



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

Mosquitos (Diptera: Culicidae) de selva baja caducifolia del
sur del estado de Puebla

Tesis presentada para obtener el título de:

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

MAGGI JANELLY BARRIENTOS ROLDÁN

DIRECTOR DE TESIS:

DR. CÉSAR ANTONIO SANDOVAL RUIZ

Agosto, 2016



Este trabajo forma parte del proyecto **“Dípteros de importancia medica-
veterinaria de la selva baja caducifolia de la mixteca poblana”** PRODEP-
BUAP-PTC-438 (No. convenio: SDA/103.5/15/7449). Coordinado por el Dr. César
Antonio Sandoval Ruiz, del Laboratorio de Artropodología y Salud, Escuela de
Biología-BUAP.

Agradecimientos

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que, con su ayuda, han colaborado en la realización del presente trabajo.

Agradezco profundamente a mi director de tesis, el Dr. César Antonio Sandoval Ruíz, por haberme aceptado como tesista y darme la confianza de trabajar con él; por todo su apoyo, paciencia y conocimientos compartidos, me llevo una gran enseñanza y aprendizaje.

Agradezco a mis padres, quienes han sido mi más grande fuerza e impulso para seguir adelante cada día, a mi Madre, Alejandra Roldán Núñez, la persona más paciente que he conocido, el más claro ejemplo de amor incondicional, a mi Padre, José Néstor Barrientos Téllez, quien siempre me alienta y apoya para seguir adelante, los amo.

A mis hermanos, Néstor y Monserrat, a quienes adoro con toda el alma, gracias por las risas, las discusiones y sobre todo por seguir apoyándome siempre, mi vida no estaría completa sin ustedes, los amo más que nada en este mundo y les deseo lo mejor de la vida.

A los integrantes del laboratorios ambulante, Juanita, Elsa, Vicente, Aramis, Nava, Karina, Alejandro, que fueron parte importante de los muestreos, muchas gracias.

A mis amigas, Cira, Paula, Odalia y Nancy, gracias por estar conmigo, hasta el final, las quiero.

A Ricardo, gracias por todo el apoyo y amor inigualable, por acompañarme y aguantarme durante la realización de este proyecto y por todo tu cariño, te amo.

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico a mis padres, Alejandra Roldán Núñez y José Néstor Barrientos Téllez, que me han apoyado en todo momento y a quienes debo todo lo que soy.

A mi primo, Francisco Javier Galeana Barrientos, que aunque ya no esté, se que estaría orgulloso de este logro. Por siempre, te quiero.

ÍNDICE

CONTENIDO	Página
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN	7
• Artrópodos y su importancia	7
• La familia Culicidae	7
• Factores que afectan la distribución de Culicidae.....	10
• Riqueza de especies de mosquitos	11
HIPÓTESIS.....	14
Objetivo general	15
• Objetivos particulares	15
MÉTODOS	15
• Área de estudio.....	15
• Diseño de muestreo	17
• Análisis de datos.....	18
Diversidad alfa.....	18
Diversidad beta	18
Rango – Abundancia.....	19
Esfuerzo de muestreo.....	19
RESULTADOS.....	19
Diversidad alfa	20
Diversidad beta.....	26
Rango – abundancia.....	27
Esfuerzo de muestreo	30

DISCUSIÓN	34
CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

1. Ciclo de vida de los mosquitos de la familia Culicidae.....	8
2. Mapa que representa la ubicación de la zona de muestreo, al sur del estado de Puebla.....	16
3. Representación gráfica de la relación entre la riqueza (Q0), diversidad verdadera (Q1) y equidad por temporada (Q2) y zona de muestreo.....	25
4. Dendrograma de similitud para las zonas y temporadas de muestreo.....	27
5. Curva de rango-abundancia para cada zona y temporada de estudio.....	29
6. Curva de acumulación para las 3 temporadas de muestreo, en la zona antropizada.....	31
7. Curva de acumulación para las 3 temporadas de muestreo, en la zona de la Selva Baja Caducifolia.....	33

ÍNDICE DE CUADROS

Página

1. Porcentaje de colecta en cada zona y temporada muestreada.....	20
2. Abundancias de las especies de mosquitos capturados en cada sitio y temporada de muestreo.....	21
3. Valores de la diversidad alfa por cada zona y temporada.....	23
4. Prueba de t para los valores de los índices de Shannon y Simpson.....	24
5. Diversidad de beta por temporadas entre las diferentes comunidades.....	26

Resumen

Los mosquitos tienen gran importancia médica-veterinaria, ya que son vectores de patógenos que causan enfermedades relevantes a nivel global, como el dengue, chikungunya, malaria y zika. Por ello es necesario conocer su distribución, riqueza, abundancia y variación en espacio-tiempo. Por lo anterior, el presente estudio se enfocó en la zona sur del estado de Puebla la cual constituye una región endémica para las enfermedades transmitidas por insectos. La zona de estudio fue el Rancho el Salado, donde se muestrearon dos sitios, uno antropizado y otro conservado (selva baja caducifolia), durante tres temporadas correspondientes a las lluvias, fríos y secas. Los muestreos fueron llevados a cabo de octubre de 2014 a febrero del 2016, por medio de trampas CDC, para la captura de culícidos adultos. Se capturaron un total de 795 mosquitos, pertenecientes a 14 especies y 7 morfoespecies identificadas. El género más abundante fue *Aedes* (8), seguido por *Culex* (6), *Psorophora* (3), *Uranotaenia* (2) y *Anopheles* y *Culiseta* con 1 especie. La mayor riqueza y abundancia fue encontrada durante la temporada de lluvias, sin embargo en la zona antropizada (ZA) la abundancia fue mucho mayor en que la selva baja caducifolia (SBC). Las comunidades más diversas se presentaron en la temporada de lluvias en SBC y en ZA en fríos, las cuales también presentaron el valor más bajo de dominancia y el mayor valor de equidad, mientras que la temporada de lluvias en ZA, presenta el mayor grado de dominancia dado por la especie *Culex quinquefasciatus*. Las pruebas t del índice de Shannon ($t=4.91E-07$), de Simpson ($t=1.83E-12$) y de Chi-cuadrada ($p=2.2e-16$) confirman que la temporada y el sitio influyen sobre la abundancia de las poblaciones de mosquitos; en la selva baja caducifolia se observan diferencias significativas entre las temporadas de lluvias y fríos con ambos índices (Shannon, $t=0.001678$; Simpson, $t=0.007959$) y entre las lluvias y secas en el índice de diversidad de Shannon ($t=0.0038302$). En cuanto al recambio de especies entre ZA y SBC, el valor del índice de Jaccard es de 0.7, en la temporada de lluvias estas zonas tienen el 70% de especies similares, en la temporada de secas se compartieron el 33% de las especies. De las 21 especies encontradas durante este trabajo, 13 son las que están implicadas en la transmisión de patógenos;

Anopheles pseudopunctipennis, *Aedes aegypti*, *Aedes epactius*, *Aedes canadensis*, *Aedes trivittatus*, *Culex coronator*, *Culex interrogator*, *Culex quinquefasciatus*, *Culex stigmatosoma*, *Culex tarsalis*, *Culiseta inornata*, *Psorophora ferox* y *Psorophora cyanescens*. El presente trabajo aporta 8 nuevos registros para el estado de Puebla, aumentando la cifra a 38 especies.

INTRODUCCIÓN

Los artrópodos y su importancia

Los artrópodos son animales invertebrados que se caracterizan por presentar patas articuladas (del griego arthron=articular y podos=pie) y exosqueleto de quitina. Aparecieron durante el periodo Cámbrico hace más de 500 millones de años (Misof *et al.*, 2014), fueron los primeros organismos en trasladarse del ambiente acuático al terrestre, lo cual les permitió aprovechar todos los hábitats de este medio y ser el grupo más dominante sobre la tierra en cuanto a número de especies (1, 097,289 aproximadamente) (Brusca & Brusca, 2003). Estos son importantes por su participación directa en la vida del ser humano y sus actividades cotidianas, ya sea en sus aspectos económico, nutricional, agrícola, médico o veterinario (Hoffmann, 1996).

El ser humano mantiene una estrecha relación con los artrópodos por diferentes motivos. Algunos llaman la atención por su tamaño, coloración y por ser los únicos invertebrados con capacidad para volar. Otros tienen que ser soportados frecuentemente por ser plagas molestas, como los mosquitos, moscas, pulgas, piojos, chinches, entre otros (Hoffmann, 1996). Además pueden provocar daños serios a la salud, que van desde molestias causadas por las proteínas de la saliva que inyectan al alimentarse hasta la transmisión de una gran diversidad de patógenos que causan numerosas y graves enfermedades (Durden & Mullen, 2002).

Familia Culicidae

Dentro de los insectos de importancia médica y veterinaria, uno de los grupos con mayor importancia es el constituido por la familia Culicidae (Durden & Mullen, 2002). Esta pertenece al orden Diptera, suborden Nematocera, la cual se clasifica en dos subfamilias: Anophelinae y Culicinae; en conjunto suman 41 géneros, siendo Culicinae la más diversa con 37 géneros (www.mosquitocatalog.org, consultada el 12 de abril, 2016); la familia cuenta con 3, 601 especies descritas alrededor del mundo (Wilkerson, *et al.* 2015). El hábito hematófago (alimentación

de sangre) de las hembras, vuelve propensos a los mosquitos adultos a adquirir patógenos de un huésped vertebrado y transmitirlo a otro (Clements, 1992). Este papel de los artrópodos succionadores de sangre, ha estado asociado a enfermedades humanas desde hace mucho tiempo y al final del siglo XIX (1878) fueron los primeros artrópodos incriminados formalmente como agentes transmisores y huéspedes intermediarios de parásitos vertebrados y son los artrópodos más importantes que afectan la salud humana, transmitiendo enfermedades como el dengue, la malaria, fiebre amarilla, chikungunya, zika, entre otras (Clements, 1992; Service, 2008).

Los mosquitos tienen desarrollo holometábolo, pasando por 4 diferentes estados que son huevo, larva, pupa y adulto (Fig. 1) (Marquardt, 2005).

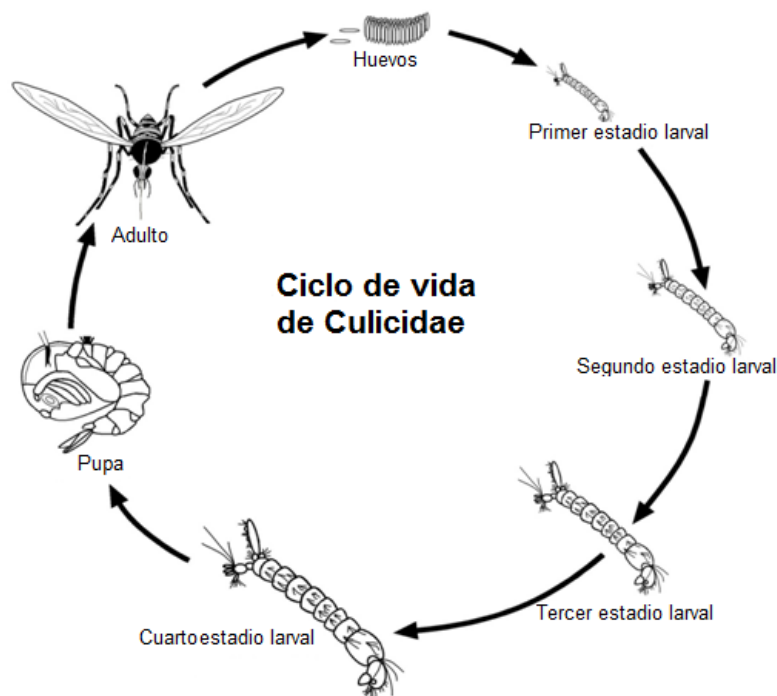


Figura 1. Ciclo de vida de los mosquitos de la familia Culicidae (tomado y modificado de <http://www.malaria.com/questions/mosquito-life-cycle>, Scott Charlesworth).

