



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
PUEBLA

ESCUELA DE BIOLOGÍA

Diversidad de mosquitos (Díptera: Culicidae) asociados a
ambientes antropizados en la ciudad de Puebla.

Tesis que para obtener el título de

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

VICENTE VIVEROS SANTOS

DIRECTOR DE TESIS:

DR. CÉSAR ANTONIO SANDOVAL RUIZ

Octubre 2015



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

“SOY UNA MEZCLA DE AVENTURERO Y BURGUÉS, CON UNA
APETENCIA DE HOGAR TERRIBLE, PERO CON ANSIA DE REALIZAR
LO SOÑADO” –Ernesto “Che” Guevara

“AQUÍ NO HAY MÁS CÓMPLICES QUE TU Y YO, TU POR OPRESOR Y
YO POR LIBERTADOR, MERECEMOS LA MUERTE” – Túpac Amaru “Las
venas abiertas de América latina”.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres Vicente Viveros Salamanca y Araceli Santos Nicacio, porque su apoyo y amor es incondicional, a donde quiera que la vida me ha llevado. A ellos todos mis éxitos y todo lo que soy. Por siempre brindar las mejores enseñanzas a su familia.
- A Daniel y Ana mis hermanos, a quienes deseo lo mejor de la vida, pues serán de esos amigos que nunca se irán.
- A mi compañera y mejor amiga, quien ha compartido conmigo la mayor parte de este camino, que ha conocido todo de mí y que soporta lo complicado que soy, por tu amor y cariño inigualable, por estar siempre, gracias Ashley De Jesús, te amo.
- Dr. Cesar Antonio Sandoval Ruíz, gracias por todo el conocimiento compartido, por todo el apoyo que me hicieron crecer como estudiante y que son las primeras bases de mi vida profesional, por la paciencia, su gran profesionalismo para trabajar, el tiempo y los consejos.
- Al laboratorio ambulante, a quienes en algún momento me ayudaron en la elaboración de este trabajo o simplemente por su amistad, a quien deseo el mejor de los éxitos pues seguro estoy que algún día seremos mágicos, como lo diría el Sensei (Motita, Elsa, Juanita, Maggi, Nava, Juan, Karina, Alejandro, Aramis y Hanna). A Sandra José Ramírez, mi mejor amiga de la universidad, por todos sus consejos, apoyo y amistad (hasta la victoria siempre).

PARA TODOS PURA BUENA VIBRA, Y QUE LA INMORTALIDAD LOS
SIGA ACOMPAÑANDO.

“HAY QUE ENDURECERSE SIN PERDER LA TERNURA JAMAS”–
Ernesto “Che” Guevara.

CONTENIDO

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS.....	vi
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN.	1
• Artrópodos y su importancia médica.....	1
• Características de la familia Culicidae.....	1
• Importancia sanitaria.....	5
• Importancia de variables climáticas.....	7
• Riqueza de especies.....	8
Antecedentes.....	9
• Riqueza de especies en México y Puebla.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	11
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVOS.....	14
• General:	14
• Particulares:	14
MÉTODOS.....	15
• Zonas de estudio.....	15
• Diseño de muestreo.....	16
• Análisis de datos.....	18
Análisis de diversidad.....	18
Eficiencia de muestreo.....	19
Rango – abundancia.....	19
Temperatura y Humedad relativa.....	19
RESULTADOS.....	20
Diversidad alfa.....	20
Diversidad Beta.....	24

Curvas de acumulación de especies.	28
Rango – abundancia.....	30
Nuevos registros para el estado de Puebla.	31
Temperatura	33
Humedad relativa.....	34
DISCUSIÓN.....	34
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.	46

ÍNDICE DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURA

1. Ciclo de vida de la familia Culicidae.....	2
2. Divisiones del cuerpo de un mosquito adulto.....	5
3. Localidades de estudio.....	16
4. Trampas CDC en ambas zonas de estudio.....	17
5. Abundancia de especie por cada temporada de muestreo.....	22
6. Valores del índice de Jaccard.....	25
7. Dendrograma de similitud para los valores de Jaccard.....	26
8. Curva de acumulación de especies para la zona conservada.....	29
9. Curva de acumulación de especies para la zona urbana.....	30
10. Rango – abundancia, de cada zona y temporada de muestro.....	32
11. Rangos de temperaturas registradas para cada especie.....	33
12. Rangos de humedad relativa registradas para cada especie.....	34

CUADRO

1. Especies reportadas para el estado de Puebla.....	11
2. Porcentaje de colecta de cada temporada de muestreo.....	21
3. Abundancia relativa para cada especie en las diferentes temporadas.....	21
4. Valores de diversidad alfa.....	23
5. Resultados de la prueba de t-student para los valores de Simpson y Shannon.....	24
6. Comparaciones entre temporadas y zonas con sus respectivos valores de diversidad beta.....	28

RESUMEN

Se realizó un estudio para registrar la diversidad de mosquitos (Diptera: Culicidae) que existe en la región central estado de Puebla, así como conocer la dinámica que el grupo presenta a lo largo de tres temporadas climáticas del año (lluvias, fríos y secas) dentro de dos sitios ecológicamente contrastantes. El primero un bosque de encino conservado dentro del parque estatal “Flor del bosque” y el segundo la colonia “San Juan Flor del Bosque”, la cual es una zona altamente urbanizada, ambas colindan con la ciudad de Puebla capital del Estado. Los muestreos se llevaron a cabo de agosto 2014 a mayo 2015, usando trampas CDC para la colecta de mosquitos adultos.

Un total de 2,042 mosquitos adultos fueron colectados, de los cuales se identificaron nueve especies, y dos morfo especies que se lograron identificar hasta el nivel de género. El género *Culex* presenta cinco especies para la región, *Howardina* dos, por último *Culiseta*, *Ochlerotatus*, *Georgecraigius* y *Aedes* solo presentan una especie. Se encontró que la estacionalidad influye sobre la abundancia del grupo pues la temporada de lluvias representa el 80.02%, fríos el 18.66% y secas el 1.32% de la colecta total, esto se debió a que durante las lluvias la cantidad de criaderos aumenta en los diferentes ecotopos los cuales pueden ser aprovechados por los organismos. El índice de diversidad alfa presenta el valor más alto para la zona conservada durante la temporada de lluvia ($D=0.569$, $H'=1.024$), lo cual se relacionó con valores bajos de dominancia y altos de equitatividad. Las curvas de acumulación de especies generadas para cada muestreo, predicen una eficiencia de muestreo mayor al 85% en ambas zonas y todas las temporadas. Debido a la importancia que el grupo presenta, de las especies identificadas se reconocen a *Culex coronator*, *Culex salinarius*, *Culex stigmatosoma*, *Culex tarsalis*, *Georgecraigius atropalpus* y *Ochlerotatus trivittatus*, como vectores de diferentes arbovirus que provocan enfermedades zoonóticas. Además de que se reconocieron cuatro especies como nuevos registros taxonómicos para el estado de Puebla, por lo que el presente trabajo aporta un 13.33% a la riqueza del grupo.

INTRODUCCIÓN

Marco teórico

- **Artrópodos y su importancia médica**

El estudio de los artrópodos en los últimos tiempos se ha intensificado principalmente en aquellos que juegan roles importantes como transmisores de patógenos tanto en su estado silvestre como aquellos adaptados a ambientes antropizados. El ser humano ha sabido aprovechar a los artrópodos que le producen beneficios, pero a lo largo de la historia organismos como los mosquitos, piojos, pulgas, chinches, y otros, han sido de interés por su relevancia desde el punto de vista médico-veterinario (Hoffman, 1988).

Desde este punto de vista, hace 120 años que los artrópodos fueron descubiertos por transmitir enfermedades a los humanos (Gubler, 1998). Las cuales son causadas por cientos de virus, bacterias, protozoarios y helmintos entre otros. Así, la malaria, la fiebre amarilla, el dengue, el mal de Chagas y la peste son solo algunas enfermedades conocidas donde el patógeno requiere de un vector artrópodo que se alimente de sangre para ser transmitido de un hospedero a otro con el fin de cumplir con su ciclo biológico (Durdin & Mullen, 2002).

El riesgo de contraer alguna de estas enfermedades aumenta debido a que en las recientes décadas ciertos segmentos de población viven en condiciones socioeconómicas y ambientales que favorecen las condiciones ideales para la transmisión de patógenos al hombre por transmisores como las chinches, mosquitos, garrapatas, pulgas, etc. (Brouqui, 2011).

- **Características de la familia Culicidae**

Los mosquitos o zancudos como son conocidos comúnmente, son dípteros pertenecientes a la familia Culicidae. Son de los artrópodos más estudiados, pues el grupo posee numerosas especies de importancia sanitaria conocidas por su potencial transmisor de un gran número de patógenos que afectan globalmente tanto a la salud humana como a la de animales silvestres y domésticos (Lounibos, 2002).

Los mosquitos son organismos holometábolos con cuatro estados de vida: huevo, larva, pupa y adulto, poseen una fase acuática y una terrestre durante su ciclo de vida (Rozendaal, 1998). Es conocido que factores ambientales como la temperatura, la precipitación como otras condiciones del medio determinan el tiempo de duración que cada estado puede tener, el cual puede ser variable (Maharaj, 2003, Rueda *et al.*, 1990).

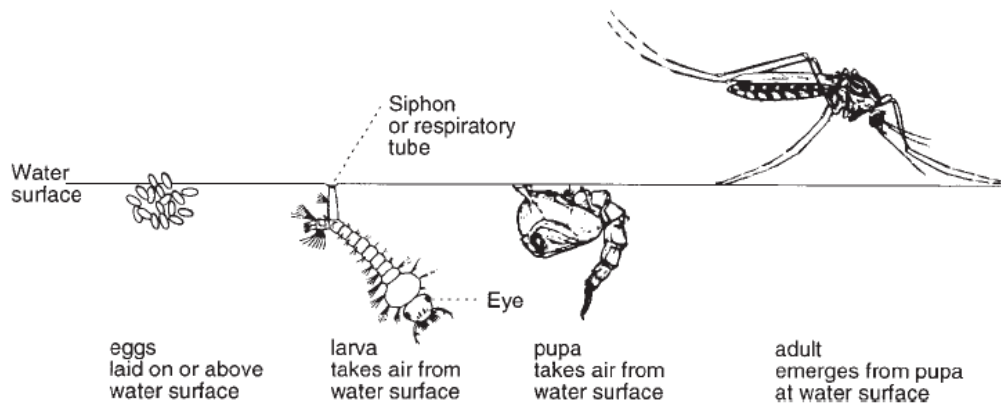


Figura 1. Ciclo de vida de la familia Culicidae. (Rozendaal, 1998)

Huevo

Es el primer estado de vida, los cuales usualmente miden un milímetro o menos de largo, tienen forma fusiforme (ovalada y alargada), otros son esféricos o romboides, su capa más externa se llama corion, algunas estructuras en la superficie del corion o la disposición de esta capa permite identificar los géneros del grupo (Foster & Walker, 2002).

Su adaptación tanto a condiciones favorables como desfavorables se ve reflejado en aquellos huevos que son capaces de esperar las condiciones adecuadas del medio para poder eclosionar y que de estos emerja la larva, sin embargo esto puede durar meses e incluso años, a esta capacidad se le conoce como diapausa (Clements, 1992).

La hembra de es capaz de poner de 50 a 500 huevos en cada puesta, depositándolos en cuerpos de agua o en sitios que posteriormente a la puesta

serán inundados, la forma en que son colocados los huevos en el lugar de anidamiento ayuda a identificar géneros, por ejemplo: *Anopheles*, *Aedes*, *Psorophora* colocan los huevos uno a uno, mientras que *Culex*, *Culiseta* y *Mansonia* depositan los huevos en formas de balsas que permiten fácilmente la flotación (Foster & Walker, 2002).

Larva

El siguiente estado es el de larva o comúnmente conocidas como agujitas de agua, las cuales requieren de cuatro a diez días para transformarse en pupa (Mendoza-Palmero, 2007). Son encontradas generalmente en cuerpos de agua lenticos, estas requieren ventilarse del aire atmosférico y permanecen cerca de la superficie del agua por lo que son visibles a simple vista. Existe una gran variedad de cuerpos de agua que los mosquitos pueden aprovechar como sitios de crianza, que van desde extensos cuerpos de agua como pantanos, arrozales, hasta pequeños contenedores como son las llantas, utensilios domésticos, huecos de árboles, axilas de plantas e incluso hojas caídas (Silver, 2008).

