasites & Vectors.* Volumen 8, número 1, pp. 1–11.

Adler, P. H., Tuten, H.C., Nelder, M.P., (2011) “Arthropods of Medico Veterinary Importance in Zoos” en *Annual Review of Entomology.* Volumen 56, número 1, pp. 123–142.

Alencar, J., dos Santo Silva, J., Maués Serra-freire, N., Guimarães, A.É., (2009) “Dispersion and Ecological Plasticity Patterns of *Haemagogus capricornii* and *H. janthinomys* (Diptera:Culicidae) Populations in Different Regions of Brazil” en *Entomological News*. Volumen 120, número 1, pp. 53-60.

Arnell, J.H., (1973) “Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXXII. A revision of the genus Haemagogus” en *Contributions of the American Entomological Institute*. Volumen 10, número 2, pp. 1–174.

Arnell, J.H., (1976) “Mosquito studies (Diptera, Culicidae). XXXIII. A revision of the *Scapularis* Group of *Aedes* (*Ochlerotatus*)” en *Contributions of the American Entomological Institute*. Volumen 13, número 3, pp. 1–143.

Arsevska, E., Hellal, J., Mejri, S., Hammami, S., Marianneau, P., Calavas, D., (2016) “Identifying Areas Suitable for the Occurrence of Rift Valley Fever in North Africa: Implications for Surveillance” en *Transboundary and emerging diseases*. Volumen 63, número 6, pp. 658–674.

Asada, M., Takeda, M., Tomas, W.M., Pellegrin, A., de Oliveira, C.H.S., Barbosa, J.D., da Silveira, J.A.G., Braga, É.M., Kaneko, O., (2018) “Close relationship of Plasmodium sequences detected from South American pampas deer (*Ozotoceros bezoarticus*) to *Plasmodium spp*. in North American white-tailed deer” en *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife.* Volumen 7, número 1, pp. 44–47.

Baselga, A., Orme, C.D.L., (2012) “Betapart: An R package for the study of beta diversity” en *Methods in Ecology and Evolution*. Volumen 3, número 5, pp. 808–812.

Belkin, J.N., Heinemann, S.J., Page, W.A., (1970) “The Culicidae of Jamaica” en *Contributions of the American Entomological Institute*. Volumen 6, número 1, pp. 1–451.

Beltrán-Aguilar, A., Ibáñez-Bernal, S., Mendoza- Palmero, F., Sandoval-Ruiz, C.A., Hernández-Xoliot, R.A., (2017) “Taxonomía y distribución de los anofelinos

en el estado de Veracruz, México (Diptera: Culicidae, Anophelinae)" en *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*. Volumen 27, número 3, pp. 601–755.

Bichaud, L., de Lamballerie, X., Alkan, C., Izri, A., Gould, E.A., Charrel, R.N., (2014) "Arthropods as a source of new RNA viruses" en *Microbial Pathogenesis*. Volumen 77, pp. 136–141.

Bond, J.G., Casas-Martínez, M., Quiroz-Martínez, H., Novelo-Gutiérrez, R., Marina, C.F., Ulloa, A., Orozco-Bonilla, A., Muñoz, M., Williams, T., (2014) "Diversity of mosquitoes and the aquatic insects associated with their oviposition sites along the Pacific coast of Mexico" en *Parasites and Vectors*. Volumen 7, número 1, pp. 1–19.

Burkett-Cadena, N.D., McClure, C.J.W., Estep, L.K., (2013) "Hosts or habitats: What drives the spatial distribution of mosquitoes? en *ECOSPHERE*. Volumen 4, número 2, febrero, pp. 1–16.

Carpenter, S.J. y W.J. Lacasse, (1974). *Mosquitoes of North America*, Berkeley, Los Angeles, London, University of California Press.

Cevallos, V., Ponce, P., Waggoner, J.J., Pinsky, B.A., Quiroga, C., Morales, D., José, M., (2018). "Zika and Chikungunya virus detection in naturally infected *Aedes aegypti* in Ecuador" en *Acta Tropica*. Volumen 177, octubre, pp. 74–80.

Charney, N., Record, S., (2015) "Jost Diversity Measures for Community Data".

Clark-Gil, S., Darsie, R.F., (1983) "The Mosquitoes of Guatemala. Their Identification, Distribution and Bionomics, With Keys to Adult Females and Larvae in English and Spanish" en *Mosquito Systematics*. Volumen 15, número 3, pp. 152–282.

Dallas, T., (2014) "Metacom: An R package for the analysis of metacommunity structure" en *Ecography*. Volumen 37, pp. 402–405.