Los adultos tienen un cuerpo elongado, con alas y patas largas, lo cual les provee una forma aerodinámicamente estable. Las alas traseras están modificadas en

órganos llamados balancines que ayudan al equilibrio durante el vuelo. Los machos y las hembras son distinguibles por las antenas; los primeros tienen antenas con una gran cantidad de sedas, al contrario de las hembras que las presentan de manera escasa. Su alimentación se basa en fluidos, para lo cual sus partes bucales forman una probóscide, en el caso de los machos con hábitos melífagos (néctar y soluciones azucaradas) les sirve para explorar nectarios y en el caso de las hembras para perforar la piel y succionar la sangre de los vasos sanguíneos del huésped. La probóscide está compuesta de un alargado labium, que encierra todas las estructuras perforadoras y succionadoras (labrum, mandíbulas y maxilas pareadas e hipofaringe), y termina en dos pequeños lóbulos denominados labela. El canal salival en el interior de la hipofaringe libera saliva, con propiedades anestésicas, anticoagulantes y vasodilatadoras durante la inserción de la probóscide. El tórax está formado por tres unidades incluye al protórax, mesotórax y metatórax, los dos últimos cuentan con un par de orificios ventiladores encargados de la respiración, y de cada segmento del tórax surge un par de patas; las alas son delgadas y cuentan con un patrón de venación característico, por detrás de éstas se encuentran los balancines. El abdomen tiene la capacidad de expandirse y de realizar movimientos gracias a las áreas membranosas, esto le permite a la hembra almacenar una gran cantidad de sangre necesaria para completar el desarrollo de los huevos (Becker, 2010).

Los mosquitos se distribuyen en todas las regiones del mundo, excepto en lugares que están permanentemente congelados, como la Antártida. Tres cuartas partes de todas las especies de mosquitos habitan en las regiones tropicales y subtropicales, donde la temperatura y humedad relativa es favorable para el rápido desarrollo y supervivencia de los adultos, además de que se encuentran disponibles una gran diversidad tanto de hábitats y de hospederos de los cuales alimentarse (Mehlhorn, 2012).

Factores que afectan la distribución de culícidos

Los cambios espaciales y temporales influyen en la temperatura, precipitación, humedad relativa, duración del día y presencia de viento, afectando la distribución y abundancia de las poblaciones de mosquitos (Campbell-Lendrum & Molyneux, 2005), estos organismos no son capaces de regular su temperatura interna fisiológicamente, lo hacen modificando su comportamiento, dependiendo entonces del clima para su supervivencia y desarrollo (Clements, 1992), lo que lleva a que las poblaciones de mosquitos no sean estables a través del tiempo (Beltrán-Aguilar, *et al.*, 2011), pues responden a las condiciones de estacionalidad de lluvias o sequía.

La temperatura estacional es un factor muy importante para los culícidos (Turell, 1989), los climas más cálidos, principalmente tropicales, favorecen el desarrollo de los estados juveniles (larvas y pupas) completando su ciclo de maduración en menor tiempo, lo que se traduce en un mayor número de adultos, por otra parte las hembras de mosquitos digieren la sangre rápidamente y se alimentan con mayor frecuencia cuando la temperatura se eleva, lo que puede aumentar el contacto y la transmisión de patógenos (Rueda, 1990), sin embargo cuando la temperatura del aire excede los 40°C, los culícidos mueren (Beebe, *et al.*, 2009), por ello la temperatura óptima en la cual se desarrollan va de los 21°C a los 24.4°C, dependiendo de la especie (Clements, 1992). Además de la temperatura, la precipitación tiene una influencia directa sobre los hábitats de los mosquitos, si las lluvias aumentan también incrementa la cantidad y calidad de criaderos, así como la densidad de la vegetación, creando nuevos sitios de descanso y refugio para los mosquitos y otros organismos, que sirven como fuente de alimento (roedores y otros mamíferos además de aves y reptiles), por el contrario, si las precipitaciones son escasas limitan la abundancia de estos organismos ya que sus estados inmaduros (larva y pupa) son estrictamente acuáticos (Githoko, *et al.*, 2000). Se debe tener en cuenta que factores como la temperatura y los sitios de crianza disponibles, están en función de la vegetación y topografía locales (Thompson, *et al.*, 2000).

Los culícidos y las enfermedades que transmiten están influenciadas en gran medida por la forma de asentamiento humano y la migración; en América del Sur, más del 70% de la población vive en zonas urbanas y sólo una pequeña proporción está expuesta a infecciones rurales, por el contrario, en África, donde la mayoría vive en zonas rurales, es difícil eliminar los criaderos, estando expuestos a una gran variedad de enfermedades infecciosas (Githeko, *et al.*, 2000), como la malaria, y a pesar de que es en las zonas silvestres donde se ha encontrado la mayor riqueza de culícidos, el registro de adultos en estas zonas ha sido muy aislado y se sabe que las especies habitualmente encontradas en las áreas urbanas tiene poca representatividad en el ámbito silvestre, pero también son vectores potenciales de enfermedades como la fiebre amarilla y diversas encefalitis que afectan a huéspedes humanos y animales silvestres (Jentes, *et al.*, 2011). Por su parte la migración humana influye de manera directa en la transmisión de enfermedades transmitidas por vectores, cuando se da hacia zonas rurales, la deforestación, el cambio de uso de suelo y la introducción de animales domésticos incrementa las posibilidades de contacto entre la población y los vectores que ya estaban allí, en las zonas urbanas se provee de nuevos sitios de crianza para los mosquitos juveniles adaptados a este tipo de lugares (Turell, *et al.*, 2008; Campbell-Lendrum & Molyneux, 2005)

En países como México, la infraestructura sanitaria no es eficaz para sostener una adecuada vigilancia y programas de control de vectores que limiten la transmisión de enfermedades, como la fiebre por dengue y dengue hemorrágico (consideradas enfermedades urbanas), que afectan a gran parte del país, las cuales además de ser afectadas por las variables ambientales, también proliferan debido a que la acumulación de agua causada por el sistema deficiente de eliminación de aguas residuales y desechos sólidos, les proveen criaderos para el desarrollo de *Aedes aegypti*, (Githeko, *et al.*, 2000).

Las enfermedades transmitidas por mosquitos son responsables de aproximadamente 1.4 millones de muertes por año y suman el 17% de las enfermedades infecciosas a nivel global (Townson *et al.*, 2005); aunque son menos de 150 especies pertenecientes a los géneros *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*,

Haemagogus, *Mansonia*, *Sabethes*, *Psorophora* y *Coquillettidia*, los que causan indirectamente morbilidad y mortalidad entre los seres humanos, más que cualquier otro grupo de organismos (Rueda, 2008; Service, 2008; Bond, *et al.*, 2014). Actualmente, 228 especies ubicadas en 21 géneros de mosquitos han sido reportadas para México (Gaffigan, *et al.*, 2015; Cruz-Francisco, *et al.*, 2012).

Riqueza de especies de mosquitos

Desde los primeros estudios faunísticos de la familia Culicidae en México, Howard, Dyar y Knab (1915, 1917, 1920, 1928) registran entre 72-74 especies que posteriormente han sufrido cambios nomenclaturales. Con el paso del tiempo el número de especies registradas para el país fue en aumento y solo los mosquitos no anofelinos ya sumaban 156 especies (Vargas, 1956), las que incrementaron a 225 con la revisión de Darsie (1996) que incluyó los trabajos anteriores a ese año. El gran número de especies de mosquitos reportadas en el país puede ser explicado por la topografía, ya que convergen dos regiones muy distintas: la Neártica y la Neotropical y muchas especies de mosquitos encuentran las condiciones climáticas favorables para sobrevivir y reproducirse (Darsie, 1996). Debido a la gran diversidad de mosquitos que existe en México y a su importancia médico-veterinaria, los estudios que abordan temas de distribución, diversidad y biología se han intensificado en años más recientes, como los presentados a continuación.

Se ha reportado que la riqueza y abundancia de los mosquitos varían de acuerdo a la zona de estudio. En Yucatán Nájera-Vázquez, *et al.*, (2004), realizaron muestreos enfocados a la identificación de larvas en áreas urbanas, suburbanas y rurales; encontrando 16 especies en total y a *Ae. aegypti* como la especie más ampliamente distribuida, en ese estado de la república, seguida por *Culex coronator*, *Cx. nigripalpus*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. interrogator* y *Cx. thriambus*, estas mismas especies fueron encontradas en casi todos los tipos de contenedores muestreados.

En el estado de Tlaxcala (colindante con Puebla) Muñoz-Cabrera *et al.*, (2006), muestrearon en 6 regiones fisiográficas, reportando 26 especies de mosquitos a

partir de colectas de larvas, de las cuales solo dos habían sido reportadas anteriormente; *Anopheles aztecus* y *Cx. quinquefasciatus*; el resto constituyen nuevos registros.

En la zona norte del país, donde la vegetación y clima son áridos, se han realizado varios estudios que reportan las especies de mosquitos adaptadas a estos sitios, Aguirre-Urbe *et al.*, (2008), en Coahuila, encuentran 22 especies, tomadas de 28 de los 36 municipios existentes, *Cx. quinquefasciatus* es la especie mejor representada en los municipios muestreados, ya que es capaz de criarse en aguas residuales, seguida por *Culex stigmatosoma* y *Aedes epactius*, todas son vectores potenciales del Virus del Oeste del Nilo, lo cual representa un riesgo potencial para la diseminación de esta enfermedad debido a la migración de las aves provenientes de los Estados Unidos. Otro trabajo más extenso por parte de Ortega-Morales (2010) y Ortega-Morales *et al.*, (2015), comprende los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, donde encuentro 64 especies de mosquitos, de los cuales 4 son nuevos registros para Coahuila, 12 para Nuevo León y 10 para Tamaulipas, además de dos nuevas especies para el país; entre las especies reportadas se encuentran *Anopheles pseudopunctipennis*, *An. albimanus*, *Aedes triseriatus*, *Ae. trivittatus*, *Ae. epactius*, *Psorophora ferox*, *Ps. columbiae*, *Ae. aegypti*, *Ae. albopictus*, *Culex chidesteri*, *Cx. coronator*, *Culex declarator*, *Cx. interrogator*, *Cx. nigripalpus*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. stigmatosoma*, *Cx. tarsalis*, *Culiseta inornata*, *Uranotaenia syntheta*, *Ur. lowii*.

En lo que respecta a la costa del pacifico mexicano, estudios como el de Espinoza-Gómez, *et al.*, (2013), muestra que el sitio es un factor que influye en la distribución y abundancia de mosquitos, ya que las zonas selváticas se encuentran asociadas con altas abundancias de *An. albimanus*, *Aedes taeniorhynchus*, *Ae. trivittatus*, *Deinocerites pseudos*, *Coquillettidia perturbans* y *Ur. lowii*, a diferencia de las zonas costeras donde *An. pseudopunctipennis*, *An. albimanus* y *Ae. aegypti*, están ampliamente distribuidos.

Uno de los estudios más recientes que toma en cuenta la variación espacial y temporal en el ensamble de mosquitos en distintas zonas, es el trabajo de Abella-Medrano, *et al.*, (2015) en la región central de Veracruz, donde reportan para el

bosque mesófilo de montaña, *Aedes quadrivittatus*, *Wyeomyia adelpha*, *Wyeomyia arthrostigma*, y *Culex restuans*. Para Puebla, no existe un listado que contenga las especies presentes en todo el estado, el trabajo de Viveros-Santos, *et al.*, (2015) para la región central, durante tres temporadas y dos sitios distintos (urbano y conservado), reportan 11 especies en total, de las cuales tres son exclusivas de la zona conservada, dos de la zona urbana y dos (*Culex salinarius* y *Cx. stigmatosoma*) que se consideran como resistentes pues se presentan a lo largo de todas las estaciones y sitios de muestreo, además aporta cuatro nuevos registros para el estado de Puebla, llegando a un total de 30 especies (Viveros-Santos, *et al.*, 2015).

Los trabajos sobre diversidad y distribución de mosquitos son la base fundamental para la planeación de estrategias de vigilancia y posterior control de vectores (Abella-Medrano, *et al.*, 2015) e incluso para evaluar el impacto de los programas, sobre las poblaciones de mosquitos. Pues para enfrentar la situación actual en cuestión de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores se necesita tener información acerca de lo que hay en una región determinada.

Para el Estado de Puebla existen pocos estudios publicados (Viveros-Santos *et al.*, 2015; Mejía-Bravo & Zumaquero-Rios, 2010; Lozano-Fuentes, *et al.*, 2012; Lozano-Fuentes, *et al.*, 2014) acerca de estos organismos y debido a su gran importancia sanitaria, es primordial realizar trabajos de estos organismos, pues se sabe que la mayoría de las veces no se reportan los casos de las enfermedades provocadas por mosquitos debido al escaso acceso de las comunidades a los servicios de salud (Rodríguez-Domínguez, *et al.*, 2002). Cabe mencionar que la mayor parte de las localidades de la zona sur del Estado cuentan con servicios de salud deficientes y tienen las condiciones climáticas adecuadas para el exitoso desarrollo de estos organismos, además de ser considerada (junto con los estados colindantes de Oaxaca y Guerrero) como un foco endémico histórico para enfermedades transmitidas por vectores (dengue, malaria) (Secretaría de Salud), además de ser catalogada como una zona con alto grado de marginación social (INEGI, 2010).