El cuerpo de los organismos durante este estado se divide en tres partes: cabeza, tórax y abdomen. La primera en forma de capsula totalmente esclerotizada, mientras que el tórax y el abdomen son alargados y membranosos. Alrededor del cuerpo de estos organismos se encuentran dispuestas cerca de 290 sedas y el estudio del arreglo que estas tienen se denomina quetotaxia (Darsie & Ward, 2005).

Durante este estado es posible identificar al grupo hasta el nivel de especie debido a su morfología y a la disposición de las sedas que los organismos de cada especie presentan. El cuidado y el correcto manejo que se debe tener al trabajar con estos organismos son de suma importancia para realizar identificaciones correctas o colecciones de buena calidad (Ibáñez-Bernal & Martínez-Campos, 1994).

Pupa

El estado de pupa de los mosquitos, tiene la capacidad de moverse, característica que pocos grupos de insectos holometábolos poseen durante este estado. Las pupas están en constante contacto con la superficie del agua, debido a su morfología en forma de coma, esto permite dejar expuestos al exterior del agua los órganos ventiladores o conocidas como trompetas de aire torácicas (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1995). Esta etapa requiere de dos a tres días para completar su metamorfosis para emerger como adulto (Clements, 1992).

Todos los estados ya mencionados forman parte de la vida acuática que los mosquitos presentan. Debido a la amplia distribución que posee el grupo relacionado a la invasión que el humano ha generado en ambientes naturales estos organismos han sido capaces de colonizar una gran variedad de cuerpos de agua tanto en áreas naturales como en áreas antropizadas (cuerpos acuáticos artificiales) (Pires & Gleiser, 2010).

Adulto

El cuerpo se encuentra separado en tres regiones distintivas; cabeza, tórax y abdomen. Dentro de las cuales existen caracteres distintivos de cada especie, pues cerdas y escamas recubren el cuerpo de los mosquitos adultos, que proveen de características específicas a los organismos.

Durante el estado de imago los mosquitos presentan dimorfismo sexual debido a que las hembras en este grupo son de tallas más grandes que los machos, las antenas multiarticuladas es un carácter distintivo entre sexos ya que los machos presentan antenas plumosas y la poca presencia de sedas en las hembras es notable. En cuanto a la alimentación del grupo tanto machos como hembras presentan hábitos melífagos sin embargo las hembras a su vez son hematófagas, ambos poseen un aparato bucal haustelado, el cual se encuentra armado con estiletes en el caso de las hembras que va permitir perforar la piel del huésped del cual se alimentara (Foster & Walker 2002).

Diferentes hábitos presentan las especies de la familia Culicidae, puesto que no solo humanos son presas de estos insectos, algunos restringen su alimentación a otros grupos de vertebrados como lo son las aves, anfibios, reptiles y otros. A su vez poseen dentro del grupo diferentes periodos de actividad durante el cual las hembras acostumbran alimentarse, especies del genero *Anopheles* y algunas especies de la subfamilia Culicinae restringen su alimentación a periodos nocturnos y crepusculares, mientras que es común encontrarse con especies del genero *Culex* a lo largo del día y en los puntos más altos de temperatura (Carpenter & LaCasse, 1955).

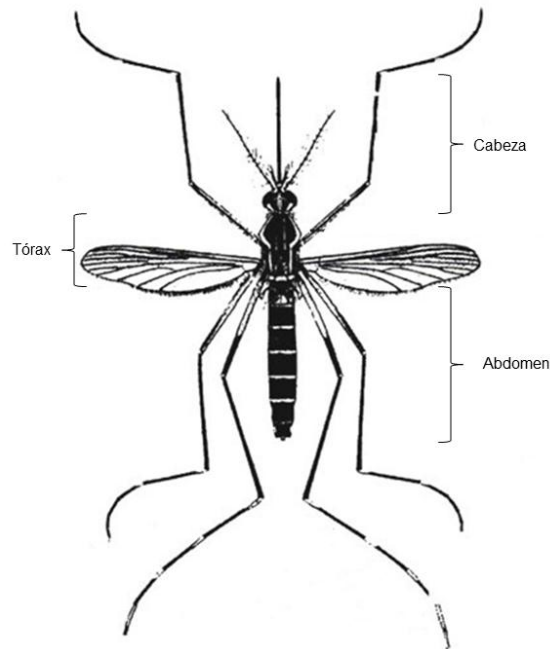


Figura 2. Tagmata del cuerpo de un mosquito adulto (Carpenter & LaCasse, 1955).

- **Importancia sanitaria**

Las hembras son consumidoras de la sangre de los vertebrados (hematofagia) hábito que determina su importancia sanitaria (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1995). Al realizarlo, las hembras cumplen con los ciclos gonadotróficos ya que dependen de

la sangre para completar esta etapa y generar nueva descendencia produciendo huevos viables (Foster & Walker, 2002).

Debido a los hábitos que estos organismos tienen, las hembras al picar a sus hospederos pueden provocar diferentes tipos de daño estos pueden ser de tipo directo e indirecto, los primeros son causados por picadura lo cual generalmente provoca reacciones alérgicas, dichas reacciones se deben a que la saliva de los mosquitos presenta diversas proteínas que incluyen factores anticoagulantes, antiplaquetarios, vasodilatadores, antiinflamatorios e inmunosupresores compuestos por moléculas bioactivas las cuales son inoculadas durante la picadura, ante esto el hospedero ha desarrollado mecanismos inflamatorios y de hemostasis (respuesta a daños tisulares, que involucra la agregación plaquetaria la coagulación sanguínea y la vasoconstricción), provocando inflamación, enrojecimiento y aumento de la temperatura en la zona afectada (James & Rossignol, 1991). Esto se manifiesta poco después de que el mosquito hembra ha completado su alimentación y la duración de estas reacciones depende de la susceptibilidad de cada individuo (Moncada-Álvarez *et al.*, 2011).

El acoso de estos organismos hacia sus huéspedes puede ser tan alto que también genera daños por el número de picaduras que pueden recibir. Incluso existen regiones templadas, dentro del círculo polar ártico, donde el número de picaduras puede ser tan alto que hace casi imposible cualquier actividad al aire libre (Service, 2004).

Por otra parte, los daños indirectos, se dan cuando el mosquito actúa como vector de organismos patógenos causantes de enfermedades, la transmisión de estos se ve favorecida por los procesos anteriormente descritos de la interacción vector-hospedero, esto sucede cuando al insertar el aparato bucal dentro del huésped existen las interacciones entre los componentes salivales del mosquito y el sistema inmune del hospedero y permite la entrada de patógenos al sistema circulatorio, que dependiendo de su ciclo de vida se alojara en el hospedero para causar los daños característicos de cada enfermedad, esto ha determinado que el taxón sea estudiado ampliamente (Clements, 1992).

Los patógenos transmitidos por los mosquitos son causantes de enfermedades, las cuales son responsables de aproximadamente 1.4 millones de muertes por año y representan el 17% del total de enfermedades infecciosas alrededor del mundo (Bond *et al.*, 2014).

- **Importancia de variables climáticas**

En general, los artrópodos han sido capaces de adaptarse a los diferentes ambientes puesto que pueden regular su temperatura interna modificando su comportamiento, sin embargo no pueden hacerlo fisiológicamente, por lo tanto dependen del clima para lograr su supervivencia y desarrollo (Lindsay & Birley, 1996).

Se debe considerar también, que las poblaciones de insectos no son estables en su distribución y abundancia, a lo largo del tiempo, aunado a cambios en el paisaje (Beltrán-Aguilar *et al.*, 2011). En el caso de aquellos que juegan papel de vectores de patógenos el riesgo aumenta puesto que factores como la temperatura, las precipitaciones, la estacionalidad y la humedad afectan su biología y ecología (Githeko *et al.*, 2001). Se estima que para el 2100 la temperatura mundial habrá aumentado en promedio 3.5°C. Con lo que aumentara también el riesgo de sufrir numerosas enfermedades transmitidas por insectos.

El ritmo circadiano de las poblaciones de mosquitos, así como otras características ecológicas y de comportamiento, están fuertemente influenciadas por factores climáticos como la temperatura, las precipitaciones, la humedad, el viento, y la duración de la luz del día (Reiter, 2001).

La combinación de estos factores es de suma importancia debido a que modifican el comportamiento de los culícidos. Es conocido que las hembras de este grupo son capaces de elegir el cuerpo de agua para llevar a cabo la oviposición, ya que puede reconocer y evaluar las condiciones óptimas para el desarrollo de su prole (Mendoza-Palmero, 2007), así que cuando la temperatura de los criaderos aumenta los estados juveniles tardan menos tiempo en madurar, por lo cual se puede producir un mayor número de crías (Rueda *et al.*, 1990). A su vez la estacionalidad a lo largo del año es un factor importante debido a que el aumento

de las precipitaciones puede incrementar el número de criaderos y la calidad de estos (Githeko *et al.*, 2001).

Pero no solo los cambios se dan a nivel conductual cuando existen modificaciones en el ambiente, puesto que también es conocido que cuando la temperatura aumenta, las hembras adultas digieren la sangre más rápido, por consecuencia se alimentan con mayor frecuencia (Maharaj, 2003). Lo cual es de relevante importancia pues aumenta el riesgo de propagación de enfermedades si el organismo se encuentra infectado por algún patógeno.

Algunos ejemplos son: *Anopheles gambiae* (Giles, 1902), *Anopheles funestus* (Giles, 1900), *Anopheles darlingi* (Root, 1926), *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) y *Aedes aegypti* (Lineo, 1762) quienes son responsables de la mayoría de enfermedades transmitidas por mosquitos y son sensibles a los cambios de temperatura en su estado adulto e inmaduro (Githeko *et al.*, 2001).

Los impactos del ambiente, son complejos y multifacéticos e incluyen la posibilidad de cambiar el clima, lo cual puede alterar en tiempo y espacio la carga de enfermedades transmitidas por vectores, (Caminade *et al.*, 2014). De ahí el seguimiento a la dinámica en la distribución y abundancia de las especies de mosquito, además de la riqueza en diferentes áreas a lo largo de diferentes temporadas es importante para conocer cuáles son aquellas a las que se deben considerar o se debe tener una vigilancia adecuada, para prevenir la expansión de enfermedades o la aparición de estas.

- **Riqueza de especies**

Los mosquitos son encontrados en casi todos los ecosistemas gracias a la amplia distribución que poseen y a la facilidad que tienen para colonizar ambientes, aunque la mayoría de la riqueza de especies es encontrada en áreas de bosques tropicales (Clements, 1992).

Actualmente, se conocen 3,522 especies de mosquitos a nivel mundial las cuales se ubican en 111 géneros (Harbach, 2013). Dentro de los cuales resaltan los géneros: *Aedes*, *Anopheles*, *Culex*, *Haemagogus*, *Mansonia*, *Sabethes*, *Psorophora* y *Coquillettidia* (Bond *et al.*, 2014, Service, 2004), porque dentro se encuentran las principales especies vectores.

En nuestro país el número de especies reportadas hasta el momento 228 especies ubicadas en 21 géneros (Gaffigan *et al.*, 2011), esto representa el 6.47% de la riqueza de mosquitos a nivel mundial.

La localización geográfica en la que se encuentra el país y la fisiografía de México determina que en el territorio exista una gran riqueza faunística, en particular la familia Culicidae presenta alta riqueza probablemente gracias a la capacidad del grupo para adaptarse a ambientes silvestres y antropizadas, ya que la invasión del humano a nuevos ambientes propicia la interacción con estos organismos.

A pesar de los pocos trabajos realizados en el estado de Puebla y después de realizar una revisión bibliográfica para el estado existen reportadas 26 especies (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1995) (Cuadro 1). Sin embargo en el estado, no existen trabajos sobre la diversidad, ni la dinámica que el grupo presenta en diferentes ambientes y a través de diferentes temporadas a lo largo del año.