Danis-lozano, R., Díaz-González, E.E., Trujillo-Murillo, K.C., Caballero-Sosa, S., Sepúlveda-Delgado, J., Malo-García, I.R., Salgado-Corsantes, L.M., Canseco-Ávila, L.M., Domínguez-Arrevillaga, S., Torres-Zapata, R., Gómez-Cruz, O., Fernández-Salas, I., (2017) "Clinical characterization of acute and convalescent illness of confirmed chikungunya cases from Chiapas, S . Mexico: A cross sectional study" en *PLoS ONE*. Volumen 12, número 10, pp. 1–16.

Davies, T.J., Pedersen, A.B., (2008) "Phylogeny and geography predict pathogen community similarity in wild primates and humans" en *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. Volumen 275, número 1643, pp. 1695–1701.

De Barreto Almeida, M.A., Da Cruz Cardoso, J., Dos Santos, E., Martins Romano, A.P., Oliveira Chiang, J., Carício Martins, L., Da Costa Vasconcelos, P.F., Bicca-Marques, C.J., (2016) "Immunity To Yellow Fever, Oropouche and Saint Louis Viruses in a Wild Howler Monkey" en *Neotropical Primates*. Volumen 23, número 1, pp. 19–21.

De Thoisy, B., Gardon, J., Alba Salas, R., Morvan, J., Kazanji, M., (2003) “Mayaro virus in wild mammals, French Guiana” en *Emerging Infectious Diseases*. Volumen 9, número 10, pp. 1326–1329.

Despommier, D., Ellis, B.R., Wilcox, B.A., (2006) “The role of ecotones in emerging infectious diseases” en *Ecohealth*. Volumen 3, número 4, pp. 281–289.

Dowling, Z., Ladeau, S.L., Armbruster, P., Biehler, D., Leisnham, P.T., (2013) “Socioeconomic Status Affects Mosquito (Diptera:Culicidae) Larval Habitat Type Availability and Infestation Level” en *Journal of Medical Entomology.* Volumen 50, número 4, pp. 764–772.

Eastwood, G., Loaiza, J.R., Pongsiri, M.J., Sanjur, O.I., Pecor, J.E., Auguste, A.J., Kramer, L.D., (2016) “Enzootic arbovirus surveillance in forest habitat and phylogenetic characterization of novel isolates of Gamboa virus in Panama” en *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Volumen 94, número 4, pp. 786–793.

Eubanks, M.D., Hassan, H.K., Unnasch, T.R., Guyer, C., Graham, S.P., Burkett-Cadena, N.D., Katholi, C.R., (2008) “Blood Feeding Patterns of Potential Arbovirus Vectors of the Genus *Culex* Targeting Ectothermic Hosts” en *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Volumen 79, número 5, pp. 809–815.

Ferraguti, M., Puente, J.M., Roiz, D., Ruiz, S., (2016) “Effects of landscape anthropization on mosquito community composition and abundance” en *Scientific Reports*. Volumen 6, número 29002, pp. 1–9.

Foster, W.A. y E.D. Walker, (2019) “Mosquitoes (Culicidae)” en Durden, L.A. y G.R. Mullen (ed.) *Medical and Veterinary Entomology*. 3rd Edition. Elsevier Inc.

Galindo, P., Blanton, F.S., Peyton, E.L., (1954) “A Revision of the *Uranotaenia* of Panama with Notes on Other American Species of the Genus (Diptera, Culicidae)” en *Annals of the Entomological Society of America*. Volumen 47, número 1, pp. 107–177.

Golding, N., Nunn, M.A., Purse, B. V, (2015) “Identifying biotic interactions which drive the spatial distribution of a mosquito community” en *Parasites & Vectors*. Volumen 8, número 367, pp. 1–10.

Granich, R., Cantwell, M.F., Long, K., Maldonado, Y., Parsonnet, J., (1999) “Patterns of health seeking behavior during episodes of childhood diarrhea: a study of Tzotzil-speaking Mayans in the highlands of Chiapas, Mexico” en *Social science & medicine*. Volumen 48, número 4, febrero, pp 489–495.

Gratz, N.G., (2006) *The vector- and rodent-borne diseases of Europe and North America: their distribution and public health burden*. Cambridge, Cambridge University Press.

Hanley, K.A., Monath, T.P., Weaver, S.C., Rossi, S.L., Richman, R.L., Vasilakis, N., (2013) “Fever versus fever: The role of host and vector susceptibility and interspecific competition in shaping the current and future distributions of the

sylvatic cycles of dengue virus and yellow fever virus” en *Infection, Genetics and Evolution*. Volumen 19, pp. 292–311.

Hotez, P.J., Bottazzi, M.E., Dumonteil, E., Buekens, P., (2015) “The Gulf of Mexico: A “Hot Zone” for Neglected Tropical Diseases?” *PLoS Neglected Tropical Diseases*. Volumen 9, número 2, pp. e0003481.

INEGI, (2013) “Conociendo Chiapas”.

Jones, K.E., Patel, N.G., Levy, M.A., Storeygard, A., Balk, D., Gittleman, J.L., Daszak, P., (2008) “Global trends in emerging infectious diseases” en *Nature*. Volumen 451, número 7181, pp. 990–994.