Hipótesis

La zona sur del estado de Puebla se caracteriza por presentar una vegetación característica, la selva baja caducifolia (SBC), y un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Awo (w)), se sabe que un ambiente conservado es capaz de ofrecer una mayor cantidad de refugios, criaderos, sitios de descanso, vertebrados de los cuales se puedan alimentar los mosquitos; a comparación de una zona que ha sido modificada (ZA), en la cual solo podrían resistir los mosquitos que sean tolerantes a los cambios, por lo que se espera que la diversidad sea mayor en la zona de SBC, comparada con la zona antropizada ZA, así mismo se espera que la temporada de lluvias presente una mayor riqueza específica y abundancia en comparación con la de fríos y secas.

Objetivo general

Analizar la diversidad espacio-temporal de mosquitos adultos (Culicidae) en la zona sur del estado de Puebla.

Objetivos particulares

Contrastar la diversidad de mosquitos en dos ambientes: selva baja caducifolia y una zona antropizada.

Caracterizar el ensamble de mosquitos durante las tres temporadas de muestreo.

Identificar las especies de mosquitos vectores de patógenos tanto al ser humano como animales domésticos y silvestres, mediante consulta bibliográfica.

MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la localidad Rancho El Salado, perteneciente al municipio de Jolalpan, en el suroeste del Estado de Puebla, ubicándose en las siguientes coordenadas 18°20'13" N y 98°58'0" O. Forma parte de la provincia fisiográfica de la sierra Madre del Sur y ocupa una superficie de 3,125 ha, y en su mayoría son propiedades ejidales. Se encuentra a 920 metros de altitud sobre el nivel del mar. La temperatura media anual es de 25.6°C, el mes de mayo presenta la temperatura más alta del año (29.1°C) y enero el mes con la temperatura más baja (22.4°C). La precipitación varía entre 800 y 1000 mm anuales (INEGI, 1987) (Fig. 2).

El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano (Awo (w)), con menos del 5% de lluvia invernal. El principal tipo de vegetación es selva baja caducifolia (que ocupa un 12% de la extensión territorial de México) con vegetación secundaria además de agricultura y pastizales inducidos, se caracteriza por una marcada estacionalidad climática con un periodo corto de lluvias y un prolongado estío (Vázquez, *et al.*, 2009).

El rancho "el Salado" cuenta con una población total de 145 habitantes con un alto grado de marginación y un total de 42 viviendas (INEGI, 2010).

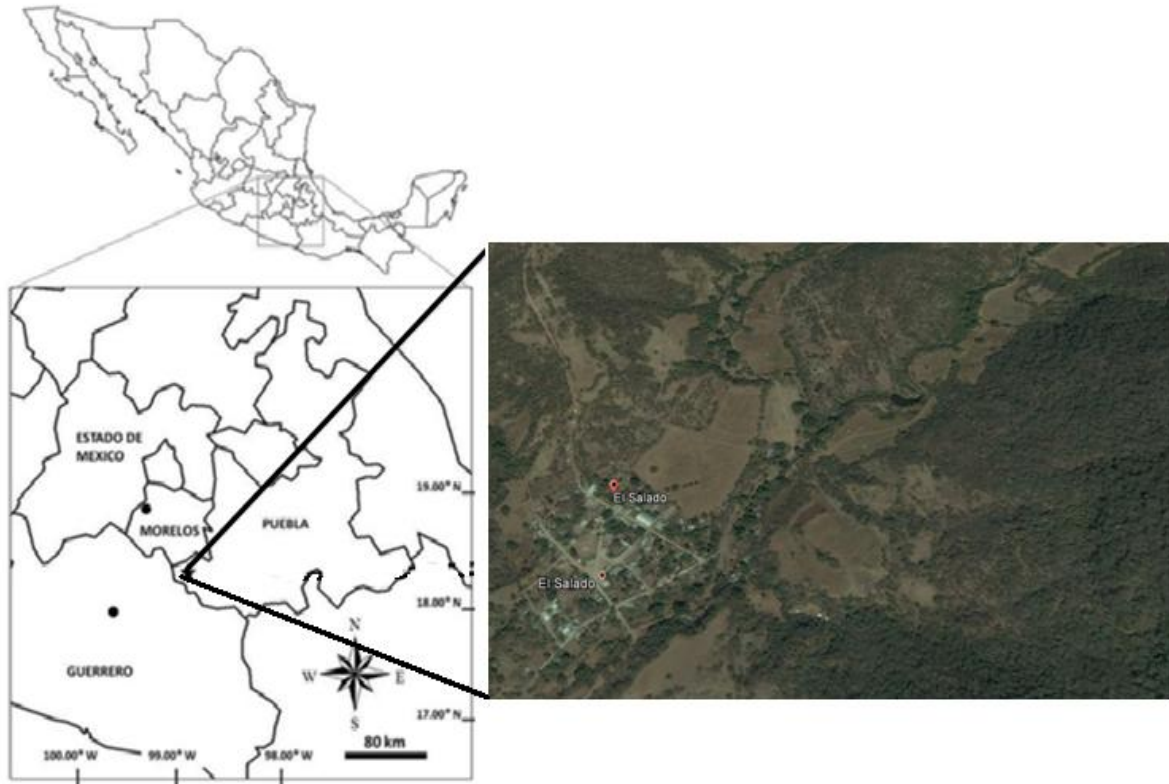


Figura 2. Mapa que representa la ubicación de la zona de muestreo, al sur del estado de Puebla (Google Earth, ver. 7.1.51557).

Diseño de muestreo

Los mosquitos registrados en este estudio fueron colectados por medio de trampas CDC (Center Disease Control, por sus siglas en inglés) tanto de luz incandescente (CDC Miniature Light Trap, modelo 512) como de luz UV (New Standard Miniature Black Light (UV) Trap, modelo 1212), en dos sitios: Selva Baja Caducifolia (SBC) y en la zona Urbana (ZA).

En total se emplearon 16 trampas de luz CDC, colocadas a 50 centímetros del suelo. En la zona (SBC) se realizó un transecto a lo largo del río para colocar 8 trampas CDC, de las cuales 6 fueron de luz UV y 2 de luz incandescente, separadas 50 metros una de la otra para evitar la competencia entre ellas. En la ZA las trampas se colocaron, con el permiso de los habitantes, en el traspatio de

las casas, de igual forma se colocaron 8 trampas (2 de luz incandescente y 6 de luz UV).

Las trampas estuvieron activas en un horario de 7:00 pm - 7:00 am. Se realizaron un total de cuatro muestreos en un periodo de dos años en las temporadas de lluvias (TLI), en los meses julio y octubre; fríos (TF) en el mes de febrero y secas (TS) durante el mes de mayo, durante cada muestreo las trampas permanecieron activas durante 3 días consecutivos en ambas zonas.

Los mosquitos fueron sacrificados con cámaras letales que contenían gases de acetato de etilo, retirándose de las trampas CDC, para su posterior preservación en cajas petri preparadas con una capa de algodón y papel glassine. Ya en el laboratorio, el material fue montado sobre triángulos de papel detenidos con alfileres entomológicos.

La determinación taxonómica se llevó a cabo mediante el uso de un microscopio estereoscópico, Leica M80 y bibliografía especializada, Galindo, *et al.*, (1954), Carpenter & LaCasse (1955), Wilkerson, *et al.*, (1993), Darsie y Ward (2005), Brown, *et al.*, (2009), Beltrán-Aguilar, *et al.*, (2011). En caso de ser necesario, para discernir entre especies, se utilizó la genitalia de los machos, mediante la maceración de estos en NaOH al 10%.

Los mosquitos identificados fueron depositados en la colección de artrópodos de importancia médica y veterinaria de escuela de Biología, BUAP y en la colección entomológica del Instituto de Ecología, A. C. (IEXA).

Análisis de datos

Diversidad alfa

Para cada estación y zona de muestreo, se calculó la diversidad alfa (α), que es la riqueza de especies en una comunidad, mediante el índice de Shannon-Wiener (H'), el cual mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar; puede adquirir valores entre cero (0), cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S (especies observadas), cuando

todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Villareal, 2004). También se obtuvo el exponencial de Shannon (e^H) para conocer la diversidad verdadera de cada sitio y temporada.

Para medir el grado de dominancia de cada comunidad, se obtuvo el índice de dominancia Simpson (D_s), por cada sitio y temporada, el cual manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie (Moreno, 2001).

El análisis de datos de la diversidad alfa se hizo utilizando los software PAST ver. 3.02, y Excel.

Para saber si hay diferencias significativas entre los valores de diversidad de Shannon y la dominancia de Simpson entre las zonas y temporadas de muestreo se realizaron pruebas de t, mientras que una prueba de Chi-cuadrada se aplicó para saber si hay diferencias significativas entre las abundancias de los sitios y temporadas, empleando el software R.

Por último se crearon los perfiles de diversidad ($Q\alpha$) para apreciar de forma gráfica la relación entre la riqueza específica (Q_0), diversidad verdadera (Q_1) y equidad (Q_2), usando el software SPADE y R.

Diversidad Beta

Para obtener la diversidad beta (β), que es el grado de reemplazo en la composición de especies de un paisaje (selva baja caducifolia y la zona antropizada), se calculó el coeficiente de similitud de Jaccard (I_j), este índice (cualitativo) relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas. El rango va de cero (0), cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1), cuando los dos sitios comparten todas las especies. (Villareal, 2004; Bernués-Bañeres, 2013), además se realizó un dendrograma de similitud para ver que tan similares son las comunidades, mediante el programa PAST ver. 3.02.

Rango-abundancia

Se creó un gráfico de rango-abundancia para visualmente detectar los cambios en la riqueza, dominancia de la estructura espacial y temporal del ensamble de mosquitos (Abella-Medrano, *et al.*, 2015).

Esfuerzo de muestreo

Se obtuvieron curvas de acumulación de especies para cada sitio para medir el esfuerzo de muestreo y las especies faltantes, utilizando los software ESTIMATES ver 9.0 y Excel.

Resultados

Para la realización de este estudio se emplearon aproximadamente 432 horas de muestreo, para obtener un total de 795 ejemplares de mosquitos adultos, pertenecientes a 6 géneros y 21 especies, de los cuales el 65% pertenece a ZA y el 35% a SBC.

El 80% de los organismos fue capturado en TLI, seguido del 13% de la TF y por último 7% de la TS (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje de captura en cada zona y temporada muestreada

	Zona Antropizada	Selva Baja Caducifolia	Total (%)
Lluvias	59%	21.4%	80%
Fríos	1.5%	11.4%	13%
Secas	4.5%	2.1%	7%
Total (%)	65%	35%	100%

Diversidad alfa

Riqueza específica

Un total de 21 especies fueron identificadas, pertenecientes a 6 géneros: *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Culiseta*, *Psorophora* y *Uranotaenia*.

Los géneros que presentaron una mayor riqueza fueron *Aedes* con un total de 8 especies y *Culex* con 6 especies, *Psorophora* presentó 3 especies, *Uranotaenia* 2 especies; *Anopheles*, y *Culiseta* 1 especie cada uno. Del número total de especies 5 no se identificación a nivel específico (4 *Aedes* y 1 *Psorophora*)

En ZA se encontró un total de 17 especies mientras que en SBC se encontraron 18.

Por temporada, la riqueza específica más alta, fue encontrada durante la de lluvias con 20 especies, seguida por la de fríos con 12 especies y la de secas con 9. Con respecto a la abundancia, el número más alto fue hallado en la temporada de lluvias con 639 especímenes, seguida por la fría con 103 y la seca con 53 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Abundancias de las especies de mosquitos capturados en cada sitio y temporada de muestreo

Especie	Lluvias		Fríos		Secas		Total
	ZA	SBC	ZA	SBC	ZA	SBC	
<i>Anopheles pseudopunctipennis</i> *	34	49	1	9	2	4	99
<i>Aedes aegypti</i> *	9	1	0	0	0	0	10
<i>Aedes epactius</i> *	25	4	1	0	17	0	47
<i>Aedes canadensis</i> *	8	8	1	2	3	0	22
<i>Aedes trivittatus</i> *	9	7	0	1	1	0	18
<i>Culex coronator</i> *	62	54	3	12	8	7	146
<i>Culex interrogator</i> *	5	1	1	0	0	0	7
<i>Culex quinquefasciatus</i> *	296	8	2	8	4	4	322
<i>Culex stigmatosoma</i> *	7	4	0	0	0	0	11
<i>Culex tarsalis</i> *	5	2	1	3	0	1	12
<i>Culex trinidadensis</i>	4	21	2	51	0	1	79
<i>Culiseta inornata</i> *	0	0	0	0	1	0	1
<i>Psorophora cyanescens</i> *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Psorophora ferox</i> *	1	0	0	0	0	0	1
<i>Uranotaenia lowii</i>	0	4	0	3	0	0	7
<i>Uranotaenia syntheta</i>	0	2	0	0	0	0	2
<i>Aedes sp 1</i>	0	2	0	1	0	0	3
<i>Aedes sp 2</i>	1	0	0	1	0	0	2
<i>Aedes sp 3</i>	0	1	0	0	0	0	1
<i>Aedes sp 4</i>	1	1	0	0	0	0	2
<i>Psorophora sp 1</i>	1	1	0	0	0	0	2
Abundancia	469	170	12	91	36	17	795
Riqueza	16	17	8	10	7	5	21

Las especies marcadas con * son vectores patógenos que causan enfermedades tanto a humanos como animales domésticos y silvestres

Índice de Shannon

La diversidad (H), por sitio, fue mayor en la selva baja caducifolia con un valor de 2 comparada con la zona antropizada que tuvo 1.5.