Antecedentes

- **Riqueza de especies en México y Puebla**

En cuanto a la riqueza del grupo, en un estudio de Vargas (1956) se reportaron 156 especies de mosquitos ordenados en 15 géneros y 25 subgéneros en México todos pertenecientes a la subfamilia Culicinae, exceptuando a la subfamilia Anophelinae. Para el estado de Puebla el autor reporta 9 especies (Cuadro 1). Sin embargo, la publicación no especifica localidades de colecta.

En 1994, Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos, crearon una clave ilustrada para las larvas de mosquito comunes en las áreas urbanas y suburbanas de México, donde menciona que existen 247 especies de mosquito en el país (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1995) y que existen alrededor de 75 especies que se encontraban con regularidad en diversos cuerpos de agua, en las zonas marginales o dentro de los poblados de México, aunque algunas son esporádicas (dependiendo de la temporada o en ciertos microambientes). En la clave se presentan las 55 especies con mayor distribución en México, 12 de estas se encuentran en el estado de Puebla (Cuadro 1), al igual, el trabajo no muestra los puntos de colecta, solo menciona su presencia dentro del estado.

Posteriormente, Darsie (1996), hizo una revisión de todos los trabajos realizados por otros autores hasta esa fecha, identificado aquellas que solo habían sido reportadas para el país, y agregando las nomenclaturas recientes para los taxones hasta ese momento, actualizando así las especies de mosquitos reportados para México sumando un total de 225 especies.

En México, pocos son los estados que cuentan con un listado reciente de especies de mosquito, tomando en cuenta la estacionalidad que se presenta en el país.

En un estudio realizado en el estado de Tlaxcala, se colectaron exclusivamente larvas de la familia Culicidae en seis localidades caracterizadas por su altitud, el tipo de vegetación y el clima que cada uno posee. Su muestro se realizó en tres meses distintos. En total obtuvieron un total de 10,853 organismos de los cuales se identificaron 26 especies. Anterior a este trabajo solo 2 de las 26 habían sido reportadas para ese estado, el resto se presentaban como nuevos registros debido a la falta de estudios (Muñoz-Cabrera *et al.*, 2006).

En el estado de Quintana Roo, se realizó un estudio para conocer la riqueza de la familia Culicidae, los muestreos se realizaron en diferentes ambientes, el estudio sirvió para actualizar la lista de especies presentes, por lo cual se hizo una revisión de las especies reportadas antes del estudio y se compararon y agregaron las cuales se presentaban como nuevos reportes para el estado. De esta forma, el estado de Quintana Roo contaba con un registro de 64 especies y en el estudio se encontró un total de 41, de las cuales 12 son registros nuevos para aumentar a 76 las especies de mosquitos encontradas en el ya mencionado estado. (Ortega-Morales *et al.*, 2010).

En Puebla no existe un listado actualizado con colectas referenciadas, de especies de mosquito, en diferentes ambientes ni diferentes temporadas. Las pocas especies conocidas son registros antiguos, listados de un determinado ambiente o forman parte de listado de otros estados de la república que por características semejantes con Puebla predicen la presencia de ciertas especies.

Cuadro 1. Especies reportadas para el estado de Puebla, Vargas (1956), Ibáñez-Bernal (1994 y 1995).

Especie	Vargas (1956)	Ibáñez-Bernal (1994 y 1995)
<i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i> Linnaeus, 1762		x
<i>Anopheles (Anopheles) aztecus</i> Hoffmann, 1935		x
<i>Anopheles (Anopheles) pseudopunctipennis</i> Theobald, 1901		x
<i>Culex (Culex) coronator</i> Dyar & Knab, 1906		x
<i>Culex (Culex) quinquefasciatus</i> Say, 1823		x
<i>Culex (Culex) restuans</i> Theobald, 1901	x	x
<i>Culex (Culex) stigmatosoma</i> Dyar, 1907	x	x
<i>Geogecraigius epactius</i> Dyar & Knab, 1908		x
<i>Haemagogus (Haemagogus) anastasionis</i> Dyar, 1921		x
<i>Haemagogus (Haemagogus) mesodentatus</i> Komp & Kumm, 1938		x
<i>Limatus durhami</i> Theobald, 1901	x	x
<i>Lutzia (Lutzia) bigoti</i> Bellardi, 1862		x
<i>Aedes (Ochlerotatus) scapularis</i> Rondoni, 1848		x
<i>Aedes (Ochlerotatus) serratus</i> Theobald, 1901		x
<i>Aedes (Ochlerotatus) trivittatus</i> Coquillett, 1902		x
<i>Orthopodomyia kummi</i> Edwards, 1939	x	
<i>Psorophora (Janthinosoma) champerico</i> Dyar & Knab, 1906		x
<i>Psorophora (Psorophora) ciliata</i> Fabricius, 1794		x
<i>Psorophora (Janthinosoma) ferox</i> Von Humboldt, 1819		x
<i>Sabethes (Sabethes) tarsopus</i> Dyar & Knab, 1908		x
<i>Trichoprosopon soaresi</i> Lane & Cerqueria, 1942		x
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) abebela</i> Dyar & Knab, 1908	x	x
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) celaecephala</i> Dyar & Knab, 1906	x	x
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) melanopus</i> Dyar, 1919	x	x
<i>Wyeomyia (mitchelli)</i> Theobald, 1905	x	x
<i>Wyeomyia (Wyeomyia) nigrilubus</i> Galindo, Carpenter & Trapido, 1951	x	x

JUSTIFICACIÓN

La infraestructura sanitaria que posee México al igual que otros países con economías emergentes, no es lo suficientemente eficaz para cubrir emergencias sanitarias, *i. e.* enfermedades transmitidas por vector; esto acompañado de la intensificación de movimientos humanos que aumentan y facilitan la distribución de vectores, más la falta de notificación documentada son factores que ponen en riesgo permanente la salud de la sociedad. Por lo cual existe la necesidad de una vigilancia estricta y la generación de nueva información actualizada para prevenir brotes de diferentes enfermedades exóticas (Githeko *et al.*, 2001).

El estudio de la familia Culicidae ha crecido desde el descubrimiento de estos organismos como vectores de patógenos que provocan enfermedades tanto a la población humana como a los diferentes grupos de vertebrados. Sin embargo, tanto en el país como en el estado de Puebla los estudios de diversidad, riqueza y abundancia de especies de culícidos en áreas silvestres y urbanas son escasos, en el caso particular de Puebla el conocimiento que se tiene sobre la ecología de dichos estos organismos son antiguos, o solo forman parte de listados de especies de trabajos realizados en otros estados.

De esta forma se necesita evaluar, actualizar y analizar la composición faunística de mosquitos y la distribución geográfica actual que estos poseen, para poder determinar zonas de riesgo en función de la presencia de especies vectores (Beltrán-Aguilar *et al.*, 2011).

El presente trabajo pretende aportar conocimiento sobre los mosquitos y aspectos como lo son la diversidad, riqueza y abundancia de especies a través de tres distintas épocas del año, que pueden ser útiles para colaborar o crear mejores estrategias en la prevención de enfermedades, esperando que abra las puertas para estudios posteriores más detallados y especializados.

HIPÓTESIS

- **Hipótesis 1**

Actualmente en la zona metropolitana de Puebla existen pocas áreas protegidas y/o conservadas, de las cuales no se tiene conocimiento o antecedentes de la diversidad de mosquitos que existe en ellas. Estas zonas, día con día van desapareciendo debido al descontrolado crecimiento urbano, permitiendo que los mosquitos se vean obligados a buscar nuevos nichos en zonas cercanas a los cuales deben adaptarse (Pires & Gleiser, 2010, Reinbold-Wasson *et al.*, 2012). Por esta razón el ensamble de especies entre una zona conservada y una urbana mostrarían diferencias entre la riqueza y la abundancia de especies ya que no todas las especies de mosquitos encuentran las condiciones adecuadas que la zona conservada les ofrece o viceversa

- **Hipótesis 2**

En la zona metropolitana de Puebla la época de lluvia (precipitación) es muy marcada durante el verano, disminuyendo el resto del año, este factor beneficia la fenología de los mosquitos ofreciendo mayor cantidad de sitios de crianza tanto de forma natural en las zonas silvestres como en estanques artificiales en la zona urbana (Loetti *et al.*, 2007). Por lo cual es posible pensar que durante la temporada de lluvias en el estado de Puebla la diversidad y abundancia de mosquitos aumentara, con respecto a la época de fríos y secas donde los sitios de crianza disminuyen debido a factores como la temperatura, la precipitación y la humedad.

OBJETIVOS

- **General**

Registrar el ensamble de especies de Culícidos que existen en dos ambientes contrastantes, a través de tres distintas épocas climáticas, en la región noroeste de la ciudad de Puebla.

- **Particulares**

Comparar la diversidad (riqueza y abundancia) existente entre un ambiente urbano y silvestre.

Identificar las especies de culícidos con potencial de transmisión de patógenos al hombre o animales domésticos y/o silvestres.

Contribuir con un listado de especies presentes en la zona noroeste de la ciudad de Puebla.

MÉTODOS

- **Zonas de estudio**

Para la presente investigación se seleccionaron dos sitios: el primer sitio correspondió al parque estatal “Flor del Bosque” y el segundo fue colonia San Juan Flor del Bosque. Ambas ubicadas al noroeste en la periferia de la capital poblana.

Parque estatal flor del bosque

Es la zona conservada y/o silvestre la cual se ubica al centro del estado de Puebla, compuesta por 669 hectáreas de bosque con cuatro especies de encino: *Quercus rugosa*, *Q. castare*, *Q. obtusata* y *Juniperus depeanna*, además de la presencia de eucalipto. Sus coordenadas geográficas son: 19°01'17" y 19°02'01" de latitud Norte y 98°05'07" y 98°07'04" al oeste. La reserva presenta elevaciones que van de los 2200 hasta los 2450 metros en sus partes más altas. Esta zona pertenece a una cadena de cerros que presenta una orientación de noreste a sureste desde el cerro de Tepoxuchitl, en las inmediaciones de la ciudad de Puebla hasta el cerro de la Cruz, en Tepeaca (Aguino, 2000). La reserva pertenece a la colonia Casa Blanca que a su vez es parte del municipio de Amozoc de Mota en esta zona el rango de temperatura promedio anual es de 12 – 18°C, así como su rango de precipitación es de 900 a 1100mm. Con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009) (Fig. 1).

Colonia San Juan Flor del Bosque

La colonia San Juan Flor del Bosque pertenece al municipio de Puebla al noroeste de la capital poblana, la colonia colinda con el municipio de Amozoc de Mota. En general el municipio de Puebla se encuentra entre los paralelos 18°50' y 19°14' de latitud norte y meridianos 98°01' y 98° 18' de longitud oeste, la altitud del municipio varía entre los 1980 y los 4500m. Su temperatura promedio anual va de 10 – 16°C. La precipitación promedio anual va de los 400 – 900 mm. El clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (INEGI, 2009) (Fig. 1).

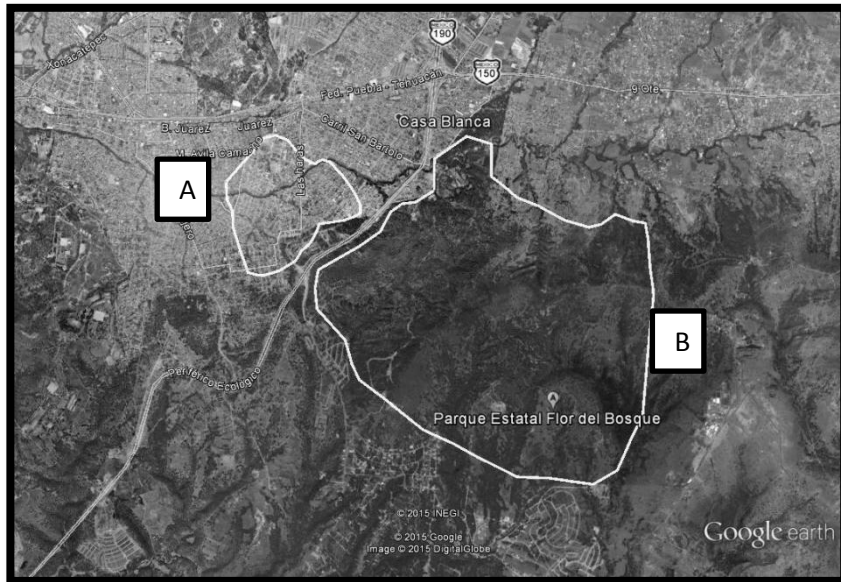


Figura 3. Localidades de estudio: A) San Juan Flor del Bosque, B) Parque estatal Flor del Bosque. (Google Earth ver 7.1.2.2041).