Jost, L., González-Oreja, J.A., (2012) “Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon” *en Acta zoológica lilloana*. Volumen 56, número 1-2, pp. 3–14.

Kilpatrick, A.M., Randolph, S.E., (2013) “Drivers, dynamics, and control of emerging vector-borne zoonotic diseases” en *National Institute of Health*. Volumen 6, número 9857, pp. 247–253.

Komp, W.H.W., (1949) “*AEDES (OCHLEROTATUS) NUBILUS* THEOBALD, 1903 A SYNONYM OF *AEDES (OCHLEROTATUS) SERRATUS* THEOBALD, 1901” en *Proceedings of the Entomological Society of Washington*. Volumen 51, junio, pp. 105– 14.

LaBeaud, A.D., (2008) “Why arboviruses can be neglected tropical diseases” en *PLoS Neglected Tropical Diseases*. Volumen 2, número 6, pp. 1–2.

Leibold, M.A., Holyoak, M., Mouquet, N., Amarasekare, P., Chase, J.M., Hoopes, M.F., Holt, R.D., Shurin, J.B., Law, R., Tilman, D., Loreau, M., Gonzalez, A., (2004) “The metacommunity concept: A framework for multi-scale community ecology” en *Ecology Letters*. Volumen 7, número 7, pp. 601–613.

Leibold, M.A., Mikkelson, G.M., (2002) “Coherence, species turnover, and boundary clumping elements of meta-community structure” en *Oikos*. Volumen 97, número 2, pp. 237–250.

Linthicum, K.J., Britch, S.C., Anyamba, A., (2016) “Rift Valley Fever: An Emerging Mosquito-Borne Disease” en *Annual Review of Entomology*. Volumen 61, número 1, pp. 395–415.

Logue, J.B., Mouquet, N., Peter, H., Hillebrand, H., (2011) “Empirical approaches to metacommunities: A review and comparison with theory” en *Trends in Ecology and Evolution*. Volumen 26, número 9, pp. 482–491.

Mackay, A.J., Roy, A., Yates, M.M., Foil, L.D., (2008) “West Nile Virus Detection in Mosquitoes in East Baton Rouge Parish, Louisiana, from November 2002 to October 2004” en *Journal of the American Mosquito Control Association*. Volumen 24, número 1, pp. 28–35.

Marcondes, C.B., Contigiani, M., Gleiser, R.M., (2017) “Emergent and Reemergent Arboviruses in South America and the Caribbean: Why So Many

and Why Now?" en *Journal of medical entomology*. Volumen 54, marzo, pp. 509–532.

Medeiros-sousa, A.R., Fernandes, A., Ceretti-junior, W., Barreto, A., Wilke, B., Tomedo Marrelli, M., (2017) "Mosquitoes in urban green spaces: using an island biogeographic approach to identify drivers of species richness and composition" en *Scientific Reports*. Volumen 7, diciembre, pp. 1–11.

Miranda, F., Hernández, E., (1963) "LOS TIPOS DE VEGETACIÓN DE MÉXICO Y SU CLASIFICACIÓN". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. Volumen 28, pp. 29–179.

Muñoz, M., Navarro, J.C., (2012) "Virus Mayaro: un arbovirus reemergente en Venezuela y Latinoamérica" en *Biomédica*. Volumen 32, número 2, pp. 286–302.

Naddaf, S.R., Oshaghi, M.A., Vatandoost, H., (2012) "Confirmation of Two Sibling Species among *Anopheles fluviatilis* Mosquitoes in South and Southeastern Iran by Analysis of Cytochrome Oxidase I Gene" en *Journal of arthropod-borne diseases*. Volumen 6, número 2, pp. 144–150.

Ngoagouni, C., Kamgang, B., Nakouné, E., Paupy, C., Kazanji, M., (2015) "Invasion of *Aedes albopictus* (Diptera:Culicidae) into central Africa: what consequences for emerging diseases?" en *Parasites & Vectors*. Volumen 8, pp. 1–7.

Omondi, D., Masiga, D.K., Ajamma, Y.U., Fielding, B.C., Njoroge, L., Villinger, J., (2015) "Unraveling host-vector-arbovirus interactions by two-gene high resolution melting mosquito bloodmeal analysis in a Kenyan wildlife-livestock interface" en *PLoS One*. Volumen 10, número 7, pp. 1–23.

OMS, (2017) "Respuesta mundial para el control de vectores 2017 – 2030".

Ortega, A., K Siller-Rodríguez, Q., Garza-Hernandez, J., Huerta-Jiménez, H., López-Hernández, J., Acosta, C., Correa-Morales, F., (2017) "Distribution of mosquito species (Diptera:Culicidae) vectors of arboviruses in Mexico".