En cuanto a las temporadas y sitios de muestreo, la mayor diversidad de mosquitos obtenida fue para la SBC en lluvias y para ZA en fríos ambas con un valor de 2, mientras que la diversidad más baja corresponde a ZA en lluvias y a SBC en secas ($H=1.4$) (Cuadro 3).

Para obtener la diversidad verdadera se calculó el exponencial de Shannon (e^H), dando como resultado que, la selva baja caducifolia tiene una mayor diversidad verdadera ($e^H=7$) en comparación con la zona antropizada ($e^H=4.5$). Con respecto a las temporadas, el valor más alto se presenta en lluvias ($e^H=5.8$), seguida de la temporada de secas, (5.6) y por último la de fríos (5.1).

Para la comparación entre temporadas y sitios, las mismas zonas que tuvieron la mayor diversidad de Shannon (H) también presentaron la diversidad verdadera, de culícidos, lluvias en SBC y fríos en ZA mostraron un e^H de 7.2, con respecto a los más bajos exhibidos en lluvias en ZA y en secas en SBC ($e^H=4$) (Cuadro 3). De manera gráfica, se puede observar la relación entre la riqueza (S), la diversidad verdadera (e^H) y la equidad, en los perfiles de diversidad realizados (Fig. 3).

Índice de Simpson

Existen dos comunidades con el mismo valor de dominancia de $D_s=0.4$, ZA durante la temporada de lluvias y SBC en la estación de fríos, el resto de las comunidades son poco dominantes teniendo la menor dominancia SBC en lluvias y ZA fríos (0.2) (Cuadro 3).

La comunidad que presentó una mayor equidad fue ZA en fríos con una cifra de 6.5 y ZA en lluvias tuvo la menor equidad (2.4) (Cuadro 3, Fig. 3).

Cuadro 3. Valores de la diversidad alfa por cada zona y temporada

Índices	Lluvias		Fríos		Secas	
	ZA	SBC	ZA	SBC	ZA	SBC
S	16	17	8	10	7	5
A	469	170	12	91	36	17
H	1.4	2	2	1.5	1.5	1.4
e ^H	4	7.2	7.2	4.4	4.5	4
Dominancia de Simpson (Ds)	0.4	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3
Equidad	2.4	4.8	6.5	2.8	3.4	3.5

La abreviación ZA hace referencia a zona antropizada y SBC a selva baja caducifolia.

Para saber si hay diferencias en los valores de los índices calculados, por zona y temporada, se realizaron pruebas de t de student, esta prueba arrojó diferencias significativas entre los valores de diversidad de Shannon (H) ($4.19E-07$) y la dominancia de Simpson (Ds) ($1.83E-12$), entre ZA y SBC, lo que nos dice que tanto la diversidad como la dominancia dependen del sitio de estudio. En cuanto a las temporadas de muestreo, las diferencias significativas se encontraron en la temporada de lluvias, es decir que la estacionalidad está influyendo en la abundancia de mosquitos y en el grado de dominancia que pueden tener algunos de estos organismos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de t para los valores de los índices de Shannon y Simpson

Zona	Shannon	Simpson
ZA vs SBC	4.91E-07 *	1.83E-12 *
Temporada		
Lluvias	1.60E-07 *	1.13E-11 *
Fríos	0.052411	0.013135 *
Secas	0.59713	0.92037
Zona Antropizada		
Lluvias vs Fríos	0.015149 *	0.00043867 *
Fríos vs Secas	0.070123	0.093229
Secas vs Lluvias	0.51536	0.053526
Selva Baja Caducifolia		
Lluvias vs Fríos	0.001678 *	0.007959 *
Fríos vs Secas	0.5892	0.44467
Secas vs Lluvias	0.0038302 *	0.26972

El símbolo * indica las diferencias estadísticamente significativas.

La prueba de Chi-cuadrada fue aplicada para saber si las abundancias que presentan los mosquitos, por zona y temporada, muestran diferencias significativas. Al comparar las zonas, ZA y SBC, existen diferencias significativas ($p= 2.2e-16$) lo que nos dice que las abundancias están relacionadas con el sitio de muestreo, al igual que con las temporadas, LI, F y S, ya que al compararlas, las tres presentan diferencias significativas para lluvias $p= 2.2e-16$, fríos $p= 7.021e-15$ y secas $p= 0.009058$.

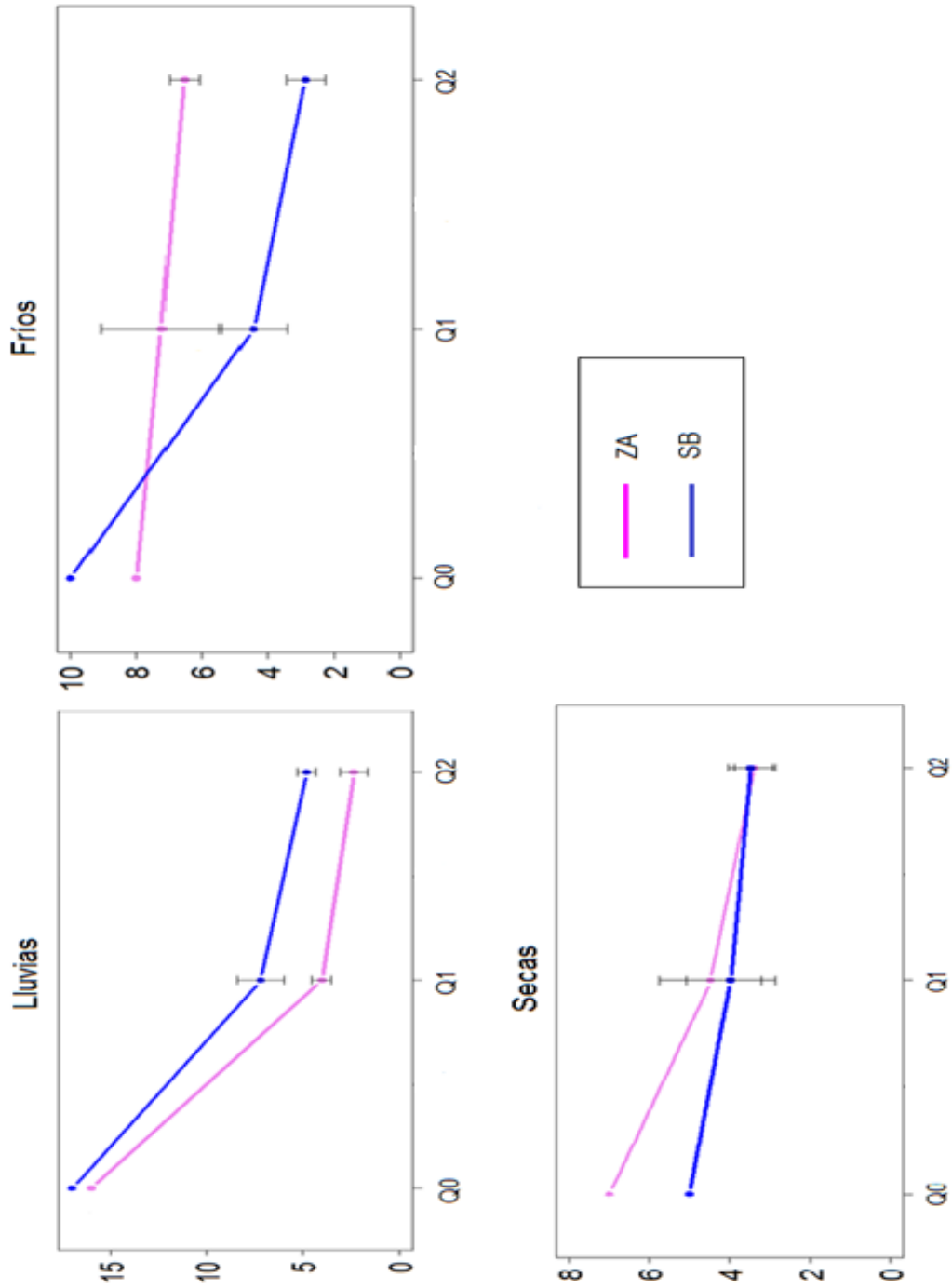


Figura 3. Representación gráfica de la relación entre la riqueza (Q0), diversidad verdadera (Q1) y equidad por temporada (Q2) y zona de muestreo.

Diversidad beta

La diversidad beta se obtuvo con el coeficiente de Jaccard. Primero se compararon los dos sitios de estudio, ZA y SBC, los resultados muestran que ambas zonas comparten el 70% de todas las especies encontradas.

Al contrastar las temporadas obtuvimos que en la temporada de lluvias, ZA y SBC, tuvieron un valor de similitud del 0.70, lo que nos dice que se comparte el 70% de las especies encontradas, en la temporada de fríos estos sitios presentan el 50% de especies similares y para la temporada de secas 33% de las especies aparecen en ambos lugares (Cuadro 5).

Para las comparaciones entre temporadas de los sitios por separado, el valor de similitud más alto lo presentan las temporadas de LI vs F y de F vs S en ambos sitios, ZA y SBC, con un valor del 50% mientras que los valores más bajos los obtuvieron S vs LI en ZA (40%) y en SBC (30%).

Cuadro 5. Diversidad de beta por temporadas entre las diferentes comunidades

Índice	ZA vs SBC		
	Lluvias	Fríos	Secas
S comp.	13	5	3
Jaccard (Ij)	0.7	0.5	0.3

Se realizó un dendrograma de similitud para ver gráficamente que tan similares son las comunidades de ZA y SBC a lo largo de las tres temporadas de muestreo, las cuales se separan en dos clusters, dejando aparte a ZA en secas, la cual sólo comparte el 38% de las especies, con los otros grupos. El primer clúster incluye la temporada de lluvias en ambos sitios, con el valor más alto de similitud correspondiente al 65% de especies compartidas; el segundo clúster está conformado por ZA en fríos y SBC en secas, compartiendo aproximadamente el 60% de las especies, estas dos comunidades, a la vez tiene el 50% de similaridad con SBC en fríos (Fig. 4).

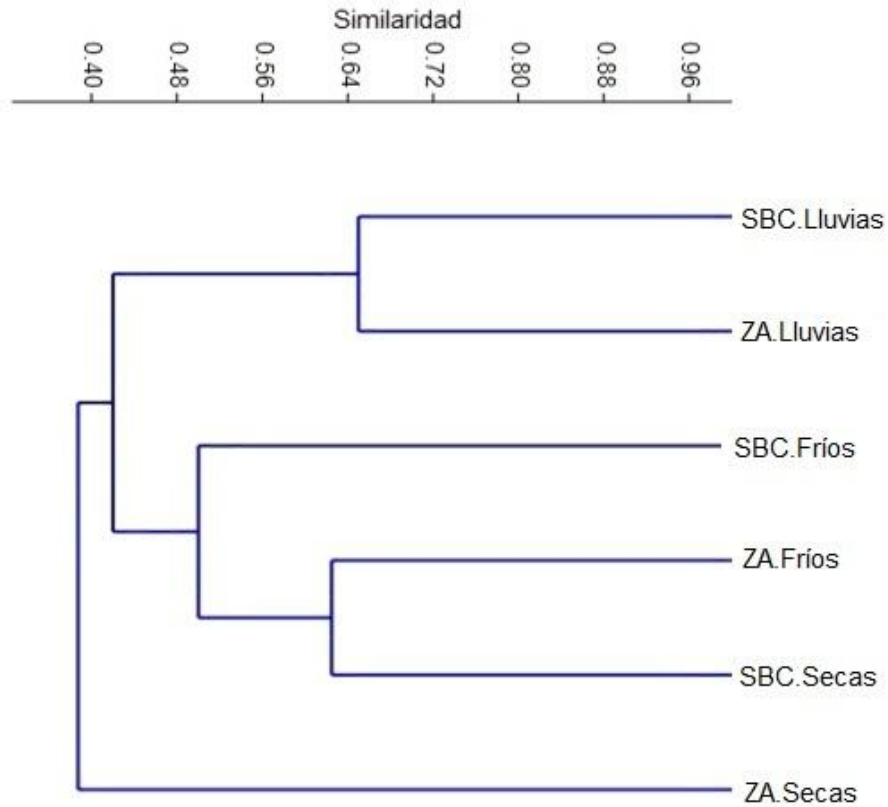


Figura 4. Dendrograma de similitud para las zonas y temporadas de muestreo.