- **Diseño de muestreo**

Para ambas zonas de muestreo, la colecta de organismos imagos se realizó creando un transecto de 900 metros de longitud total en el cual se ubicaron 12 trampas miniaturas de luz conocidas como CDC (Control Disease Center) armadas con luz ultravioleta con 75 metros entre cada trampa (Fig. 2).

Dentro de la zona urbana, las trampas se colocaran dentro de los domicilios u hogares ubicándolas en patios o lugares abiertos de las casas donde los organismos puedan ser atraídos por las trampas, previamente habiendo conseguido el permiso de los dueños en cada propiedad.

Con el fin de obtener la mayor cantidad de especies posibles, y debido a que diferentes especies tienen ciertos horarios de actividad se establecieron dos diferentes lapsos del día para realizar los muestreos, nombrados como mañana y noche, de 7:00–11:00, y 19:00–23:00 respectivamente. Los horarios de muestreo fueron los mismos para ambas zonas, al igual que los modos de captura y el cuidado del material colectado.

Para complementar el estudio se hicieron colectas con cebo humano. Posterior a la colecta los organismos fueron sacrificados en cámaras letales con vapores de cloroformo. Las capturas se realizaron a distancias fuera del rango de luz de cada

trampa durante su actividad para que su captura no se vea disminuida por competencia.

Factores como la humedad y temperatura fueron tomados en cuenta durante los muestreos, esto con el objetivo de obtener los rangos de temperatura y humedad en los que se encontraron cada especie en las distintas temporadas de muestreo. Además de llevar un registro diario a lo largo del año con ayuda de datos proporcionados por las estaciones meteorológicas, para completar la información y el comportamiento que la precipitación, humedad y la temperatura tienen durante el año del presente estudio y con esto poder interpretar la aparición de las especies encontradas en diferentes temporadas en base a los factores climáticos tomados en cuenta.

Los muestreos se realizaron durante tres días consecutivos en los horarios establecidos y en las zonas elegidas, se muestrearon tres temporadas denominadas como lluvias, fríos y secas. Un total de cinco muestreos se realizaron, durante este estudio posterior a estos, se procedió a trabajar el material colectado.

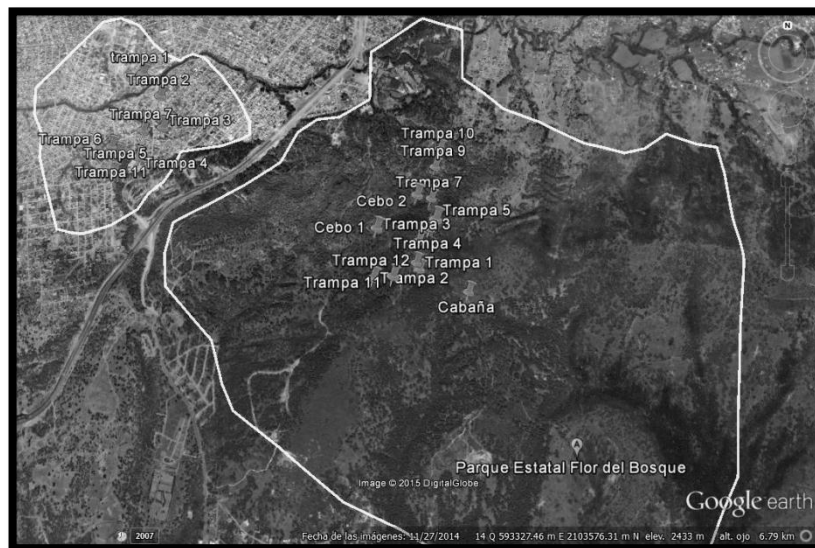


Figura 4. Trampas CDC en ambas zonas de estudio. (Google Earth ver 7.1.2.2041).

Una vez realizadas las colectas de mosquitos adultos en ambas zonas y al final de cada muestreo, los organismos fueron colocados en cajas Petri preparadas con una cama de algodón y sobre esta una película de papel glassine en ambas caras de la caja para que los ejemplares se conserven en el mejor estado posible y con sus respectivas etiquetas (Abella-Medrano *et al.*, 2015).

El material fue procesado en el laboratorio de parasitología y vectores de la escuela de Biología BUAP, los culícidos fueron montados mediante el uso de alfileres entomológicos y triángulos de opalina para su posterior identificación. Para la identificación de los organismos se utilizaron las claves de: Carpenter & LaCasse (1955), Thielman y Hunter (2007), Berlin (1969), Zavortink (1972) y Darsie y Ward (2005).

Los organismos se depositaron en la colección de artrópodos de importancia médica y veterinaria de la escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) y otra parte en la colección entomológica (IEXA) del Instituto de Ecología, A.C (INECOL).

- **Análisis de datos**

- Análisis de diversidad**

- Diversidad alfa**

Para cada estación y cada zona, la diversidad alfa (riqueza de especies de una comunidad) se estimó utilizando el índice de Shannon – Wiener (H'), que mide el grado de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo elegido al azar y el índice de Simpson, el cual mide la probabilidad de que dos individuos que se toman al azar sean de la misma especie (Villareal, 2004).

Por último, se obtuvo el exponencial de Shannon ($e^{H'}$) para conocer la diversidad verdadera, el índice de dominancia de Simpson y el valor de equitatividad para cada temporada y zona de muestreo.

Para saber si existen diferencias en los índices de diversidad alfa, cuando comparamos zonas y temporadas de estudio se hizo una prueba de t-student a cada valor de diversidad. Y mediante pruebas de Chi cuadrada (χ^2) se compararon las distintas temporadas y sitios de muestreo, así como el número de especies en

ambas zonas para conocer si hay diferencias estadísticamente significativas, en base a las abundancias de cada comunidad comparada.

Diversidad beta

Para el caso de la diversidad beta (grado de cambio o reemplazo en la composición de especies entre comunidades), se calculó mediante los coeficientes de similitud de Jaccard (Ij), además de generar un dendrograma de similitud y por último se calculó el índice de complementariedad (Colwell & Coddington, 1994).

Para calcular el remplazo de especies entre distintas comunidades (temporadas y ambientes) se calculó mediante el índice de Whittaker debido a que el interés es conocer el recambio a lo largo de gradientes ambientales y espaciales (Calderón *et al.*, 2012).

Eficiencia de muestreo

Se realizaron curvas de acumulación de especies en ambas zonas para evaluar la eficiencia de muestreo, así como para estimar el total de especies que estarían presentes en las zonas bajo estudio (Colwell & Coddington, 1994). Los software utilizados fueron PAST ver. 3.02, ESTIMATES ver 9.0, y Excel.

Se calculó la eficiencia de muestreo, así como las especies faltantes, se graficaron los estimadores Chao 1 por ser no paramétrico y por tener coherencia posterior a las aleatorizaciones, además de graficar los valores de Singletons y Doubletons.

Rango – abundancia

Para conocer de manera gráfica la dominancia, riqueza y composición de especies que componen cada una de las comunidades de muestreo a partir de sus abundancias se generó un gráfico de rango – abundancia.

Temperatura y Humedad relativa.

Se graficaron los rangos de temperatura y humedad relativa encontrados para cada especie, con la ayuda del programa R.

RESULTADOS

A pesar del diseño experimental, que menciona que se realizarían tres muestreos en cada zona, el muestreo para la temporada de secas en el parque estatal Flor del bosque no fue realizado debido a que en el parque existían problemas administrativos y fue imposible el acceso al parque. Por lo cual solo dos muestreos fueron generados para la zona conservada y tres para la zona urbana.

Posterior a los cinco muestreos realizados durante las tres temporadas, alrededor de 165 horas de muestreo fueron las empleadas para la realización del estudio, se colectó un total de 2042 individuos, de los cuales el 31.59% fue capturado en la colonia San Juan Flor del Bosque (zona urbana) y el 68.41% corresponde a lo colectado en la reserva del parque estatal Flor del Bosque (zona conservada).

El 80.02% de los organismos fueron colectados durante la temporada de lluvias, la temporada de fríos está representado por el 18.66% y por último la temporada de secas aporta el 1.32% de la colecta total (Cuadro 2).

Las abundancias de cada especie cambian durante cada temporada de muestro (Cuadro 3), así como algunas especies son exclusivas de cada sitio y cada temporada (Fig. 5).

Diversidad alfa

- **Riqueza específica**

Un total de once especies fueron identificadas, las cuales se ubican dentro de los siguientes géneros: *Aedes*, *Culex*, *Culiseta*, *Georgecraigius*, *Howardina*, *Ochlerotatus*.

El género que presentó mayor riqueza de especies fue *Culex* con un total de cinco especies, mientras que *Howardina* solo dos el resto presentan una sola.

En la colonia San Juan Flor del Bosque se encontró un total de ocho especies durante la temporada de lluvias: *Aedes sp1*, *Culex coronator*, *Culex salinarius*, *Culex stigmatosoma*, *Culex sp1*, *Georgecraigius atropalpus*, *Culiseta particeps* y *Ochlerotatus trivittatus*.

Para la temporada de fríos solo tres especies fueron capturadas: *Cx. salinarius*, *Cx. stigmatosoma* y *Gc. atropalpus*. Las mismas tres especies estuvieron presentes cuando se realizó el muestro de la temporada de secas.

Para la temporada de lluvias en el parque estatal Flor del Bosque se capturaron ocho especies: *Cx. coronator*, *Cx. salinarius*, *Cx. stigmatosoma*, *Ae. sp1*, *Cs. particeps*, *H. quadrivittata*, *H. guerrero* y *Oc. trivittatus*.

Llegada la temporada de secas, se volvieron a capturar tres especies ya encontradas en el muestro de lluvias: *Cx. salinarius*, *Cx. stigmatosoma* y *Cs. particeps*, sin embargo, una nueva especie fue encontrada para esta temporada: *Cx. tarsalis*. (Cuadro 3).

Cuadro 2. Porcentaje de colecta de cada temporada de muestreo.

Zona urbana			Zona Conservada	
Lluvias	Fríos	Secas	Lluvias	Fríos
28.40%	1.86%	1.32%	51.62%	16.80%

Cuadro 3. Abundancia relativa para cada especie en las diferentes temporadas.