Ortega, T.A., (2016) "Desigualdad y marginación en Chiapas" en *Península*. Volumen XI, número 2, pp. 143–159.

Parham, P. E., Waldock, J., Christophides, G.K., Hemming, D., Agusto, F., Evans, K.J., Fefferman, N., Gaff, H., Gumel, A., LaDeau, S., Lenhart, S., Mickens, R.E., Naumova, E.N., Ostfeld, R.S., Ready, P.D., Thomas, M.B., Velasco-Hernandez, J., Michael, E., (2015) "Climate, environmental and socio-economic change: weighing up the balance in vector-borne disease transmission" en *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. Volume 370, número 1665, pp. 20130551.

Patterson, J., (2016) "Integrating Emergency Care with Population Health Dengue, Zika and Chikungunya: Emerging Arboviruses in the New World" en *Western Journal of Emergency Medicine*. Volumen 17, número 6, pp. 671–679.

Presley, S.J., Higgins, C.L., Willig, M.R., (2010) “A comprehensive framework for the evaluation of metacommunity structure” en *Oikos*. Volumen 119, número 6, pp. 908–917.

Reisen, W.K., (2010) “Landscape Epidemiology of Vector-Borne Diseases” en *Annual Review of Entomology*. Volumen 55, número 1, pp. 461–483.

Sallum, M.A., Forattini, O.P., (1996) “Revision of the Spissipes Section of *Culex* (*Melanoconion*) (Diptera:Culicidae)” en *Journal of the American Mosquito Control Association*. Volumen 12, número 3, pp. 517–600.

Sotomayor-Bonilla, J., Chaves, A., Rico-Chávez, O., Rostal, M.K., Ojeda-Flores, R., Salas-Rojas, M., Aguilar-Setien, Á., Ibáñez-Bernal, S., Barbachano-Guerrero, A., Gutiérrez-Espeleta, G., Aguilar-Faisal, J.L., Aguirre, A.A., Daszak, P., Suzán, G., (2014) “Short report: Dengue virus in bats from southeastern Mexico” en *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Volumen 91, número 1, pp. 129–131.

Travassos Da Rosa, J.F., De Souza, W.M., De Paula Pinheiro, F., Figueiredo, M.L., Cardoso, J.F., Acrani, G.O., Teixeira Nunes, M.R., (2017) “Oropouche virus: Clinical, epidemiological, and molecular aspects of a neglected orthobunyavirus” en *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Volumen 96, número 5, pp. 1019–1030.

Turell, M.J., Britch, S.C., Aldridge, R.L., Kline, D.L., Boohene, C., Linthicum, K.J., (2013) “Potential for Mosquitoes (Diptera:Culicidae) From Florida to Transmit Rift Valley Fever Virus” en *Journal of Medical Entomology*. Volumen 50, número 5, pp. 1111–1117.

Tuten, H.C., Bridges, W.C., Paul, K.S., Adler, P.H., (2012) “Blood-feeding ecology of mosquitoes in zoos” en *Medical and Veterinary Entomology*. Volumen 26, pp. 407–416.

Ulloa, A., Ferguson, H.H., Méndez-Sánchez, J.D., Danis-Lozano, R., Casas-Martínez, M., Bond, J.G., García-Zebadúa, J.C., Orozco-Bonilla, A., Juárez-Ordaz, J.A., Farfan-Ale, J.A., García-Rejón, J.E., Rosado-Paredes, E.P., Edwards, E., Komar, N., Hassan, H.K., Unnasch, T.R., Rodríguez-Pérez, M.A., (2009) “West Nile Virus Activity in Mosquitoes and Domestic Animals in Chiapas, México” en *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. Volumen 9, número 5, pp. 555–560.

Ulloa, A., Langevin, S.A., Mendez-Sanchez, J.D., Arredondo-Jimenez, J.I., Raetz, J.L., Powers, A.M., Villarreal-Treviño, C., Gubler, D.J., Komar, N., (2003) “Serologic Survey of Domestic Animals for Zoonotic Arbovirus Infections in the Lacandón Forest Region of Chiapas, Mexico” en *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*. Volumen 3, número 1, pp. 3–9.

Vasilakis, N., Cardosa, J., Hanley, K.A., Holmes, E.C., Weaver, S.C., (2011) “Fever from the forest: Prospects for the continued emergence of sylvatic dengue virus and its impact on public health” en *Nature Reviews Microbiology*. Volumen 9, número 7, pp. 532–541.

Vasilakis, N., Hanley, K.A., Weaver, S.C., (2010) “Dengue virus emergence from its sylvatic cycle” en Hanley, K.A. y S.C. Weaver (ed.) *Frontiers in Dengue Virus Research.* Norfolk, Caister Academic Press.