Curvas de rango-abundancia

Se creó un gráfico de rango-abundancia para apreciar de manera visual como cambia la composición de especies durante cada temporada y sitio.

Se observa que *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. coronator*, *An. pseudopunctipennis* son especies que se encuentran durante todo el año, en ambos sitios de muestreo, las cuales además presentan una alta dominancia. La especie *Ae. aegypti* solamente se encontró durante la temporada de lluvias y en mayor abundancia en ZA, ya que en la selva baja caducifolia solo se encontró un individuo. También *Cx. stigmatosoma*, *Psorophora sp 1* y *Aedes sp 4* se encontraron en ambas zonas solo durante la temporada de lluvias. *Ur. lowii* se encontró en la selva baja caducifolia en temporada de lluvias y fríos. *Psorophora ferox* y *Psorophora sp 2*, se encontraron solamente en ZA, en la temporada de lluvias, al igual que *Aedes*

sp 3 y *Ur. syntheta* se encontraron en la misma temporada, pero en SBC y Cs. *inornata* en ZA en temporada de secas por lo que podemos observar que la estructura de la comunidad de mosquitos varía conforme a la temporada y zona de estudio (Fig. 5).

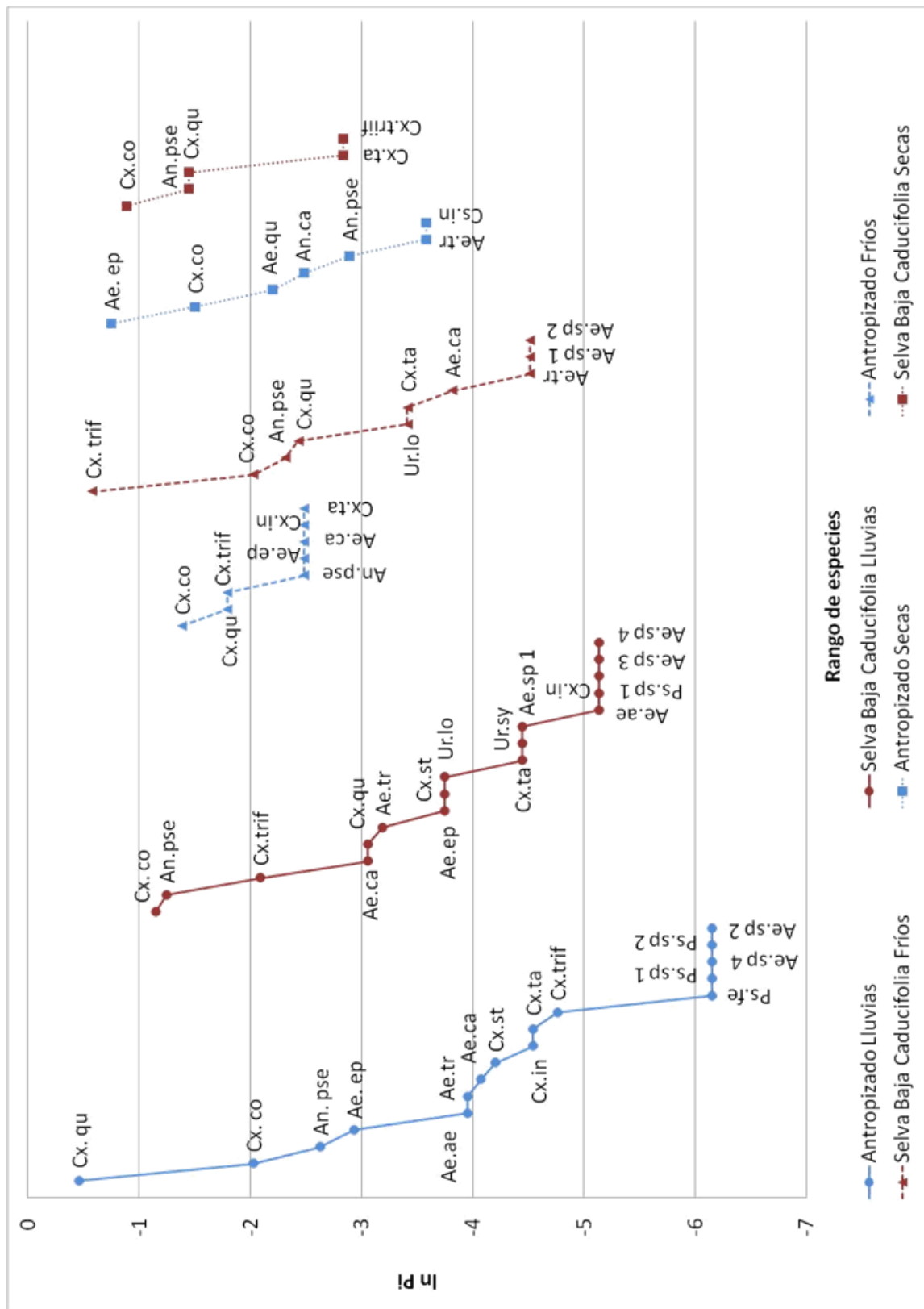


Figura 5. Curva de rango-abundancia para cada zona y temporada de estudio.

Esfuerzo de muestreo

Para obtener el esfuerzo de muestreo, se realizaron curvas de acumulación de especies para cada zona, que contienen las distintas temporadas de muestreo, se usaron los estimadores Chao 1 y Jackknife 1 para calcular el porcentaje de especies obtenidas y saber si el diseño de muestreo es el adecuado, además de las especies faltantes.

Zona Antropizada (ZA)

Lluvias. En los meses de julio y octubre que corresponden a la temporada de lluvias, en el sitio de muestreo, se identificaron 16 especies (S), Chao 1 predice una eficiencia de muestreo de 61.6% y Jackknife 1 de 75.3%, además nos revelan que hacen falta 9.98 y 5.25 especies por encontrar (Fig. 6a).

Fríos. En la temporada de fríos, se encontraron 8 especies. El estimador Chao 1 predice el 70.2% de esfuerzo de muestreo, mientras que Jackknife 1 el 64.6%, estos índices nos indican que hacen falta por encontrar 3.4 y 4.4 especies respectivamente (Fig. 6b).

Secas. El mes de mayo corresponde a la temporada de secas, se determinaron 7 especies, de acuerdo a los estimadores Chao 1 y Jackknife 1 se tiene un esfuerzo de muestreo de 93.5% y 80%, respectivamente, y hacen falta 0.49 y 1.75 especies por encontrar (Fig. 6c).

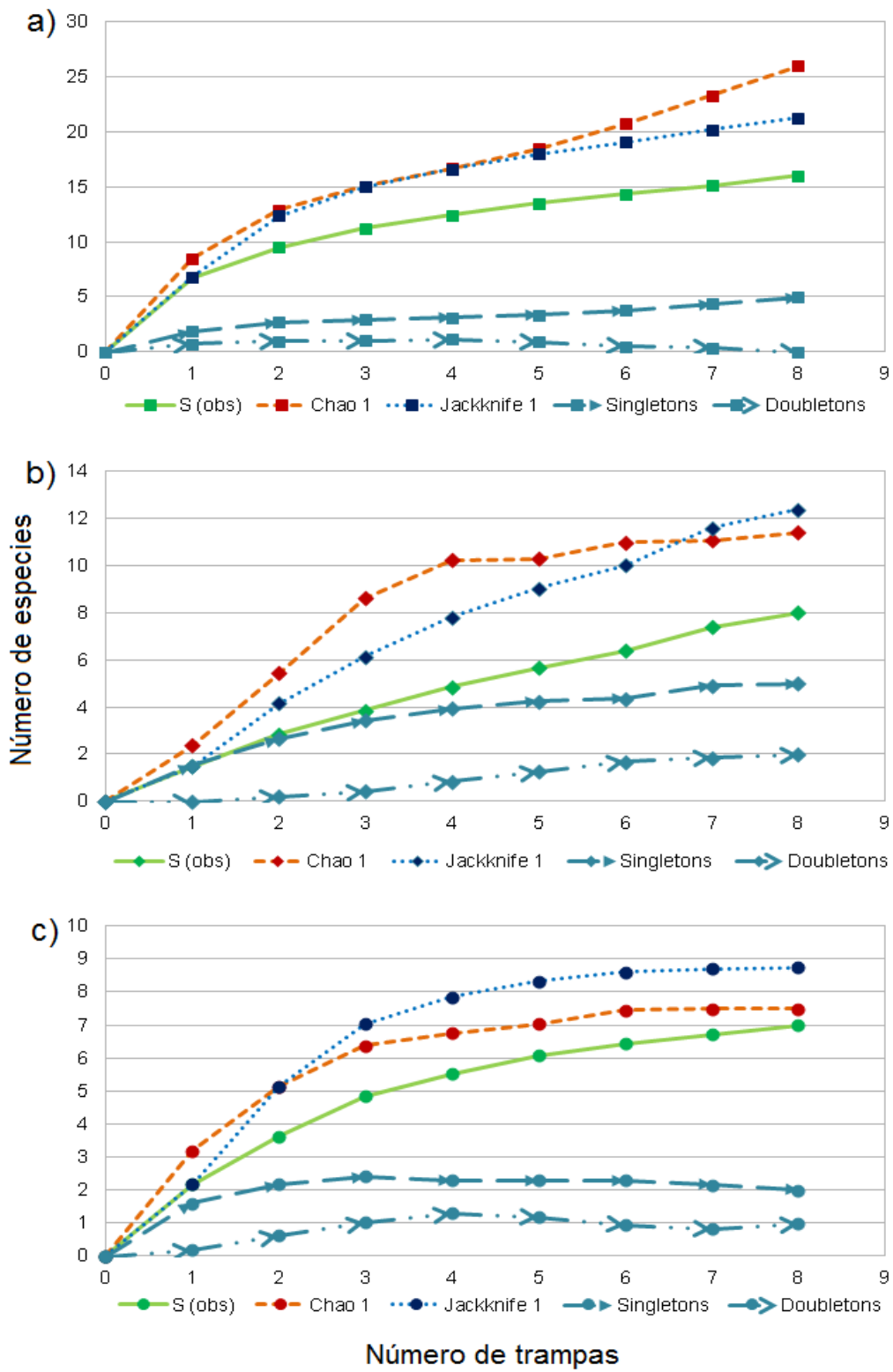


Figura 6. Curva de acumulación de especies para las 3 temporadas de muestreo, en la zona antropizada. El grafico a) pertenece a la temporada de lluvias, b) a fríos y c) a secas.

Zona de Selva Baja Caducifolia (SBC)

Lluvias. Se determinaron 17 especies (S), Chao 1 arroja una eficiencia de muestreo de 87.2%, mientras que Jackknife 1 el 73.5%, de acuerdo a estos estimadores hacen falta encontrar 2.4 y 6.1 especies, respectivamente (Fig. 7a).

Fríos. En esta temporada se encontraron 10 especies. Los estimadores indican un esfuerzo de muestreo de 87.1% (Chao 1) y del 79.2% (Jackknife 1) e indican que hace falta 1.4 y 2.6 especies por encontrar (Fig. 7b).

Secas. Se determinaron 5 especies, Chao 1 predice un esfuerzo de muestreo de 84.2%, y Jackknife 1 de 74.1%, las especies por encontrar son 0.9 y 1.7 (Fig. 7c).