Especie	Zona urbana			Total	Abundancia relativa (%)	Zona Conservada		Total	Abundancia relativa (%)
	Lluvias	Fríos	Secas			Lluvias	Fríos		
<i>Culex salinarius</i>	489	10	8	507	78,60%	578	314	892	63,85%
<i>Culex stigmatosoma</i>	13	25	18	56	8,68%	6	19	25	1,79%
<i>Culex tarsalis</i>	0	0	0	0	0%	0	7	7	0,50%
<i>Culex coronator</i>	1	0	0	1	0,16%	1	0	1	0,07%
<i>Culex sp1</i>	3	0	0	3	0,47%	0	0	0	0%
<i>Aedes sp1</i>	2	0	0	2	0,31%	2	0	2	0,14%
<i>Georgecraigius atropalpus</i>	13	3	1	17	2,64%	0	0	0	0%
<i>Culiseta particeps</i>	3	0	0	3	0,47%	1	3	4	0,29%
<i>Ochlerotatus trivittatus</i>	56	0	0	56	8,68%	59	0	59	4,22%
<i>Howardina quadrivittata</i>	0	0	0	0	0%	373	0	373	26,70%
<i>Howardina guerrero</i>	0	0	0	0	0%	34	0	34	2,43%
Total	580	38	27	645	100%	1054	343	1397	100%

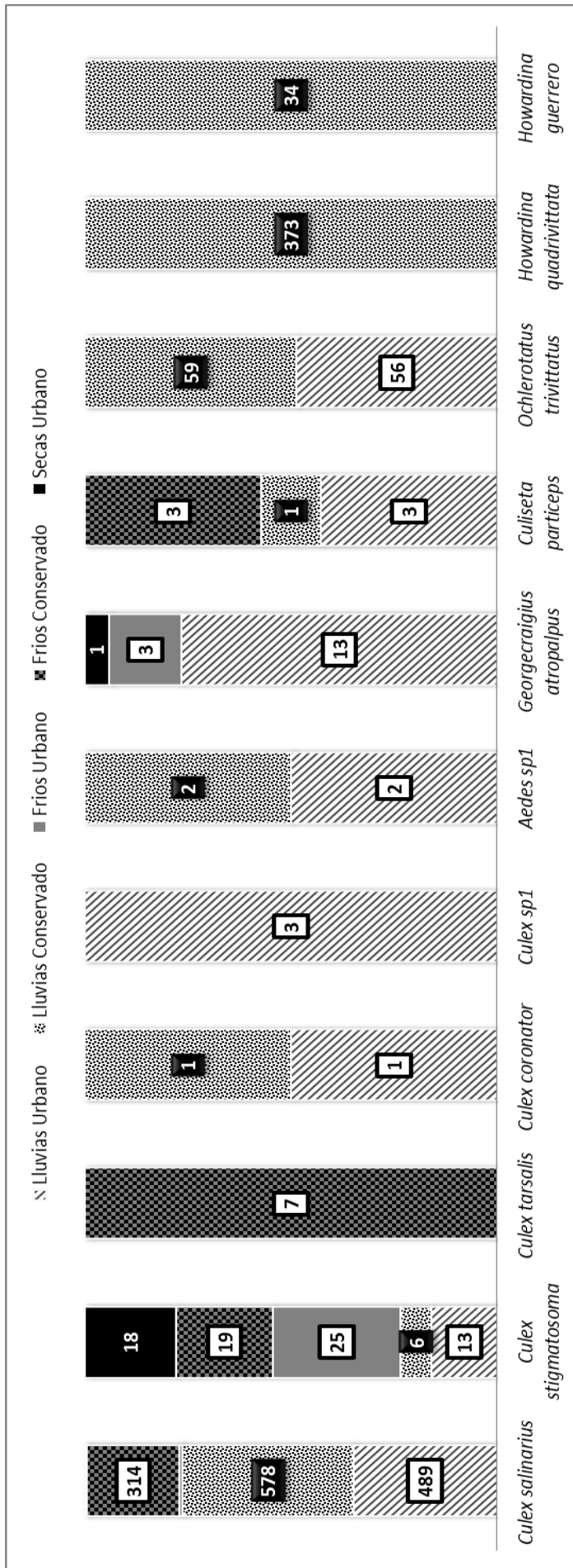


Figura 5. Abundancia de especie por cada temporada de muestreo.

- **Índices de diversidad alfa**

Para el caso de alfa, el índice de Shannon que asume que los individuos se seleccionan al azar y que todas las especies están presentes en la muestra, el valor más alto de diversidad es para la muestra de la zona conservada en la temporada de lluvias, mientras que el más bajo es el valor para la misma zona pero en la temporada de fríos. (Cuadro 4).

El mismo patrón sigue los valores obtenidos para el índice de Simpson, el cual es fuertemente influenciado por la importancia que tienen las especies más dominantes. La dominancia de Simpson presenta a la zona conservada en temporada de frío como aquella que está altamente dominada y a la zona conservada en temporada de lluvias con el valor de dominancia más pequeño. (Cuadro 4).

Por último la equitatividad de especies en la zona urbana durante la temporada de secas es la más alta mientras que en la misma zona pero en distinta temporada es la que tiene el grado de equitatividad mínimo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diversidad alfa: Riqueza de especies (S), abundancia (A), índice de Shannon, exponencial del índice de Shannon – Wiener ($e^{H'}$), Índice de Simpson, dominancia de Simpson, equitatividad.

Índices	Urbano- lluvias	Urbano- fríos	Urbano -secas	Conservado- lluvias	Conservado- fríos
S	8	3	3	8	4
A	580	38	27	1053	343
Shannon	0.624	0.827	0.752	1.024	0.362
$e^{H'}$	1.87	2.29	2.121	2.78	1.44
Simpson	0.278	0.491	0.466	0.569	0.158
Dominancia Simpson	0.721	0.508	0.533	0.43	0.841
Equitatividad (evenness)	0.233	0.762	0.707	0.347	0.359

Para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de Simpson y Shannon, se aplicó una prueba de t- student para cada comparación entre temporadas y zonas de estudio, así que los resultados muestran que el índice de Simpson presenta diferencias significativas ($p < 0.05$) cuando se comparan las tres temporadas de estudio (lluvias, fríos y secas) solo para la colonia San Juan Flor del Bosque, mientras que el índice de Shannon muestra diferencias significativas cuando se compara lluvias vs secas y fríos vs secas dentro de la zona urbana. (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultados de la prueba de t-student para los valores de Simpson y Shannon.

	Simpson	Shannon
Temporada de Lluvias		
Urbana vs Conservada	2,255 E-13	3,401 E-28
Temporada de Fríos		
Urbana vs Conservada	5,277 E-05	0,00022
Zona Urbana		
Lluvias vs Fríos	0,0890 *	0,00623
Lluvias vs Secas	0.027*	0.343*
Fríos vs Secas	0.810*	0.652*
Zona Conservada		
Lluvias vs Fríos	4,0039 E-40	8,9599 E-29

(*) Diferencias significativas entre temporadas con un valor de $p < 0.05$.

Mediante las pruebas de Chi-cuadrado en base a las abundancias que cada especie registra, se obtuvo que en el caso de los dos sitios de muestreo si existen diferencias estadísticamente significativas en con un valor de $p = 2.2e^{-16}$, por lo cual si existe una relación entre los sitios y las abundancia de las especies. Al comparar la temporada de lluvias y fríos se obtuvo un valor de $p = 2.2e^{-16}$, donde

también existe una relación entre las temporadas de muestreo y las abundancia de las especies.

Por último, el número de especies reportadas para la zona conservada y la zona urbana nueve y ocho respectivamente no poseen diferencias significativas ($p=0.8084$), entonces el número de especies entre zonas no son variables relacionadas.

Diversidad Beta

- **Coefficiente de similitud de Jaccard**

El índice de similitud más alto se obtuvo cuando se compararon las temporadas de fríos vs secas para la zona urbana, pues existe un 100% de similitud de especies en estas dos comunidades. En segundo lugar la temporada de lluvias en ambas zonas presento la mayor riqueza de especies siendo ocho para cada zona, y el índice de similitud de Jaccard también menciona que las comunidades poseen un 60% de similitud de especies comunes en ambos sitios. En tercer lugar se encuentra el valor cuando se compara la temporada de fríos en ambas zonas de estudio con el 40%. (Fig.6)

Cuando se hizo la comparación entre temporadas se obtuvieron valores más bajos de similitud, para la comparación de la zona conservada y ambas temporadas tienen el 33% de similitud.

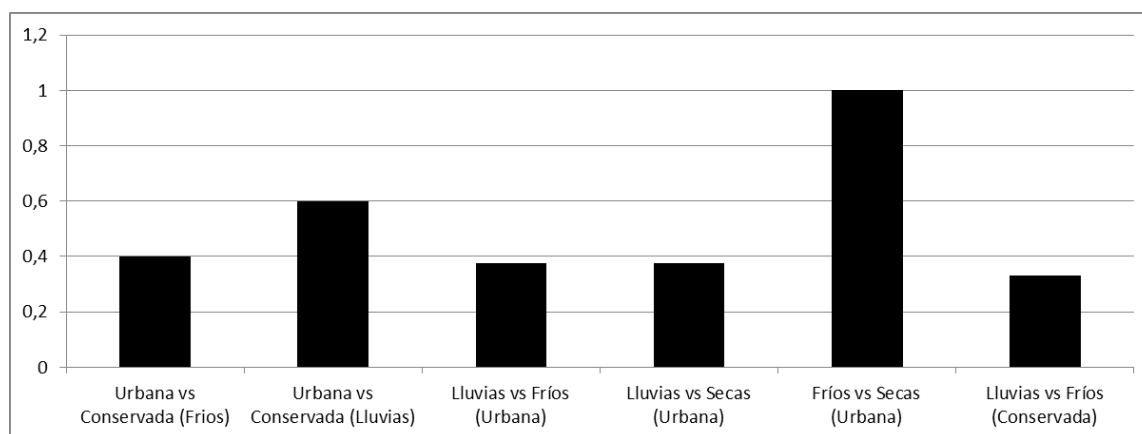


Figura 6. Valores de índice de Jaccard.

Al comparar las tres diferentes temporadas de muestreo en la zona urbana se obtuvo el 37.5% de especies compartidas cuando se comparó la temporada de lluvias vs fríos y lluvias vs secas, mientras que la comparación fríos vs secas posee un 100% de similitud debido a que las especies presentes en ambas temporadas son las mismas (Cuadro 6).

El dendrograma de similitud ubica dentro del cluster con valor de similitud más alto con 96% a la temporada urbana cuando se comparan la temporada de fríos y secas, en un segundo cluster con valor de similitud por encima de 55% ubica a la temporada de lluvias en la zona conservada y urbana (Fig.7).

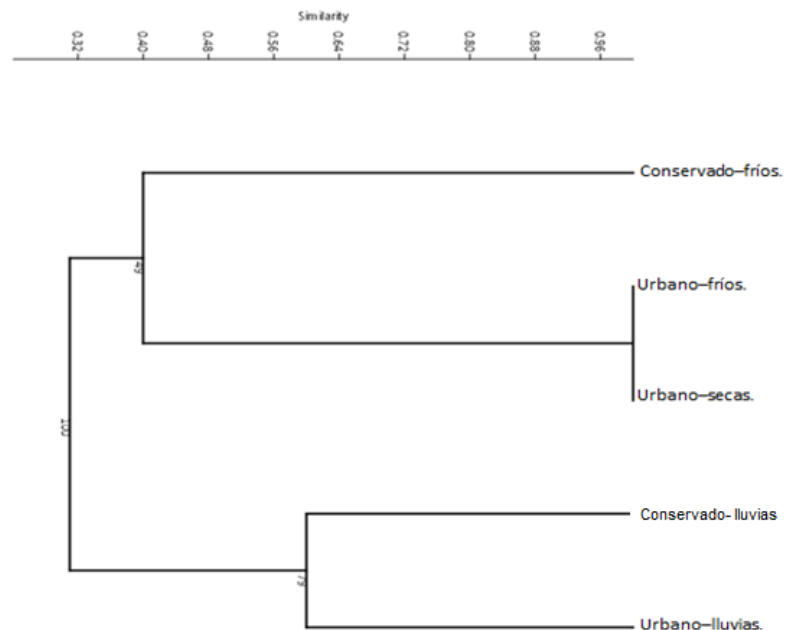


Figura 7. Dendrograma de similitud para las zonas y temporadas de estudio.

- **Valor de Beta**

Se obtuvo el valor de beta para conocer cuál es el grado de separación entre las comunidades puestas a prueba, y reconocer si entre ellas se pueden distinguir comunidades separadas o comunidades con alto grado de sobrelape. En la comparación de la zona conservada en ambas temporadas se obtuvo el valor más

alto de beta siendo 1.5 por lo cual entre estas comunidades se reconocería una comunidad y media.

Cuando se compararon las temporadas de lluvias vs fríos y lluvias vs secas dentro de la zona urbana se obtuvo un valor de 1.45 comunidades. Los valores más bajos se obtuvieron cuando se compararon las zonas en las distintas temporadas, siendo así; 1.42 comunidades en la temporada de fríos y ambas zonas de estudio y 1.25 para la temporada de lluvias al comparar ambas zonas de estudio.

Por último el valor más bajo se encuentra en la comparación de fríos vs secas dentro de la zona urbana de la cual solo una comunidad es reconocida debido al alto grado de similitud (Cuadro 6).