Velasquez, G., (2016) “BIONOMÍA, ECOLOGÍA E IMPORTANCIA MÉDICA DE *Coquillettidea Rhynchotaenia venezuelensis* Theobald, 1912 (DÍPTERA: CULICIDAE)” en *Saber*. Volumen 26, número 2, pp. 105-113

Vinogradova, E.B., (2003) “Ecophysiological and morphological variations in mosquitoes of the *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) en *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*. Volumen 67, septimbre, pp. 41–50.

Walder, R., Suarez, O.M., Calisher, C.H., (1984) “Arbovirus studies in the Guajira region of Venezuela: Activities of eastern equine encephalitis and Venezuelan equine encephalitis viruses during an interepizootic period” en *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. Volumen 33, número 4, pp. 699–707.

Weaver, S.C., Barrett, A.D.T., (2004) “Transmission cycles, host range, evolution and emergence of arboviral disease” en *Nature Reviews Microbiology*. Volumen 2, número 10, pp. 789–801.

Wilkerson, R.C., Linton, Y.M., Fonseca, D.M., Schultz, T.R., Price, D.C., Strickman, D.A., (2015) “Making mosquito taxonomy useful: A stable classification of tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships” en *PLoS One*. Volumen 10, número 7, pp. 1–26.

Anexos

Anexo 1. Lista de especies de mosquitos identificadas con su bionomía correspondiente.

Especie	Bionomía
Culex panocossa	Se registró en grandes piscinas de aguas claras con abundante vegetación flotante (*Pistia, Salvinia).* Fue catalogado como un vector de VEE en Panamá (Clark-Gil y Darsie, 1983).
Culex dunni	Desconocida.
Culex nigripalpus	Las larvas se encuentran en zanjas, pozas cubiertas de hierba y pantanos de naturaleza semipermanente o permanente. Ocasionalmente se encuentran en el agua en surcos de ruedas, en las axilas de las hojas de las plantas y en recipientes artificiales (Carpenter y Lacasse, 1974).
Uranotaenia apicalis	Se sabe que son fototrópicas positivas y fuertes, y representan casi la mitad de todos los *Uranotaenia* capturas en trampas de luz en Panamá. No se sabe nada de sus hábitos alimenticios, pero nunca hemos observado hembras llenas de sangre. Los adultos se pueden encontrar durante todo el año, pero se vuelven particularmente abundantes al final de la temporada de lluvias y al comienzo de la estación seca. Las larvas prefieren grandes pantanos abiertos con abundante vegetación acuática; Los hemos encontrado entre masas flotantes de *Pistia stratiotes*, así como en pantanos cubiertos de vegetación acuática vertical como juncos (Galindo *et al*., 1954).
Uranotaenia Coatzacoalcos	Las larvas de esta especie prefieren aguas parcialmente sombreadas y se han encontrado en una caña zanjas, charcos rocosos en un lecho de un arroyo, entrenudos de corte de bambú y en un

	recipiente de agua lleno de hojas muertas y otros desechos vegetales (Galindo *et al*., 1954).
Uranotaenia lowii	Las larvas de *U. lowii* se encuentran en los márgenes poco profundos de los estanques y lagos, generalmente expuestos a la luz solar (Galindo *et al*., 1954).
Coquillettidia nigricans	Los adultos se sienten atraídos por los humanos en un bosque secundario, en una zona pantanosa y en una plantación de bambú durante la tarde. Las larvas se encuentran adheridas a las raíces de las plantas acuáticas (Clark-Gil y Darsie, 1983).
Aedes dupreei	Las larvas se encuentran en charcas temporales llenas de lluvia, particularmente en bosques después de las lluvias del verano; tienen la costumbre de esconderse entre las hojas y escombros en el fondo, lo que dificulta su recolección. Los huevos eclosionan cuando las condiciones son favorables (Carpenter y Lacasse, 1974).
Culex restuans	Las larvas se encuentran en una gran variedad de hábitats acuáticos, como zanjas, pozas en arroyos, pozas de bosques y contenedores artificiales (Carpenter y Lacasse, 1974).
Psorophora ferox	Las larvas ocurren en piscinas temporales llenas de lluvia, particularmente en o cerca de matorrales, en piscinas de desbordamiento a lo largo de arroyos, y ocasionalmente en baches en lechos de arroyos después de las lluvias de verano (Carpenter y Lacasse, 1974).
Culex coronator	Las larvas se encuentran en piscinas temporales llenas de lluvia y recipientes artificiales de agua (Carpenter y Lacasse, 1974).