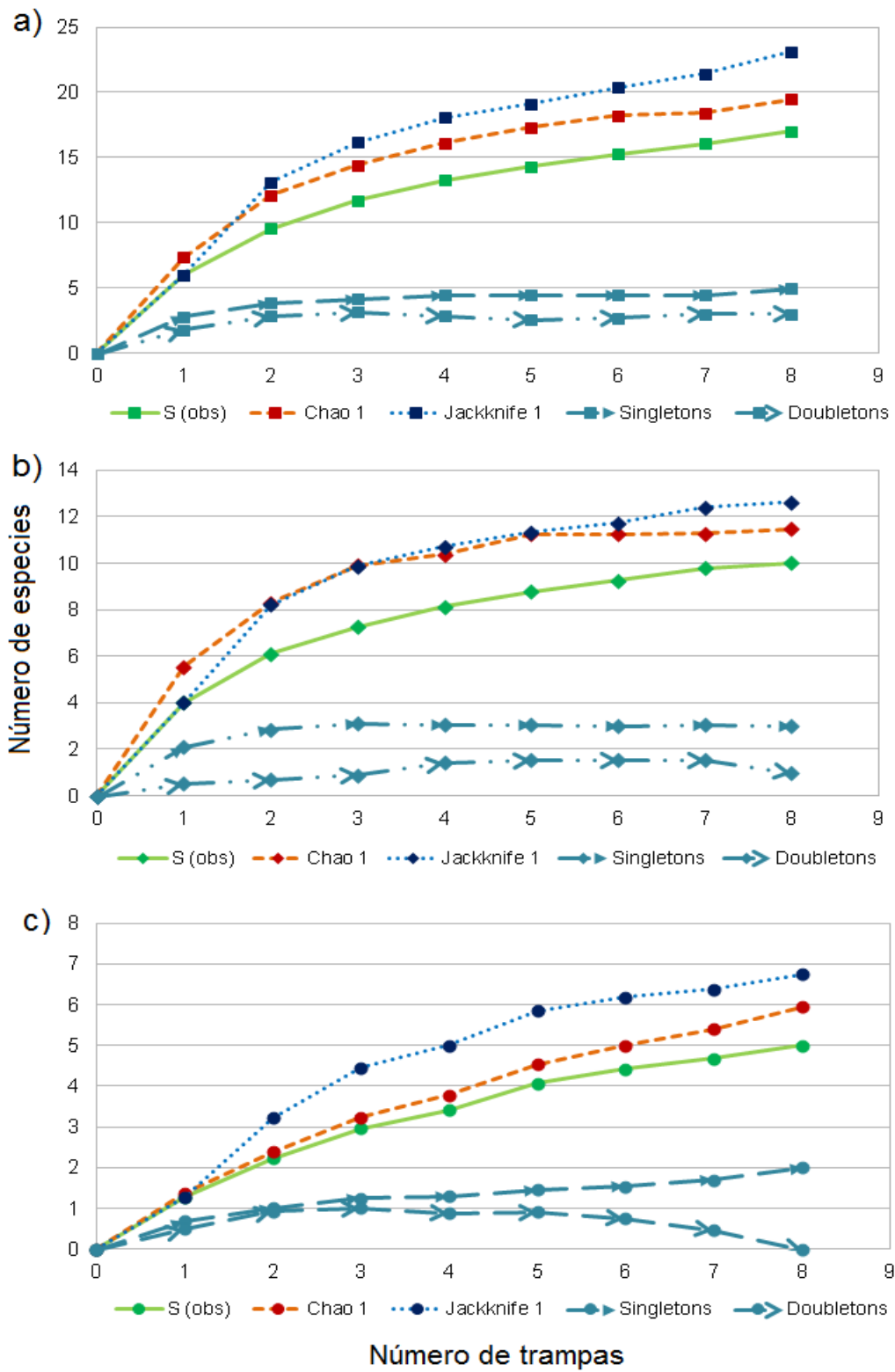


Figura 7. Curva de acumulación para las 3 temporadas de muestreo, en la zona de la Selva Baja Caducifolia. El grafico a) pertenece a la temporada de lluvias, b) a fríos y c) a secas.

Discusión

Este estudio se enfocó a entender las variaciones de una comunidad de mosquitos en una zona antropizada y un sitio conservado (selva baja caducifolia), a través de tres temporadas a lo largo de dos años. En general, los resultados muestran que la zona, es dominada por 3 especies y las comunidades son similares en términos de riqueza de especies.

Diversidad alfa

La riqueza es similar en temporada de lluvias en ambos sitios y entre la temporada fría y seca en las dos zonas. En términos de abundancia, las comunidades varían de forma distinta y además tienen una baja similitud entre el sitio y las estaciones, lo que podría indicar que los recursos que aprovechan los mosquitos para su desarrollo están variando a través del tiempo y el espacio (temporadas y zonas) es por ello que las especies dominantes cambian en función de la zona y de la temporada (Abella-Medrano, *et al.*, 2015).

Estos resultados de riqueza y abundancia, concuerdan con los reportados por Medeiros-Sousa, *et al.*, (2015), ya que ambos parámetros se incrementan cuando aumentan las temperaturas y las precipitaciones, pues estos factores aceleran el desarrollo de los mosquitos al crear una gran cantidad de sitios de crianza disponibles para muchas especies, es por ello que durante la temporada de lluvias las poblaciones de mosquitos incrementan, y se encuentran los valores más altos de riqueza y abundancia en ambas zonas (antropizada: 16 spp, selva: 17 spp), los cuales declinan durante la temporada seca. Sin embargo, en cuanto a riqueza, contrastan con lo reportado por el trabajo de Abella-Medrano *et. al.*, (2015), en cual encuentran la mayor riqueza durante la temporada de secas, esto debido a que el bosque mesófilo de montaña, la temporada seca no es tan marcada, como en ambientes de selva baja caducifolia, ya que la captación de agua sigue siendo alta aún en este periodo (Challenger, 2008; Faeth, *et al.*, 2011), pero para la abundancia, los resultados coinciden, encontrado también, durante la temporada de lluvias, la mayor cantidad de mosquitos.

La visualización gráfica de rango-abundancia nos muestra, al igual que otros estudios, (Forattini, *et al.*, 1993, Aguirre-Uribe, *et al.*, 2008), que *Cx. quinquefasciatus* es una especie muy dominante durante el periodo de lluvias, que es precisamente durante la cual encontramos la mayor abundancia de esta especie concentrada en la zona urbana, debido a que presenta un alto grado de confinamiento a este ambiente y a que puede desarrollarse en cualquier tipo de criadero (desde aguas residuales o contaminadas hasta limpias), tiene una preferencia por la sangre de aves, pero también se alimenta con facilidad de una gran variedad de hospederos mamíferos (incluyendo a humanos), domésticos y silvestres cuando estos son abundantes (como en la zona de estudio) (Mackay, *et al.* 2010), la importancia de este mosquito radica en que puede ser transmisor del Virus del Oeste del Nilo (WNV), dirofilariasis, filariasis linfática (producida por *Wuchereria bancrofti*), encefalitis equina del oeste y encefalitis de San Luis (Bolling, *et.al.*, 2005).

Durante la temporada de lluvias en ZA, la segunda especie más abundante fue *Cx. coronator* (transmisor de encefalitis equina Venezolana y encefalitis de San Luis, entre otras), la cual se vuelve dominante en tres de las seis condiciones de muestreo, en SBC durante las lluvias, ZA en fríos y en la temporada de secas en la selva. Sin embargo, aunque esta especie es dominante en la mitad de las temporadas, los números en que fue capturada son bajos comparados con *Cx. quinquefasciatus*, la que se presenta 2.6 veces más que *Cx. coronator* (Dibo, *et al.*, 2011).

En zonas costeras de la península de Yucatán la especie más capturada en zonas urbanas es *Ae. aegypti* y en segundo lugar *Cx. quinquefasciatus*, lo cual demuestra que estas especies están altamente adaptadas a los ambientes urbanos, sin embargo es posible encontrarlos en zonas más conservadas (Baak-Baak, *et al.*, 2014, Bond, *et al.*, 2014) como en el presente trabajo.

Una de las especies reportadas y de mayor importancia sanitaria, por ser el principal transmisor del dengue, chikungunya, zika, entre otras, es *Ae. aegypti*, mayormente encontrada en la zona urbana y con muy poca representatividad en el ambiente silvestre (1 individuo), lo que concuerda con trabajos como el de Barrera,

et al., (2012) y Espinoza-Gómez (2013), que consideran a esta especie como urbana, debido a que se alimenta principalmente de sangre de humanos y además presenta una gran plasticidad ecológica que le permite desarrollarse fácilmente en una amplia gama de contenedores tanto naturales como artificiales, los cuales son proporcionados por la población de manera indirecta, como los canales de desagüe, estanques, latas, botellas, bebederos de animales, llantas, pilas de agua, etc., la facilidad con la que se adapta a cualquier tipo de agua y la preferencia de huéspedes humanos y animales domésticos hace que esta especie sea precisamente encontrada en el ambiente urbano (Marín, *et al.*, 2009; Cruz-Francisco, *et al.*, 2012).

Anopheles pseudopunctipennis, otra de las especies presente en todas las temporadas y sitios de muestreo, de gran importancia medica por ser el principal transmisor de malaria en el continente americano (Lardeux, *et al.*, 2007). Se encuentra en sus estados juveniles en remansos de ríos y charcos, sin movimiento, con presencia de vegetación y materia orgánica, mientras que los adultos son más comunes en las áreas arboladas o boscosas (Loaiza, *et al.*, 2008). Esta especie se alimenta de sangre de humanos, sin embargo también muestra una gran facilidad para alimentarse de otros mamíferos como perros y caballos (Fernández-Salas, *et al.*, 1993) esto nos está indicando que *An. pseudopunctipennis*, una especie adaptada a los ambientes silvestres, desplazándose continuamente desde sus sitios de descanso en la selva hasta ZA en busca de hospederos de los cuales alimentarse.

Durante la temporada de lluvias se encontró en ambas zonas *Cx. stigmatosoma*, esta especie tiene importancia veterinaria al ser considerado como un vector eficiente del virus del oeste del Nilo (infectado en condiciones de laboratorio) (Goddard, *et al.*, 2002), además se ha aislado el virus de la encefalitis equina del oeste y el protozoo de la malaria aviar, lo que puede poner en peligro a la avifauna local y migratoria (Ortega-Morales, *et al.*, 2011).

Otras especies de importancia médica encontradas en el presente estudio fueron, *Ae. epactius*, *Aedes canadensis*, *Ae. trivittatus*, *Cx. interrogator*, *Cx. tarsalis*, todos en bajas abundancias y ninguna se encontró en todas las condiciones de

muestreo. *Aedes epactius*, considerada una especie hematófaga agresiva (primordialmente de humanos) capaz de transmitir el virus de Jamestown Canyon y el virus del oeste del Nilo (Aguirre-Urbe, et al., 2008), fue capturada en la zona antropizada, durante las tres temporadas de muestreo, esto coincide con los registros de Lozano-Fuentes *et al.*, (2012, 2014), al tratarse de una especie asociada al ambiente residencial. *Aedes canadensis* es una especies que se alimenta principalmente de aves y mamíferos; capaz de transmitir fiebre del valle de Rift, encefalitis equina del este, virus de Highland y virus del James Canyon (Golnar, *et al.*, 2014). *Aedes trivittatus* (se alimenta de una gran variedad de vertebrados) es capaz de transmitir el virus Trivittatus, virus del oeste del Nilo, encefalitis equina del este y el virus de La Crosse (Molaei, *et al.*, 2008). La especie *Cx. interrogator*, se sospecha que podría transmitir el virus del oeste del Nilo, y a pesar de ser marcadamente ornitófila también puede alimentarse de mamíferos (Cruz-Francisco, *et al.*, 2012; Cortés-Guzmán, *et al.*, 2013). Por último la especie *Cx. tarsalis* también es capaz de transmitir el virus del oeste del Nilo, encefalitis equina del oeste, encefalitis de San Luis y encefalitis de California (Heft & Walton, 2008).

En especies como *Ps. ferox*, de la que solo se capturo un individuo, se ha reportado que responde a ritmos de actividad diurnos que van aproximadamente desde las 6 am hasta las 5 pm, a esto se debe la baja abundancia de esta especie durante las horas que estuvieron activas las trampas CDC en el presente estudio (7 pm-7 am) (Jones, *et al.* 2004), esta especie puede ser vector del virus del oeste del Nilo, encefalitis equina Venezolana, encefalitis de San Luis, dermatobiosis, virus oriboca, virus del valle de Cache y virus wyeomyia (Wilkerson, *et al.*, 2015), del género *Psorophora*, se colectó también la especie *cyanescens* (1 solo ejemplar) de la cual se reporta que las hembras son fuertes picadoras y se alimentan sobre humanos, además de tener poblaciones altas después de la época de lluvias, temporada en la cual esta especie fue registrada (Ortega-Morales, 2010).

Otra de las especies con un solo individuo fue *Cs. inornata* encontrada en la temporada de secas en ZA, se sabe que responde positivamente a la temperatura,

mostrando abundancias más altas durante los picos de este factor, esto explica porque se colectó en la temporada de secas, esta especie tiene la capacidad de transmitir el virus que provoca la fiebre del valle de Rift, el virus del oeste del Nilo, encefalitis equina del oeste y encefalitis japonesa (Pecoraro, *et al.*, 2007).