- **Índice de Complementariedad**

El grado de disimilitud en la composición de especies cuando se compararon las zonas y las temporadas, muestra el valor más alto en la zona conservada. Cuando se compararon las temporadas de lluvias y fríos dentro de la zona silvestre se obtuvo que el 76% de especies de mosquito son complementarias. Al comparar las temporadas de lluvias vs secas y lluvias vs fríos dentro de la zona urbana se obtiene el 62% de especies complementarias para ambas temporadas. Mientras que cuando se compararon las zonas para la temporada de lluvias se tiene un 40% y un 60% para la temporada de fríos, aunque la comparación de fríos vs secas dentro de la zona urbana es de 0 lo cual indica que las comunidades comparadas son idénticas (Cuadro 6).

- **Índice de Whittaker**

El recambio de especies de Culícidos en la temporada de secas en ambas zonas tiene un valor de 2 siendo el más alto, seguido de 1.8 que corresponde a la zona conservada cuando se comparan la temporada de lluvias y fríos, mientras que la zona urbana al comparar ambas temporadas tiene un valor de 1.77 y por último se encuentra la temporada de lluvias cuando se compararon ambas temporadas teniendo el valor más bajo de recambio de especies con el 1.42 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparaciones entre temporadas y zonas con sus respectivos valores de diversidad beta.

	Temporada Lluvias	Temporada Fríos	Zona Urbana	Zona Urbana	Zona Urbana	Zona Conservada
	Urbana vs Conservada	Urbana vs Conservada	Lluvias vs Fríos	Lluvias vs Secas	Fríos vs Secas	Lluvias vs Fríos
Jaccard	0.6	0.4	0.375	0.375	1	0.33
Beta	1.25	1.428	1.454	1.454	1	1.5
Complementariedad	0.4	0.6	0.625	0.625	0	0.769
Whittaker	1.428	2	1.77	1.77	0	1.8

Curvas de acumulación de especies

Se realizaron las curvas de acumulación de especies para cada temporada y cada zona de muestreo, a su vez se calculó el esfuerzo de muestreo, las especies faltantes, y mediante los estimadores Chao 1 y Bootstrap, en algunos casos el estimador Chao 2 también fue graficado por su predicción de especies presentes, mediante los ya mencionados estimadores se pudo conocer si lo capturado es suficiente para considerar que nuestro estudio es completo.

Los estimadores graficados son aquellos que posterior a la aleatorización arrojaron datos coherentes con un orden para predecir el número de especies existentes en cada ambiente y zona de estudio. Además de que se graficaron los Singletons y Doubletons.

- **Zona Conservada Parque estatal Flor del Bosque**

Lluvias

Para la temporada de lluvias, los estimadores Chao 1 y Bootstrap, contra los muestreos realizados (Fig.8). Los cuales posterior a la aleatorización revelan que la eficiencia de muestreo es de 96.03% y 85.10% además de que estiman que

hacen falta por ser encontradas 0.33 y 1.4 especies respectivamente. Nuestra S observada corresponde a un total de ocho.

Fríos

Durante la temporada de fríos, en la zona conservada, se obtuvo un 100% en la eficiencia del muestro de acuerdo al estimador Chao 1. Por lo cual se predice que no hacen faltan especies por ser capturadas. (Fig.8). La S observada es de cuatro.

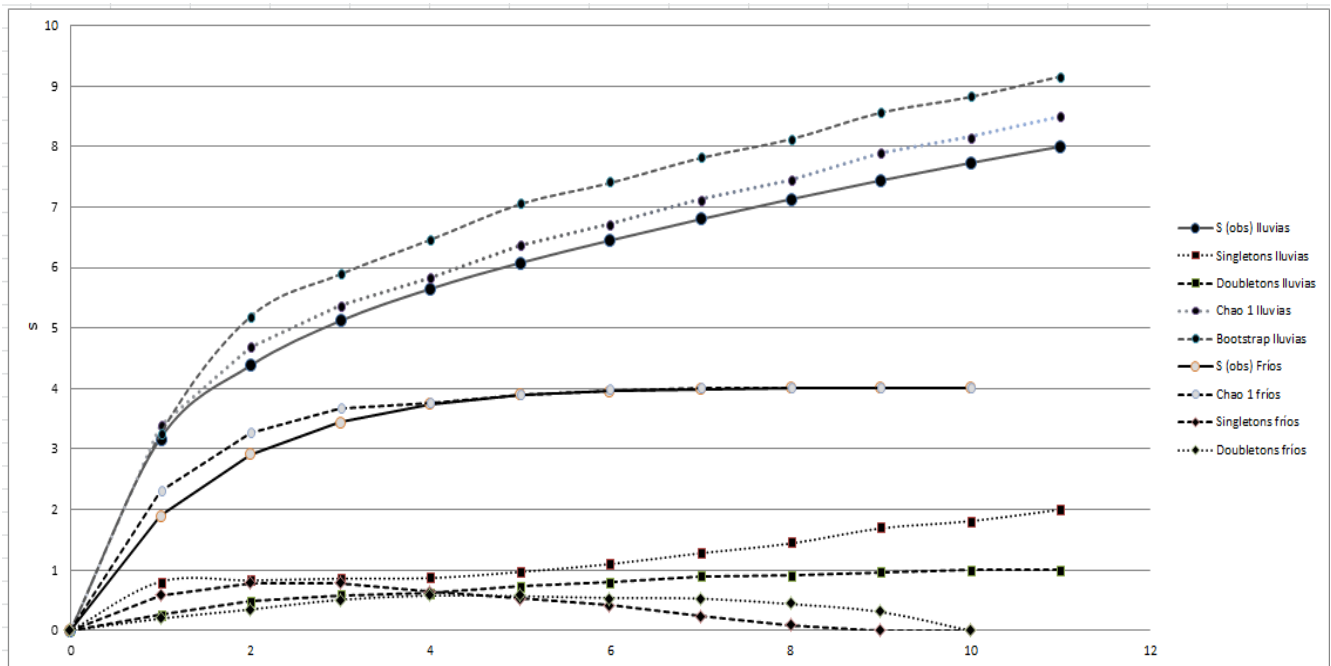


Figura 8. Curva de acumulación de especies para dos temporadas de muestro dentro de la zona conservada.

- **Zona Urbana Colonia San Juan Flor del Bosque**

Lluvias

Dentro de la colonia San Juan Flor del Bosque (zona urbana), se presentan en la gráfica los valores de S observada, los estimadores Chao 1 y Bootstrap, contra los muestros realizados. Para el caso de esta zona la eficiencia de muestro es del 100% y 88.9%, donde solo Bootstrap predice que hace falta solo una especie por ser encontrada durante esta temporada. (Fig.9)

Fríos

Durante la temporada de fríos, en la colonia San Juan Flor del Bosque (zona urbana), se tiene un 100% en la eficiencia del muestro de acuerdo a los estimadores Chao 1 y Chao 2. (Fig. 9).

Secas

Posterior al muestreo de la temporada de secas dentro de la zona urbana se obtuvo una eficiencia de muestreo del 100% para el caso de los estimadores Chao 1 y Chao 2, mientras que el estimador Bootstrap calcula un 86.7% de eficiencia, solo en el caso de este último predice que hace falta por ser encontrada menos de una especie. (Fig. 9).

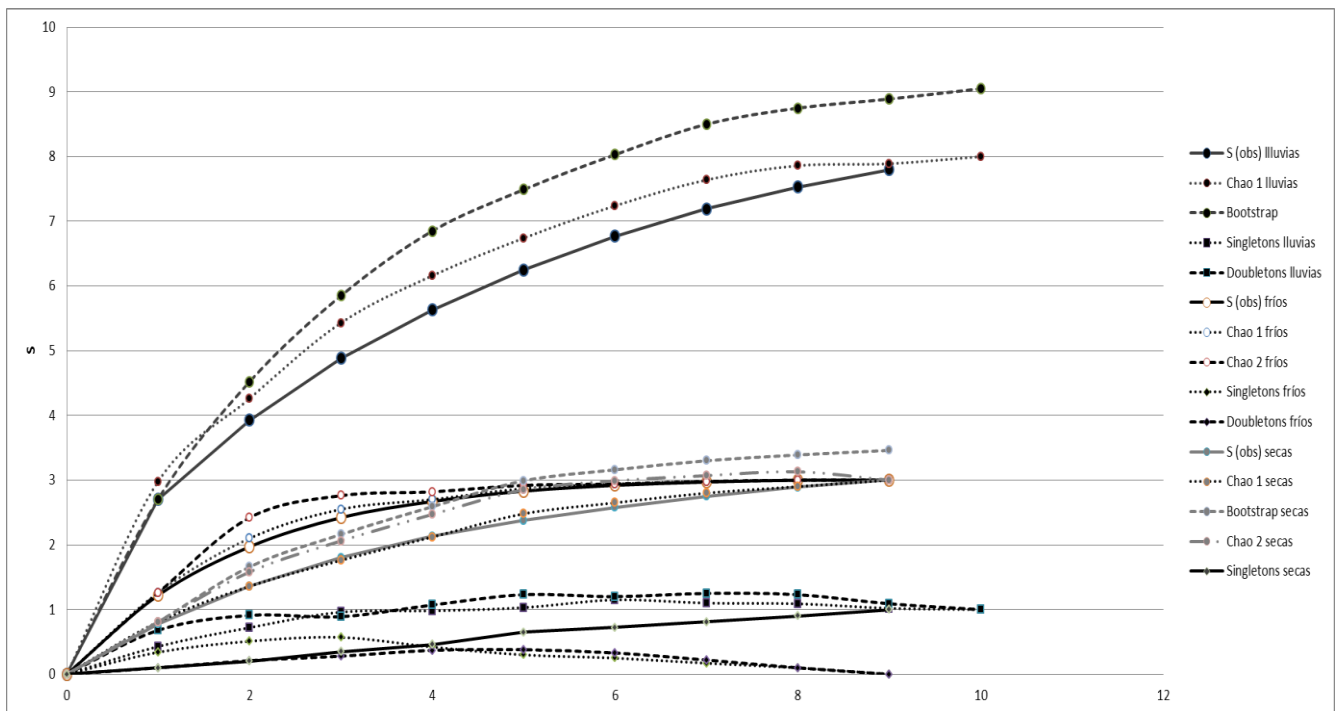


Figura 9. Curva de acumulación de especies para tres temporadas de muestreo dentro de la zona urbana.

Rango – abundancia

En base a las abundancias que las especies presentan para cada muestro realizado, se generan el grafico de rango- abundancia (Fig.10). La dominancia de las especies es un factor importante de considerar, al ver la composición que cada

comunidad tiene. Las especies *Cx. salinarius* y *Cx. stigmatosoma* son las únicas que están presentes en ambas zonas de estudio (conservado y urbana), así como en las tres temporadas muestreadas, por lo cual pueden ser consideradas como resistentes a los cambios de temporadas y adaptables a dos distintos ambientes. También se destacan aquellas especies que son exclusivas de una sola área y una sola temporada como *H. quadrivittata* y *H. guerrero*, por ser restringidas de la zona conservada en la temporada de lluvias. El caso de *Cx. tarsalis* está presente solo en la temporada de secas en la zona conservada.

Nuevos registros para el estado de Puebla

Posterior a una revisión bibliográfica en documentos y artículos oficiales, al comparar con los resultados del presente estudio, se identificaron cuatro nuevos registros para el estado de Puebla las cuales son: *Cs. particeps*, *Gc. atropalpus*, *H. quadrivittata* y *H. guerrero*.

Sin considerar a las especies identificadas hasta el momento como *Cx. sp 1* y *Ae. sp1*, debido a que no son reconocidas a nivel específico ya que el estado en el que se encuentran los organismos no es el óptimo para poder identificar.