Mansonia indubitans	Las larvas y las pupas se adhieren a las raíces de la lechuga de agua (*Pistia*) y permanezca unido hasta que el adulto esté listo para emerger (Carpenter y Lacasse, 1974).
Mansonia titillans	Después de la eclosión, las larvas se adhieren a las raíces sumergidas de las especies acuáticas. Plantas de las que obtienen oxígeno. Las pupas también permanecen unidas a las raíces de las plantas hasta la hora de la emergencia de los adultos. Lechuga de agua (*Pistia*) se afirma que es la planta hospedera principal para las larvas y pupas de la especie (Carpenter y Lacasse, 1974).
Culex crybda	Se recolectaron de madrigueras de roedores excavadas en el borde de los pantanos forestales (Galindo 1969). También se tomaron en sombra pesada o parcial en los siguientes hábitats: agua fangosa en hoyos de árboles 30 cm sobre el suelo, bordes de lagos en bosques, interior y bordes de pantanos y agujeros en raíces de árboles. El agua era clara, marrón o turbia. Con vegetación herbácea, arbolada, sumergida y / o flotante (Sallum y Forattini, 1996).
Haemagogus mesodentatus	Se cría principalmente en hoyos de árboles y entrenudos de bambú, aunque se encuentran en agujeros de roca caliza en elevaciones más altas en el sur y centro-sur de México. Como se mencionó anteriormente, el *mesodentatus* es simpático con los en las selvas tropicales de Panamá, donde es raro, a Honduras, donde supera a los *janthinomys*. *Mesodentatus* alcanza su densidad máxima en los bosques del Departamento de Petén en Guatemala y en el sur de México. Aparentemente ausente de la

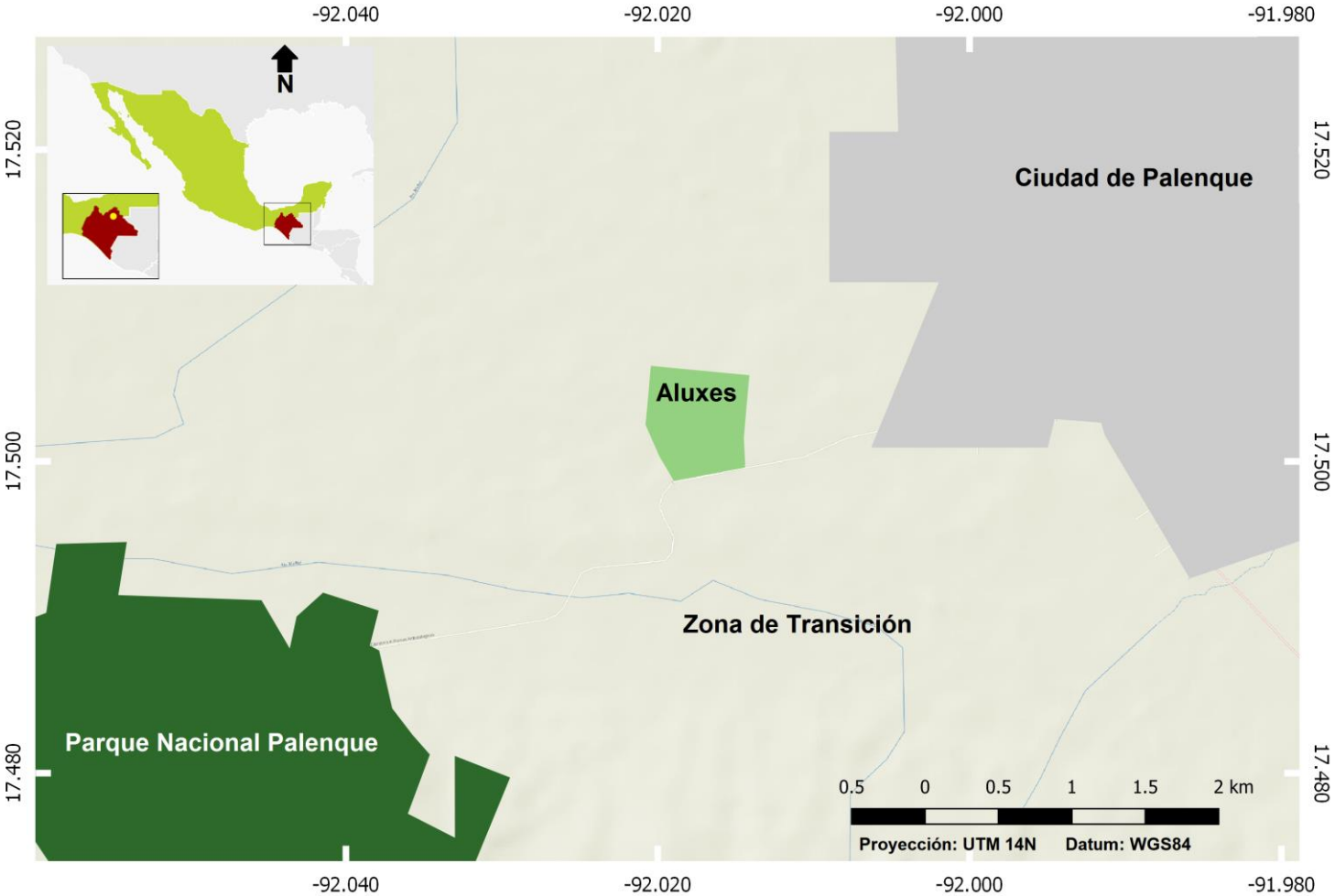
	vertiente del Pacífico de Nicaragua y Honduras, es común en El Salvador, Guatemala y el sur de México y se extiende hacia el norte hasta Sonora en el bosque tropical caducifolio de la costa del Pacífico. Se ha tomado en elevaciones de más de 1200 metros en las tierras altas del sur de México y Costa Rica. Aunque no es un vector tan eficiente como el *janthinomys*, el *mesodentatus* es capaz de transmitir la fiebre amarilla por mordedura (Galindo, de Rodaniche y Trapido, 1956) y este virus se ha aislado de hembras silvestres capturadas en Guatemala (Arnell, 1973).
Aedes scapularis	Se reproduce en una amplia variedad de situaciones de agua dulce temporal o semipermanente, principalmente llenas por lluvia temporal o riachuelos en charcos de flujo, pero que incluyen márgenes de estanques y pantanos, hoyos de roca, cangrejos de arena, ya sea a sol o sombra parcial (Arnell, 1976).
Aedeomyia squamipennis	Las larvas casi siempre se encuentran en asociación con la vegetación acuática, especialmente *Pistia, Salvinia, Eichhornia* y *Potamogeton*. Poco se sabe acerca de los hábitos de alimentación de las hembras, pero parecen alimentarse durante la noche, principalmente en aves sobre el nivel del suelo.
Aedes serratus	Las larvas se reproducen en charcas temporales en el bosque. Las hembras son mordaces feroces, atacan de día y de noche en la jungla, y se sospecha que son posibles vectores de fiebre amarilla selvática en América del Sur (Komp, 1949).
Aedes angustivittatus	Se encuentra en pozos temporales de tierra formados por lluvias y desbordamientos de arroyos, charcos en secas o arroyos intermitentes, huellas de animales en pastos pantanosos y márgenes de pantanos y