La especie *Ur. lowii*, encontrada solo en SBC, prefiere alimentarse de anfibios, principalmente de ranas, es por ello que se encontró en este sitio durante la temporada de lluvias y de fríos, que es cuando estos hospederos están más activos (Borkent & Belton, 2006), además se ha documentado que esta especie prefiere la vegetación del sotobosque como sitio de reposo (Burkett-Cadena, *et al.*, 2013). Otra especie del mismo género, *Ur. syntheta*, se encontró en bajas abundancias en temporada de lluvias y selva baja caducifolia, se ha reportado que esta especie está adaptada a los ambientes silvestres y tiene su mayor abundancia en las estaciones de otoño e invierno, además de ser más atraída a las trampas de luz cebadas con CO₂ (Dampf, 1943). Estas especies no han sido implicadas en la transmisión de patógenos causantes de enfermedades.

La especie *Cx. trinidadensis*, fue dominante durante la temporada de fríos en la SBC, sin embargo, no hay estudios acerca de su importancia médica ni de su biología, a pesar de estar registrado en zonas del país como Guerrero (Bond, *et al.*, 2014) esto debido a que pertenece al subgénero *Melanoconion* y se trata de un grupo con relaciones filogenéticas no resueltas.

Estudios han demostrado que la urbanización promueve la reducción de la biodiversidad, e incrementa la abundancia (Medeiros-Souza, 2015; Turrini & Knop, 2015; Faeth, *et al.*, 2011), sin embargo, estos parámetros no siempre disminuyen progresivamente o varían en paralelo con el incremento de la modificación del hábitat, ya que en los bosques perturbados aumenta la riqueza de especies, lo que se puede ver reflejado en este trabajo, durante la temporada de lluvias ya que en ZA se encontró el 62% de eficiencia de muestreo, según el estimador Chao 1, y hacen falta por encontrar casi 10 especies, en comparación con SBC en la cual solo hacen falta 2.5 especies por encontrar, lo que nos muestra que la zona antropizada tendría una mayor riqueza de especies, tal vez esto se deba a que encuentran alimento constante en el ganado y animales domésticos, además de

criaderos y sitios de resguardo en las casas donde la temperatura es adecuada para su supervivencia. La comunidad con mayor equidad al igual que en otros trabajos (Abella-Medrano *et al.*, 2015), fue durante la temporada de fríos, en este caso en ZA, mientras que la temporada de lluvias en ZA, podemos observar que existen especies dominantes, como *Cx. quinquefasciatus*.

Dados los resultados de este trabajo, un brote epidémico, constituye una situación para la cual el estado no ha mantenido una buena vigilancia entomológica, ya que no se sabe si hay especies infectadas con algún patógeno, pues este tipo de estudios son escasos para Puebla, se ignora el número real de casos de las enfermedades transmitidas por vectores debido a que las zonas más alejadas de las ciudades tienen una escasa o ninguna atención por parte del sector salud, es por esto que el control de este tipo de enfermedades sería muy complicado.

Diversidad beta

Existen pocos estudios comparativos acerca de cómo la estacionalidad y los sitios afectan a las comunidades de mosquitos, sin embargo en los resultados del presente trabajo se encontró que en la temporada de lluvias, la selva baja caducifolia y la zona antropizada tienen el 65% de especies similares, lo que puede explicarse porque los mosquitos responden principalmente a condiciones abióticas como el aumento del régimen de lluvias y de las temperaturas, ya que incrementa la cantidad de lugares donde ovopositar (Clements, 1992; Franklin & Whelan, 2009), incluso otro factor que puede estar influyendo es la proximidad de los sitios, ya que muchas especies pueden volar varios kilómetros hasta su fuente de alimento y la presencia de ganado (bovino, porcino, caprino y equino) y animales domésticos (perros, gatos, gallinas) rodeados de fragmentos de selva puede ser utilizada por los mosquitos como sitios de alimentación, durante todo el año, y las fracciones de vegetación como sitios de abrigo, por estas razones es probable que la mayoría de las especies de mosquitos, aprovechen estas condiciones para reproducirse y de esta manera ambas zonas contengan una diversidad muy parecida (Abella-Medrano *et al.*, 2015, Takken & Verhulst, 2013).

Conclusiones

En este trabajo pudimos observar que la temporada y el paisaje son factores, estadísticamente significativos, que afectan la diversidad de mosquitos, así como su distribución y abundancia. Más de la mitad de las especies identificadas actúan como vectores potenciales de algún tipo de patógeno: *An. pseudopunctipennis*, *Ae. Aegypti*, *Aedes epactius*, *Ae. canadensis*, *Aedes trivittatus*, *Cx. coronator*, *Cx. interrogator*, *Cx. quinquefasciatus*, *Cx. stigmatosoma*, *Cx. tarsalis*, *Cs. inornata*, y *Ps. ferox*.

En cuanto al número de especies reportado para el estado de Puebla, el presente trabajo aporta 6 nuevos registros: *Ae. canadensis*, *Cx. interrogator*, *Cx. tarsalis*, *Ur. lowii*, *Ur. syntheta* y *Cs. inornata*; aumentando la riqueza de culícidos en el estado en un 20% llegando a un total de 36 especies registradas en el Estado.

Este estudio abre nuevas perspectivas para futuros proyectos sobre el estudio de culícidos, ya que podrían abordarse aspectos moleculares para la detección de patógenos de los cuales podrían estar infectados los culícidos, la temporalidad en la que los mosquitos transmisores de enfermedades, como el dengue tiene, tienen abundancias más altas, detectar criaderos potenciales para los estados inmaduros de estas especies y sobre todo es información que puede ser tomada en cuenta para vigilancia y control entomológico de vectores.

El gran número de especies de mosquitos transmisores de patógenos constituyen un riesgo para la zona sur del estado de Puebla, para todos los animales, principalmente los mamíferos, seres humanos, y aves ya que estas al realizar movimientos migratorios pueden favorecer el flujo de patógenos entre las especies ornitófilicas.

Bibliografía

Abella-Medrano, C.A., S. Ibáñez-Bernal, I. MacGregor-Fors & D. Santiago-Alarcón. 2015. Spatiotemporal variation of mosquito diversity (Diptera: Culicidae) at places with different land-use types within a Neotropical montane cloud forest matrix. *Parasites and Vectors* 8 (1): 487.

Aguirre-Urbe, L.A., S. Vergara-Pineda, O. García-Martínez, J. Landeros-Flores, M. Flores-Dávila & M.K. Harris. 2008. Culicid distribution in Coahuila, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 33(3): 219-222.

Baak-Baak, C.M., R. Arana-Guardia, N. Cigarroa-Toledo, M. Puc-Tinal, C. Coba-Tún, V. Rivero-Osorno, D. Lavallo-Kantun, M.A. Loroño-Piño, G.C. Reyes-Solís, B.J. Beaty & J.E. García-Rejón. 2014. Urban Mosquito Fauna in Mérida City, México: Immatures Collected from Containers and Storm- Water Drains/Catch Basins. *Southwestern Entomologist*, 39 (2): 291-306.

Barrera, R., A.M. Bingham, H.K. Hassan, M. Amador, A.J. Mackay & T.R. Unnasch. 2012. Vertebrate hosts of *Aedes aegypti* and *Aedes mediovittatus* (Diptera: Culicidae) in rural Puerto Rico. *Journal of Medical Entomology* 49 (9): 917-921

Becker, N., D. Petric', M. Zgomba, C. Boase, C. Dahl, M. Madon & A. Kaiser. 2010. *Mosquitoes and Their Control*, 2nd ed. Springer, Berlin.

Beebe, N.W., R.D. Cooper, P. Mottram, & A.W. Sweeney. 2009. Australia's Dengue Risk Driven by Human Adaptation to Climate Change. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 3(5), 1–9.

Bernués-Bañeres, A., & R. Jiménez-Peydró. 2013. Diversity of mosquitoes (Diptera Culicidae) in protected natural parks from Valencian Autonomous Region (Eastern Spain). *Biodiversity Journal* 4 (2): 335-342.

Bolling, B.G., J.H. Kennedy & E.G. Zimmerman. 2005. Seasonal dynamics of four potential West Nile vector species in north-central Texas. *Journal of Vector Ecology* 30 (2): 186-194.

Bond, J.G., F. Casas-Martinez, H. Quiroz-Martínez, R. Novelo-Gutiérrez, C.F. Marina, A. Ulloa, A. Orozco-Bonilla, M. Muñoz, & T. Williams. 2014. Diversity of mosquitoes and the aquatic insects associated with their oviposition sites along the Pacific coast of México. *Parasites and Vectors* 7:41

Borkent, A. & P. Belton. 2006. Attraction of female *Uranotaenia lowii* (Diptera: Culicidae) to frog calls in Costa Rica. *The Canadian Entomologist* 138: 91-94.

Brown, B.V., A. Borkent, J.M. Cumming, D.M. Wood, N.E. Woodley & M.A. Zumbado. 2009. *Manual of Central American Diptera: Volume 1*. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada.

Brusca, R.C. & G.J. Brusca. 2003. *Invertebrates*, 2nd ed. Sinauer Associates, Inc., Publisher, Sunderland, Massachusetts

Burkett-Cadena, N., S.P. Graham & L.A. Giovanetto. 2013. Resting environments of some Costa Rican mosquitoes. *Journal of Vector Ecology* 38 (1): 12-19.

Carpenter, S.J., & W.J. LaCasse. 1955. *Mosquitoes of North America (North of Mexico)*. University of California Press, Berkeley, CA

Chao. A. & T.J. Shen. 2009. SPADE. Disponible en: <http://chao.stat.nthu.edu.tw/>

Challenger, A. y J. Soberón 2008. Los ecosistemas terrestres. In: Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Vol. 1. México, D. F., México. pp. 87-108.

Clements, A.N. 1992. The Biology of Mosquitoes. Vol 1. Development, Nutrition and Reproduction. Universidad de Michigan. EUA. Chapman & Hall.

Colwell, R.K. 2013. *EstimateS*: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.

Cortés-Guzmán, A.J., R.M. Sánchez-Casas, L.A. Ibarra-Juárez, A.I. Ortega-Morales, J.E. García-Rejón, J.F. Contreras-Cordero, P. Mis-Ávila, M.A. Domínguez-Galera, E.E. Rebollar-Téllez, C. Medina De la Garza & I. Fernández-Salas. 2013. West Nile Virus Survey of Birds, Horses, and Mosquitoes of the Pacific Coast, Southern Mexico. *Southwestern Entomologist* 38(2): 231–240.

Cruz-Francisco, V., D.I. Veda-Moreno & A. Valdés-Murillo. Aspectos ecológicos de la incidencia larval de mosquitos (Diptera: Culicidae) en Tuxpan, Veracruz, México. *Revista Colombiana de Entomología* 38 (1): 128-133.

Dampf, A. 1943. Distribución y ciclo anual de *Uranotaenia syntheta* Dyar & Shannon en México y descripción del hipopigio masculino (Insecta, Diptera). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 4 (3): 147-172

Darsie, R.F. 1996. A survey and bibliography of the mosquito fauna of Mexico (Diptera: Culicidae). *Journal of the American Mosquito Control Association* 12(2): 298-306.

Dibo, M.R., R.M. Tironi de Meneses, C. Perez-Ghirardelli, A.L. Mendonça & F. 2011. Presença de culicídeos em município de porte médio do Estado de São

Paulo e risco de ocorrência de febre do Nilo Ocidental e outras arboviroses. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical* 44 (4): 496-503

Durden, L. & G. Mullen. 2002. Introduction. En *Medical and Veterinary Entomology*. EUA: Academic Press.

Dyar, H.G. 1920. A new mosquito from Mexico (Diptera, Culicidae). *Insector Insectiae Menstruus* 8(8): 1-82.

Dyar, H.G. 1928. *The mosquitoes of the Americas*. Carnegie Institute Washington. Washington

Espinoza-Gómez, F., J.I. Arredondo-Jiménez, A. Maldonado-Rodríguez, C. Pérez-Rentería, O.A. Newton-Sánchez, E. Chávez-Flores & E. Gómez-Ibarra. 2013. Distribución geográfica de mosquitos adultos (Diptera: Culicidae) en áreas selváticas de Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 685-689.

Faeth, S.H., C. Bang, S. Saari. 2011. Urban biodiversity: Patterns and mechanisms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223 (1): 69-81

Fernández-Salas, I., D.R. Roberts, M.H. Rodriguez, M.C. Rodriguez & C.F. Marina-Fernandez. 1993. Host selection patterns of *Anopheles pseudopunctipennis* under insecticide spraying situations in southern Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association* 9(4): 375–384.