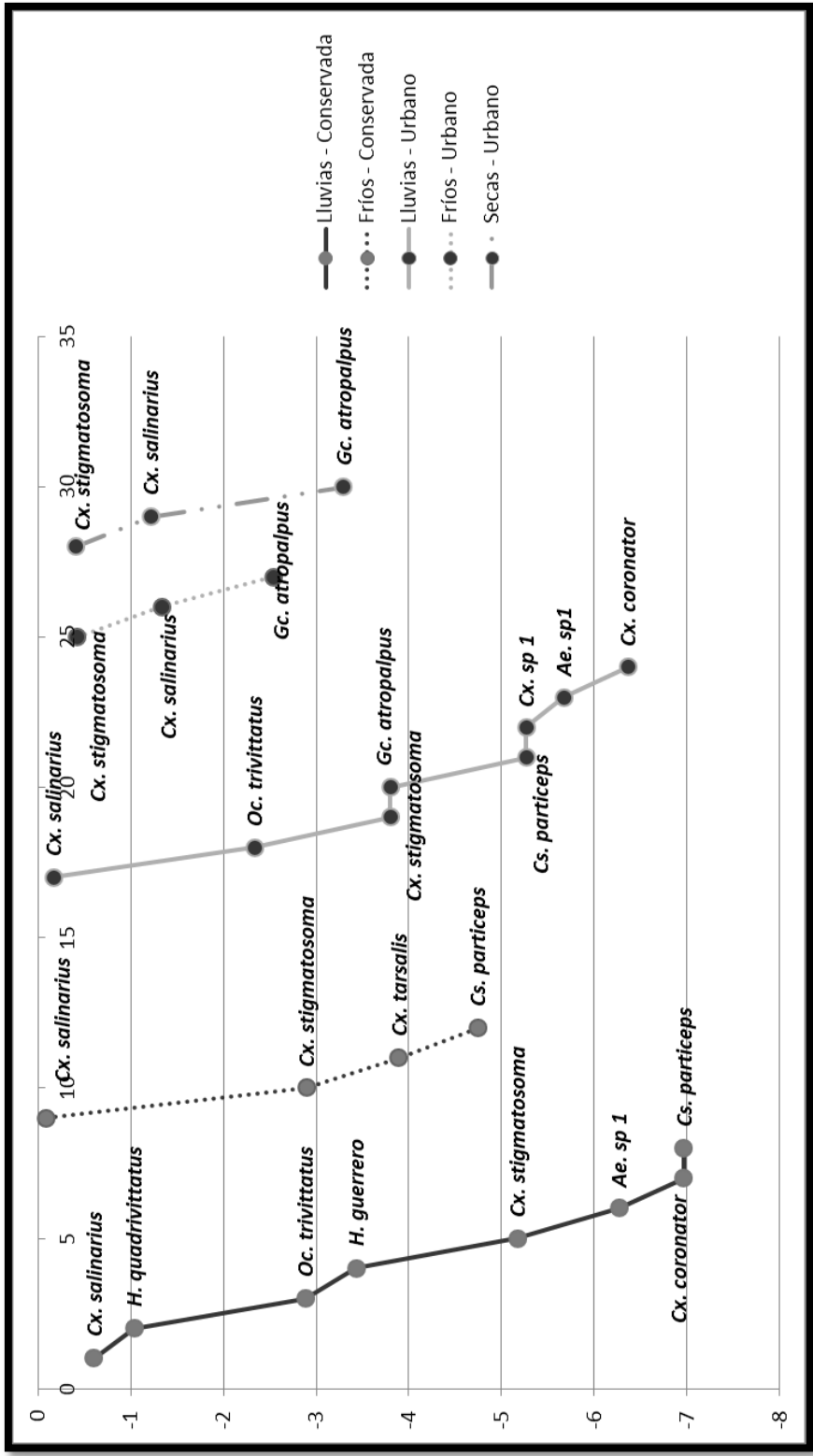


Figura 10. Rango – abundancia, de cada zona y temporada de muestro.

Temperatura

Se calcularon los intervalos de temperatura en los que cada especie fue capturada durante los muestreos. *Cx. salinarius* presentó el rango más amplio de temperaturas registrado (entre 11° - 25°C), en segundo lugar se encuentra *Cx. stigmatosoma* (entre 11° - 24°C). *Cx. tarsalis*, *Ae.sp1*, *Cx. sp 1*, son especies que poseen un rango de temperatura muy estrecho según los resultados de los muestreos hechos (Fig. 11).

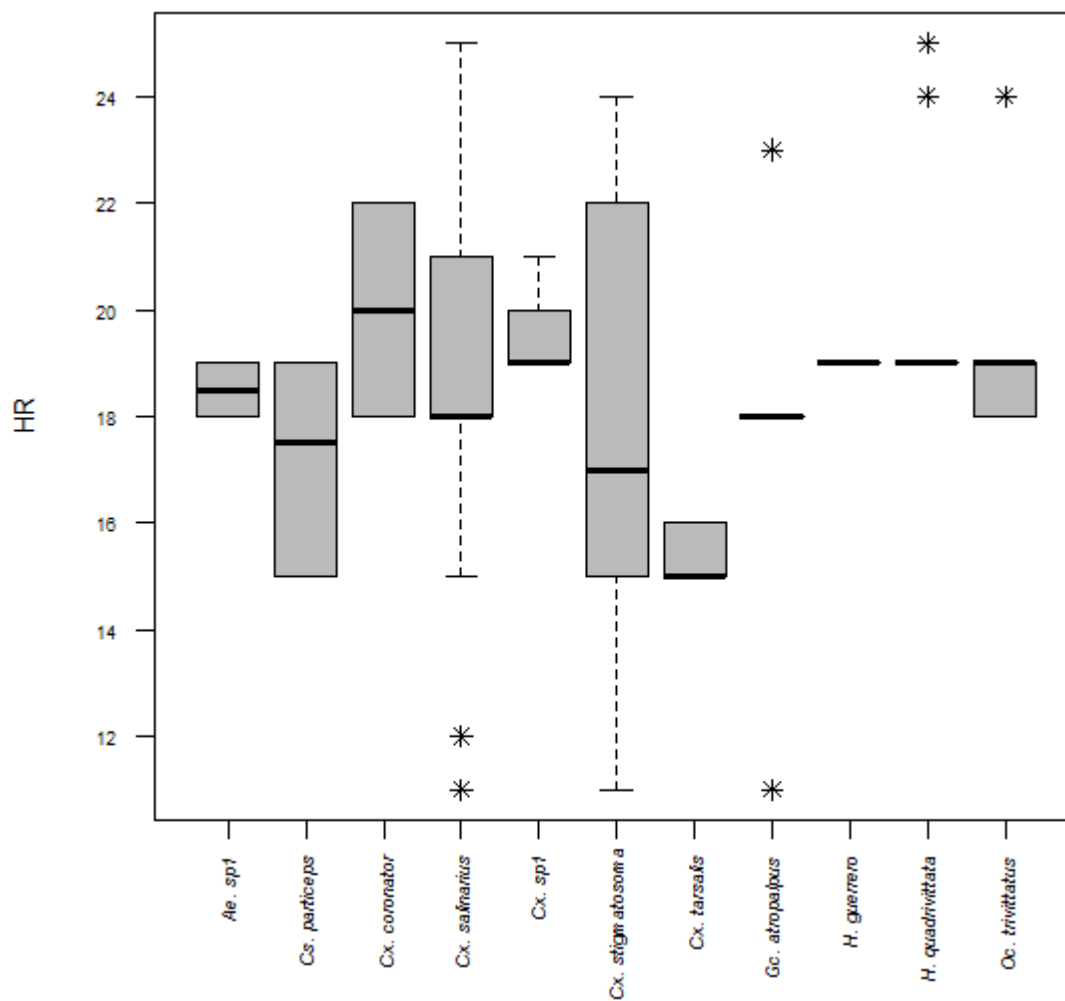


Figura 11. Rangos de temperatura registrados para cada especie.

Humedad relativa.

Para el registro de la humedad relativa, durante los muestreos la especie que presento un rango de humedad relativa más amplio es *Cx. salinarius* (25 – 75%), en segundo lugar se encuentra *Cx. stigmatosoma* (25 – 70%) y en tercer lugar *Cs. particeps* (25 – 66%). Los rangos menos amplios se encuentran en las especies, *Cx. tarsalis* (59 – 63%) y *Gc. atropalpus* (62 – 70%). (Fig.12).'

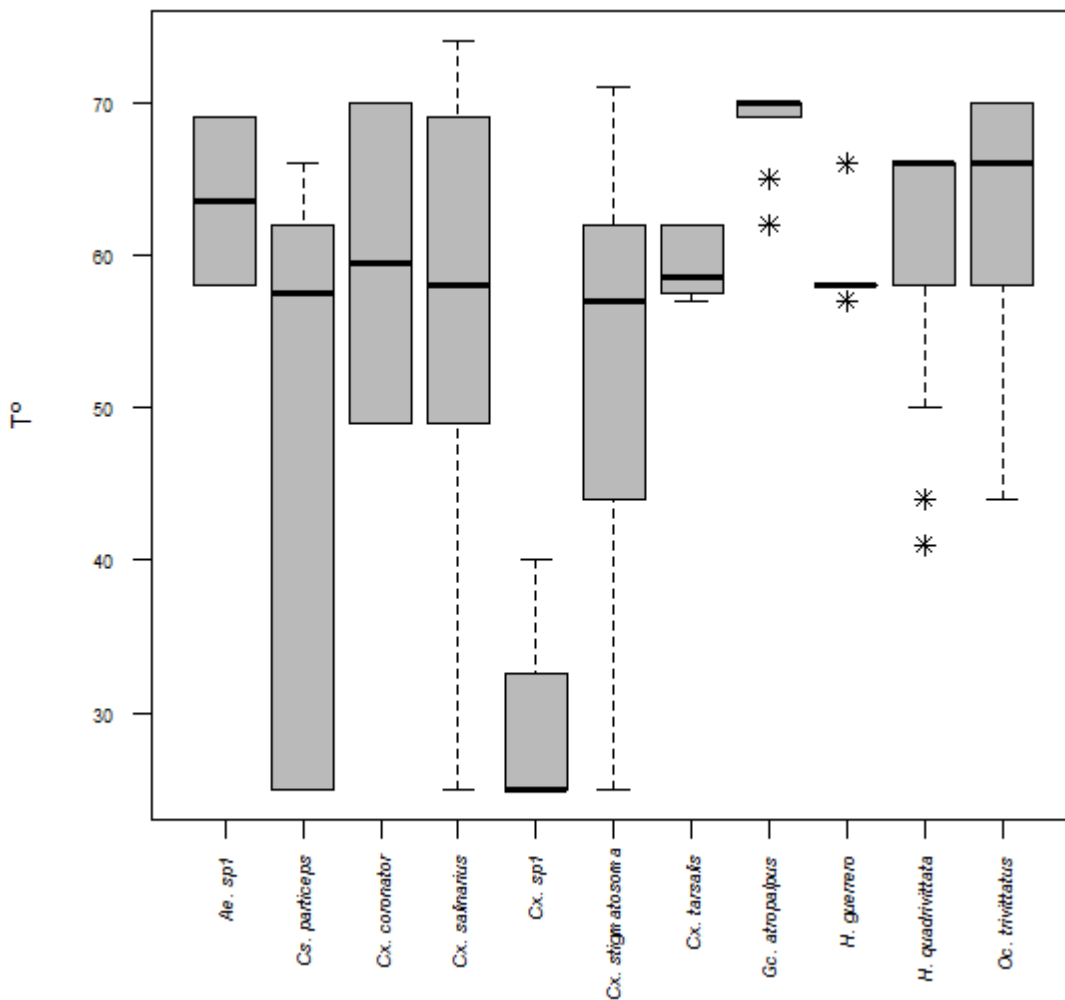


Figura 12. Rangos de humedad relativa registradas para cada especie.

DISCUSIÓN

- **Diversidad alfa**

La estacionalidad es un factor importante, que modifica la ecología de los mosquitos, viéndose afectada en principio las abundancias que cada especie presenta (Githeko *et al.*, 2001). Para el caso del presente trabajo existe una diferencia notable entre cada temporada de muestreo pues las lluvias representan el 80.02% de la colecta total y la temporada de fríos solo el 18.66%, esto respaldado por una prueba de chi-cuadrada, que muestra una relación entre las variables. Burkett, et al. (2008) encontraron posterior a cinco meses de muestreo que mientras la estacionalidad cambia, las modificaciones en las abundancias son evidentes principalmente en aquellas especies que se colectaban en mayor número, y que ciertos eventos de precipitación, se relacionaban con altos picos en las abundancias de las especies, por aproximadamente un mes posterior a la lluvia. Por otra parte, la degradación del ambiente promueve la proliferación de ciertas especies de mosquito, pues pueden desarrollarse en áreas suburbanas mostrando una tendencia a domiciliarse y habilidad para transmitir patógenos de humanos y animales (Forattini *et al.*, 1993).