	estanques de agua dulce. Aunque se ha recolectado en elevaciones de hasta 2000 m, es principalmente una especie de elevaciones bajas (Arnell, 1976).
Culex iolambdis	Las colecciones de larvas de *Culex iolambdis* de Florida provinieron de los bordes de pequeños estanques o de aguas estancadas alrededor de las raíces aéreas del mangle negro. Pratt encontró las larvas en aguas salobres densamente sombreadas en manglares en Puerto Rico. Según Dyar (235), se han encontrado larvas a lo largo de los bordes de los arroyos en Panamá (Carpenter y Lacasse, 1974).
Culex bastagarius	Las pupas se sumergieron en una piscina de tierra con abundante vegetación herbácea (Clark-Gil y Darsie, 1983).
Anopheles albimanus	La larva se desarrolla en una gran variedad de hábitats acuáticos, tanto de agua dulce como salobre. Requiere gran cantidad de luz solar por lo que es difícil encontrarla en aguas con mucha sombra. Los sitios de cría se caracterizan por abundante vegetación con desechos y algas, y regularmente son turbios con un fondo fangoso. Los inmaduros se colectan comúnmente en aguas contaminadas, en áreas con vegetación secundaria como plantaciones, campos abiertos y praderas. Las plantas acuáticas asociadas a los inmaduros son *Pistia sp., Elodea sp., Naias sp., Chara sp. y Utricularia sp* (Beltrán-Aguilar *et al*., 2017).
Aedes hastatus	Desconocida.
Psorophora horrida	Las larvas se producen en charcas con sombra temporales después de las lluvias intensas y prolongadas del verano. Los huevos, que son depositados por las hembras en depresiones húmedas o secas o esparcidos sobre la superficie del

	suelo, generalmente requieren maduración durante algunos días antes de que se produzca la eclosión. Se incuban poco después de la inundación, y las larvas se desarrollan rápidamente. Los adultos de una generación dada emergen casi simultáneamente. Las hembras descansan en la vegetación cerca del sitio de reproducción y atacan fácilmente cada vez que invaden sus lugares, convirtiéndose en plagas serias en algunas localidades (Carpenter y Lacasse, 1974).
Uranotaenia pulcherrima	Desconocido.
Psorophora ciliata	Los huevos de *Psorophora ciliata* se depositan en pequeñas depresiones o grietas en el suelo y probablemente no eclosionan hasta después de un invierno en hibernación. Las larvas se presentan principalmente en piscinas llenas de lluvia temporales sin sombra, donde se desarrollan rápidamente, por lo general requieren de 4 a 6 días (Carpenter y Lacasse, 1974).
Mansonia dyari	Las etapas inmaduras de *dyari* (como *indubitans*) se recolectaron adheridas a las raíces de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) (Belkin *et al*., 1970).
Culex interrogator	Las larvas ocurren en aguas sucias en piscinas de tierra, surcos de ruedas, huecos de árboles, barriles de lluvia y otros hábitats acuáticos similares. Thurman et al. (695) encontraron las larvas en áreas de infiltración de irrigación (Carpenter y Lacasse, 1974).
Coquillettidia venezuelensis	Los sitios de reproducción de *Coquillettidia* consisten en acumulaciones o cuerpos de agua extensos. Los huevos son depositados en grupos aglutinados siempre presente debajo del agua. Después de la eclosión, las larvas migran a áreas abiertas y se localizan en las raíces de las plantas flotantes