Franklin, D.C. & P.I. Whelan. 2009. Tropical mosquito assemblages demonstrate, 'textbook' annual cycles. *Plos One* 4(12): 1-5

Forattini, O.P., I. Kakitani, E. Massad & D. Marucci. 1993. Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 4 - Survey of resting adults and

synanthropic behaviour in south-eastern, Brazil. *Revista de Saude Publica* 27 (6): 398-411

Gaffigan, T., R. Wilkerson, J. Pecor, J. Stoffer & T. Anderson. 2015. Systematic catalog of Culicidae. The Walter Reed Biosystematic Unit. <http://www.mosquitocatalog.org/>; última consulta: Agosto, 2016

Galindo, P., F.S. Blanton & E.L. Peyton. 1954. A revision of *Uranotaenia* of Panamá with Notes on Other American Species of the Genus (Diptera, Culicidae). *Annals of the Entomological Society of America* 47(1): 107-177.

Goddard, L.B., A.E. Roth, W.K. Reisen, & T.W. Scott, T.W. (2002) Vector Competence of California Mosquitoes for West Nile virus. *Emerging Infectious Diseases*, 8(12): 1385–1391.

Golnar, A.J., M.J. Turell, A.D. LaBeaud, R.C. Kading & G.L. Hamer. 2014. Predicting the mosquito species and vertebrate species involved in the theoretical transmission of Rift Valley fever virus in the United States. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8(9): 1–11.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.

Heft, D.E. & W.E. Walton. 2008. Effects of the El Niño - Southern Oscillation (ENSO) cycle on mosquito populations in southern California. *Journal of Vector Ecology*, 33(1): 17–29.

Hoffmann, A. 1996. *Animales desconocidos: Relatos acarológicos*. México: Fondo de Cultura Económica.

Howard, L.O., H.G. Dyar & F. Knab. 1915. The mosquitoes of North and Central America and the West Indies. Carnegie Institute Washington, Washington.

Howard, L.O., H.G. Dyar, & E. Knab. 1917. The mosquitoes of North and Central America and the West Indies. Carnegie Institute of Washington 159: 541.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 1987. Síntesis geográfica, nomenclatura y anexo cartográfico del Estado de Puebla. Puebla: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Principales resultados por localidad (ITER).

Jentes, E.S., G. Pomeroy, M.D. Gershman, D.R. Hill, J. Lemarchand, R.F. Lewis, J.E. Staples, O. Tomori, A. Wilder-Smith, T.P. Monath. 2011. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: Consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. The Lancet Infectious Diseases 11(8): 622–632.

Jones, J.W., M.J. Turell, M.R. Sardelis, D.M. Watts, R.E. Coleman, R. Fernández, F. Carbajal, J.E. Pecor, C. Calampa & T.A. Klein. 2004. Seasonal Distribution, Biology, and Human Attraction Patterns of Culicine Mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a Forest near Puerto Almendras, Iquitos, Perú. Journal of Medical Entomology 41(3): 349-360.

Lardeux, F.P. Loayza, B. Bouchité, & T. Chavez. 2007. Host choice and human blood index of *Anopheles pseudopunctipennis* in a village of the Andean valleys of Bolivia. Malaria Journal 6: 1-14

Loaiza, J.R., E. Bermingham, M.E. Scott, J.R. Rovira, & J.E. Conn. 2008. Species composition and distribution of adult Anopheles (Diptera: Culicidae) in Panama. *Journal of Medical Entomology* 45(5): 841–851.

Lozano-Fuentes, S., M.H.Hayden, C. Welsh-Rodríguez, C. Ochoa-Martinez, B. Tapia-Santos, K.C. Kobylinski, C.K. Uejio, E. Zielinski-Gutiérrez, L.D. Monache, A.J. Monaghan, D.F. Steinhoff, L. Eisen. 2012. The dengue virus mosquito vector *Aedes aegypti* at high elevation in México. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 87(5): 902–909.

Lozano-Fuentes, S., M.H.Hayden, C. Welsh-Rodríguez, C. Ochoa-Martinez, B. Tapia-Santos, K.C. Kobylinski, C.K. Uejio, E. Zielinski-Gutiérrez, L.D. Monache, A.J. Monaghan, D.F. Steinhoff, L. Eisen. 2014. Intra-Annual changes in abundance of *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Ochlerotatus) epactius* (Diptera: Culicidae) in high-elevation communities in México. *Journal of Medical Entomology* 51(4), 742–751.

Mackay, A.J., W.L. Kramer, J.K. Meece, R.T. Brumfield & L.D. Foil. 2010. Host feeding patterns of *Culex* mosquitoes (Diptera: Culicidae) in East Baton Rouge Parish, Louisiana. *Journal of Medical Entomology* 47(2): 238-248.

Marín, R., M.C. Marquetti, Y. Álvarez, J.M. Gutiérrez & R. González. 2009. Especies de mosquitos (Diptera: Culicidae) y sus sitios de cría en la Región Huetar Atlántica, Costa Rica. *Revista Biomédica* 20(1): 15-23

Marquardt, W.C. 2005. *Biology of Disease Vectors*, 2nd ed. Elsevier Academic Press, Oxford, UK.

Medeiros-Sousa, A.R., W. Ceretti-Júnior, G.C. de Carvalho, M.S. Nardi, A.B. Araujo, D.P. Vendrami & M.T. Marrelli. 2015. Diversity and abundance of

mosquitoes (Diptera: Culicidae) in an urban park: Larval habitats and temporal variation. *Acta Tropica* 150: 200–209.

Mehlhorn, H. 2012. *Arthropods as Vectors of Emerging Diseases*. Springer Science & Business Media, Germany.

Mejia-Bravo, G., J.L. Zumaquero-Rios. 2010. Diversidad de mosquitos (Diptera Culicidae) en panteones de Tehuacán y Ajalpan. *Entomología Mexicana*. 12(2): 913-918.

Misof, B., S. Liu, K. Meusemann, R.S. Peters, A. Donath, C. Mayer, P.B. Frandsen, J. Ware, T. Flouri, R.G. Beutel, O. Niehuis, M. Petersen, F. Izquierdo-Carrasco, T. Wappler, J. Rust, A.J. Aberer, U. Aspöck, D. Bartel, A. Blanke, S. Berger, A. Böhm, T.R. Buckley, B. Calcott, J. Chen, F. Friedrich, M. Fukui, M. Fujita, C. Greve, P. Grobe, S. Gu, Y. Huang, L.S. Jermiin, A.Y. Kawahara, L. Krogmann, M. Kubiak, R. Lanfear, H. Letsch, Y. Li, Z. Li, J. Li, H. Lu, R. Machida, Y. Mashimo, P. Kapli, D.D. McKenna, G. Meng, Y. Nakagaki, J.L. Navarrete-Heredia, M. Ott, Y. Ou, G. Pass, L. Podsiadlowski, H. Poh, B.M. von Reumont, K. Schütte, K. Sekiya, S. Shimizu, A. Slipinski, A. Stamatakis, W. Song, X. Su, N.U. Szucsich, M. Tan, X. Tan, M. Tang, J. Tang, G. Timelthaler, S. Tomizuka, M. Trautwein, X. Tong, T. Uchifune, M.G. Walz, B.M. Wiegmann, J. Wilbrandt, B. Wipfler, T.K.F. Wong, Q. Wu, G. Wu, Y. Xie, S. Yang, Q. Yang, D.K. Yeates, K. Yoshizawa, Q. Zhang, R. Zhang, W. Zhang, Y. Zhang, J. Zhao, C. Zhou, L. Zhou, T. Ziesmann, S. Zou, Y. Li, X. Xu, Y. Zhang, H. Yang, J. Wang, J. Wang, K.M. Kjer & X. Zhou.. 2014. Phylogenomics resolves the timing and pattern of insect evolution. *Science* 346(6210) 763–767.

Molaei, G., T.G. Andreadis, P.M. Armstrong & M. Diuk-Wasser. 2008. Host-feeding patterns of potential mosquito vectors in Connecticut, USA: molecular analysis of bloodmeals from 23 species of *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Coquillettidia*, *Psorophora*, and *Uranotaenia*. *Journal of Medical Entomology* 45(6): 1143–1151.

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T - Manuales y Tesis SEA 1: 84.

Muñoz-Cabrera, L.O., S. Ibáñez-Bernal, & C.M. Corona-Vargas. 2006. Los Mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. Folia Entomológica Mexicana 45 (3): 223-271.

Nájera-Vázquez, R., F. Dzul, M. Sabido, E. Tun-Ku, & P. Manrique-Saide. 2004. New Distribution Records of Mosquitoes (Diptera: Culicidae) for Yucatán, México. Entomological News 115 (4): 181-190.

Ortega-Morales, A.I. 2010. Los mosquitos del Noreste de México (Diptera: Culicidae). Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Ortega-Morales, A.I., H. Huerta, D. Strickman, F.J. Sánchez-Ramos, J. Landeros-Flores, & E. Cerna-Chávez. 2011. Registros de Mosquitos en México: *Culex stigmatosoma* Dyar y *Cx. thriambus* Dyar (Diptera: Culicidae) con notas taxonómicas para ambas especies. Southwestern Entomologist, 36(2): 177–196.

Ortega-Morales, A.I.; T.J. Zavortink, H. Huerta-Jiménez, F.J. Sánchez-Ramos, M.T. Valdés-Perezgasca, F. Reyes-Villanueva, Q.K. Siller-Rodríguez, & I. Fernández-Salas. 2015. Mosquito Records from Mexico: The Mosquitoes (Diptera: Culicidae) of Tamaulipas State. Journal of Medical Entomology 52 (2): 171-184.

Pecoraro, H.L., H.L. Day, R. Reineke, N. Stevens, J.C. Withey, J.M. Marzluff & J.S. Meschke. 2007. Climatic and landscape correlates for potential West Nile virus mosquito vectors in the Seattle region. Journal of Vector Ecology 32(1): 22–28.

R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

Rodríguez-Domínguez, J. 2002. Enfermedades transmitidas por vector en México. Revista de la facultad de medicina 45(3): 125-141

Rueda, L.M. 2008. Global diversity of mosquitoes (Insecta: Diptera: Culicidae) in freshwater. Hydrobiologia 595: 477-487.

Rueda, L.M, K.J. Patel, R.C. Axtell & R.E. Stinner. 1990. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Journal of Medical Entomology 27: 892–898.

Secretaria de Salud. Programa de acción: enfermedades transmitidas por vector. 2014. México: Subsecretaria de prevención y protección de la salud.

Service, M. 2008. Medical Entomology for Students. Cambridge University Press. UK.

Takken, W. & N.O. Verhulst. 2013. Host preferences of blood-feeding mosquitoes. Annual Review of Entomology. 58(1): 433-453

Thompson, C., J. Harper, & M. Begon. 2000. Essentials of Ecology. Blackwell Science, Oxford, UK.

Townson H, M.B. Nathan, M. Zaim, P. Guillet, L. Manga, R. Bos & M. Kindhauser. 2005. Exploiting the potential of vector control for disease prevention. Bulletin WHO 83: 942–947.

Turell, M.J. 1989. Effects of environmental temperature on the vector competence of *Aedes fowleri* for Rift Valley fever virus. Research in Virology 140: 147–154.

Turell, M.J., M.R. Sardelis, J.W. Jones, D.M. Watts, R. Fernández, F. Carbajal F.J.E. Pecor & T. A. Klein. 2008. Seasonal distribution, biology, and human

attraction patterns of mosquitoes (Diptera: Culicidae) in a rural village and adjacent forested site near Iquitos, Peru. *Journal of Medical Entomology* 45(6): 1165:1172.

Turrini, T. & E. Knop. 2015. A landscape ecology approach identifies important drivers of urban biodiversity. *Global Change Biology*. 21: 1652-1667.

Vargas, L. 1956. Especies y distribución de mosquitos mexicanos no Anofelinos (Insecta, Diptera). *Revista del Instituto de Salubridad y Enfermedades Tropicales* 16: 19–36.

Vázquez, L., H. Moya & M. Coro-Arizmendi. 2009. Avifauna de la selva baja caducifolia en la cañada del río Sabino, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 535- 549.

Villareal, H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, F. Gast, & A.M. Umaña. 2004. *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Panamericana Formas e Impresos S.A. Bogotá, Colombia.

Viveros-Santos, V. 2015. Diversidad de mosquitos (Díptera: Culicidae) asociados a ambientes antropizados en la ciudad de Puebla. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Wilkerson R., Strickman D. & Fernández-Salas I. (1993). *Clave Ilustrada para la identificación de hembras de mosquitos anofelinos de México y Centro América*. Centro de Investigación de Paludismo. Secretaria de Salud. Chiapas, México.

Wilkerson, R.C., Y.M. Linton, D.M. Fonseca, T.R. Schultz, D.C. Price & D.A. Strickman. 2015. Making mosquito taxonomy useful: A stable classification of tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships. *PLoS ONE* 10(7): 1-26.

Wilkerson, R.C., Y.M. Linton, D.M. Fonseca, T.R. Schultz, D.C. Price & D.A. Strickman. 2015. <http://www.mosquitocatalog.org>; última consulta: Abril 2016