	(*Eichornia, Pistia, Salvinia, Typha* y plantas herbáceas) u otro tejido vegetal sumergida (Velasquez, 2016).
Anopheles pseudopunctipennis	Las larvas de *An. Pseudopunctipennis* se desarrollan en pozas con poca profundidad, con preferencia por el agua estancada, en sitios con plena exposición al sol o con media sombra, con valores de pH entre 4.5 y 8.8 y con presencia de algas verdes filamentosas del tipo *Spirogyra* y en ocasiones con otras algas verdes como *Cladophora* y *Enteromorpha*, y también con vegetación emergente, sumergida y flotante (Beltrán-Aguilar *et al*., 2017).

Anexo 2. Localización geográfica del Ecoparque Aluxes.



Anexo 3. Métodos de captura de mosquitos.

Colocación de trampa de luz tipo CDC miniatura.

Aspirado de mosquitos en reposo con aspirador de mochila mejorado.

Retirado de trampa de luz tipo CDC miniatura.

Anexo 4. Procesamiento de muestras en campo.

Separación y selección de mosquitos.

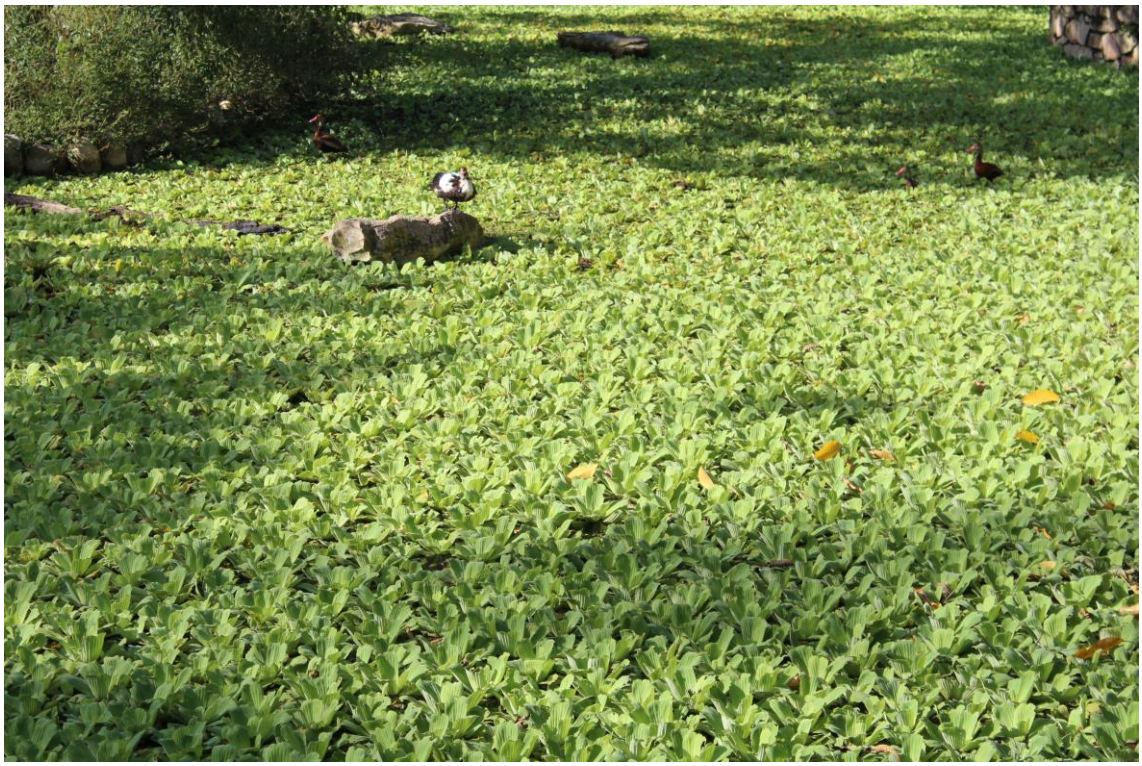
Separación y selección de mosquitos.

Anexo 5. Tipos de vegetación y microhábitats en los sitios de muestreo.

Bosque de bambú

Introspección para la colocación de trampas en un parche de acahual.

Introspección para la colocación de trampas en el sitio VB.



Cuerpo de agua con abundante vegetación acuática (*Pistia* sp.) en el sitio CP.

Vegetación principal de los sitios con acahual.