En el caso de la colonia San Juan flor del Bosque (zona urbana) y el parque estatal Flor del Bosque (zona conservada), presentaron diferencias en cuanto a la abundancia del grupo pues representan el 30.68% y 69.31% respectivamente del total de la colecta, lo cual posterior a la prueba de chi-cuadrado muestra que la abundancia de especies está relacionada con el tipo de ambiente. Esto concuerda con Ribeiro *et al.*, (2012) encontraron, ciertas áreas de Brasil una mayor abundancia en los sitios conservados posterior a un año de muestreos, pues el 73.5% de su colecta representa a las zonas silvestres y el 25.5% a la urbana. Sin embargo la riqueza de la familia los autores encontraron un total de 71 especies en la zona urbana y para la silvestre un total de 68. Lo cual contrasta con el resultado del presente trabajo pues se encontraron 9 y 8 especies en la zona silvestre y urbana respectivamente, para las cuales no existe una relación entre el número de especies y la zona de muestreo, según la prueba de chi-cuadrada

aplicada. Aunque las diferencias en cuanto a riqueza específica son mínimas en ambos casos, se concuerda con que, la composición de ambas zonas en ambos trabajos es muy parecida debido posiblemente a que la distancia entre zonas es muy poca y permite un alto recambio de especies, las cuales puedan adaptarse a distintos ambientes debido a la plasticidad que cada una posee.

Los índices de diversidad alfa mostraron que tanto los índices de Shannon como Simpson presentaron los valores más altos de diversidad para la temporada de Lluvias en el parque estatal Flor del Bosque (1.024 y 0.569 respectivamente). Correa et al. (2014), posterior a un año de estudio y cuatro sitios de muestreo con distinta composición entre cada uno, documenta que el sitio más conservado es el que presenta el valor más alto de diversidad, en comparación con aquellos que poseen cierto grado de degradación por actividad humana. Para este estudio se explica que los valores de diversidad obtenidos en esta zona, son debido a que existe poca fragmentación en el bosque de encino, junto con la temporada de lluvias que es un factor determinante pues ofrece un gran número de criaderos para estos organismos.

Y aunque los valores de riqueza son los mismos para la temporada de lluvias en San Juan Flor del bosque con ocho especies cada zona, el valor de dominancia es distinto pues la comunidad de mosquitos en la zona urbana está altamente dominada por la especie *Cx. salinarius*. Esto provoca que los valores de los índices de diversidad principalmente los que están influenciados por la dominancia de las especies difieran entre sí (Moreno, 2001).

Sin embargo, la comunidad que presenta el valor más alto de dominancia es la de la zona conservada en temporada de secas (0.841), también dominada por *Cx. salinarius* (91.54%). Lo cual produce también que esta alta dominancia genere en esta zona el valor más pequeño de diversidad para Shannon y Simpson (0.362 y 0.158), que coincide también con Correa et al. (2014) que reportan que si la diversidad disminuye, la dominancia aumenta.

Abella-Medrano et al. (2015), reportaron la riqueza de especies así como su abundancia, la estructura y la composición de las comunidades de mosquito presentes en diferentes ambientes por el uso de suelo en Veracruz. También

registraron como las comunidades se modifican a lo largo de tres temporadas del año. El trabajo reporta la riqueza de especies más alta para la temporada de secas, en segundo lugar la temporada de fríos y por último la temporada de lluvias, lo cual contrasta con el presente estudio. Pero la riqueza no está relacionada con la abundancia puesto que las lluvias son la temporada con más mosquitos colectados, seguido por secas y fríos.

Al igual que este trabajo, el artículo reporta una alta equitatividad durante la temporada de secas, y para la temporada de lluvias presenta comunidades altamente dominadas por especies que aprovechan los sitios de crianza disponibles. En ambos trabajos se puede notar que el cambio del uso del suelo y la temporalidad influyen en la estructura de las comunidades de mosquito, en particular en términos de abundancia

- **Diversidad Beta**

En cuanto a la diversidad beta el índice de similitud de Jaccard, tuvo su valor más alto, en la zona urbana cuando se compararon las temporadas de fríos y secas (100%) pues la composición de especies es la misma.

En segundo lugar (60%) cuando se compararon ambas zonas de estudio durante la temporada de lluvias. Esto quiere decir que el intercambio de especies en esta temporada es mayor pues existen seis especies comunes entre sitios. Se explica esta similitud debido a que durante la temporada de lluvias, la cantidad de criaderos en ambas zonas es abundante en ambos sitios, los cuales pueden ser aprovechados por una gran cantidad de especies (Durden & Mullen, 2002).

Las comunidades de mosquito presentes en las temporadas y zonas son distintas, cuando se calculó el valor de beta, el cual permite saber cuan separadas están estas, el valor más alto de beta (1.5) fue cuando se compararon las dos temporadas de la zona conservada (8 especies para lluvias y 4 especies para secas), de esta comparación se pueden reconocer una comunidad y media, al contrario del valor más bajo es cuando se compararon las temporadas de fríos y secas dentro de la zona urbana (1) debido a que la composición es especies no cambia.

El grado de remplazo de especies entre comunidades, mostro el valor más alto cuando se comparó la temporada de fríos en ambas zonas (2), debido a que en ambas zonas de estudio y durante fríos se encontró la menor cantidad de especies (4 silvestres y 3 urbanas), de las cuales existen 2 especies comunes para las comunidades puestas a prueba, las cuales son las especies dominantes en ambos muestreos *Cx. salinarius* y *Cx. stigmatosoma*. Y el valor más bajo según el índice de Whittaker lo tiene la comparación de la temporada de secas y fríos dentro de la zona urbana (0) pues en esta no existe un recambio de especies. Y cuando son comparadas las dos zonas de estudio durante la temporada de lluvias (1.428), siendo estas dos comunidades las que presentan mayor riqueza de especies (8 cada zona) y menor dominancia.

Bueno Marí & Jiménez-Peydró (2011), realizaron un estudio de diversidad en cinco regiones de España caracterizadas de acuerdo a sus patrones de temperatura y precipitación, calcularon la diversidad beta utilizando los índices de Jaccard y Whittaker. Al comparar entre sitios, para el índice de similitud se obtuvieron los valores más altos cuando se compararon dos regiones muy parecidas en cuanto a sus niveles de precipitación (71%), lo cual ocurre de la misma forma en el presente estudio cuando se comparan los dos sitios en la temporadas de lluvias y se obtuvo un valor de 60% para el índice de Jaccard.

Por otro lado cuando se calculó el grado de recambio de especies los autores encontraron el valor más alto (1.47) al comparar dos regiones una caracterizada por ser un clima seco mediterráneo y la otra es la región más fría y húmeda en el estudio ya mencionado. Dentro de nuestro estudio el valor más alto de recambio de especies se da cuando se compararon ambas zonas dentro de la temporada de fríos (2) ya que las especies que perduran a esta temporada son las más dominantes las cuales pueden mantenerse en ambos sitios, aprovechando los recursos y desplazando a aquellas que no soportan los cambios.

- **Curvas de acumulación y esfuerzos de muestreo**

En general para cada muestreo realizado se obtuvieron valores mayores al 85% cuando se calculó la eficiencia de muestreo, incluso en cuatro de los cinco

muestreos arrojan el 100% de efectividad para los muestreos, lo cual predeciría que no hacen falta especies por ser encontradas, solo en la zona conservada durante la temporada de lluvias tiene un valor de 85.10% de eficiencia según el estimador Chao 1, por lo cual predice que hace falta una especie por ser encontrada en esta zona y esta temporada.

Las curvas de acumulación de especies son una herramienta importante cuando se estudia la biodiversidad (Moreno y Halffter, 2000), debido a la simplicidad metodológica y robustez que tienen sirven para valorar la calidad de los inventarios biológicos, en el caso del presente estudio dan confiabilidad al trabajo realizado en campo debido a la predicción que se obtuvo, a pesar de que la cantidad de microambientes en los que se pueden encontrar a los mosquitos es alta, así como su dispersión según la ecología de cada especie.

Con un poco de esfuerzo adicional en el análisis de los datos de campo, los inventarios mejoran sensiblemente tanto en su validez científica, así como en su utilidad para el estudio y conservación de la biodiversidad (Jiménez & Hortal, 2003).

- **Especies reportadas y su ecología**

***Culex coronator* (Dyar & Knab, 1906)**

La especie ya está reportada para el estado de Puebla por Ibáñez-Bernal (1996), solo se encontraron dos individuos durante la temporada de lluvias, lo cual lo ubica al final de cada estructura de la comunidad en la que está presente. Debido al escaso número de individuos de la especie los valores de temperatura en los que fue encontrado fueron de 19 y 23°C y la humedad relativa registrados fueron 50 y 70%, siendo estos rangos amplios en los que la especie puede ser encontrada. Considerado como la especie más común en México y Centroamérica, debido a su amplia distribución, lo cual podría tener implicaciones importantes en la transmisión de arbovirus en áreas donde ocurren recientemente, puesto que se puede desarrollar en una diversa gama de cuerpos de agua (Gray *et al.*, 2008).

Es una especie con cierta preferencia hacia los mamíferos y ocasionalmente hacia las aves, virus como el de la encefalitis equina venezolana y la encefalitis de San Luis han sido aisladas de hembras de *Cx. coronator* (Gray *et al.*, 2008). Además de causar encefalomielitis y meningitis en equinos (Villanueva & *et al.*, 2006), lo cual también le da un alto valor de importancia veterinaria.

***Culex salinarius* (Coquillett, 1904)**

Para el centro del estado donde fue realizado el estudio resulto ser la especie dominante en tres de los cinco muestreos realizados, solo para los casos de la temporada de fríos y secas en la zona urbana ocupó el segundo lugar después de *Cx. stigmatosoma*. Ya que fue la especie más abundante y estuvo presente en todos los muestreos realizados los valores de temperatura y humedad relativa presentan rangos bastante amplios en los que los organismos fueron encontrados. Para el caso de la temperatura la especie se encuentra entre los valores de 15 – 25°C, y para el caso de la HR los rangos de 25 – 73%. Estos rangos tan amplios explican por qué *Cx. salinarius* está presente en ambas temporadas del año y tal vez durante todo el año, siempre y cuando existan sitios de crianza que puedan ser aprovechados, ya que se desarrollan exitosamente tanto en ambientes silvestres como antropizados. En muchas partes de la mitad del este de Estados Unidos es considerado una plaga (Janousek, 2006)

Se alimenta de aves y mamíferos, además de ser un importante y eficiente transmisor del virus del oeste del Nilo, así como la encefalitis de San Luis y la encefalitis equina del este (MMCA, 2002). En un trabajo realizado en Nueva York, Molaei *et al.* (2006) identifican diez especies de mamíferos y trece especies de aves reservorios de *Cx. salinarius*, algunas son aves migratorias lo cual resalta la importancia del conocimiento de la especie y la epidemiología que esta puede causar en la relación ave- *Cx. salinarius* – mamífero, si alguno de esta triada está infectado con algún virus ya mencionado.

***Culex stigmatosoma* (Dyar, 1907)**

La especie estaba reportada dentro del estado por los tres autores tomados como referencias Vargas (1956), Ibáñez-Bernal (1996), Muñoz-Cabrera *et al.*, (2006). En el presente trabajo se encontró que esta especie es resistente a los cambios de temporada y cambios de ambiente pues está presente en los cinco muestreos, al igual que *Cx. salinarius*, en la temporada de secas y fríos dentro de la zona urbana resulta ser la especie dominante. En cuanto a los rangos de temperatura en los que se encontró la especie van de los 12 – 24°C, mientras que para la humedad relativa el rango es de 25 – 70%, lo cual nos muestra que esta especie es encontrada en rangos muy amplios de temperatura y humedad, permitiendo que mientras existan criaderos disponibles el éxito de la descendencia es alto, en ambos ambientes.

Se distribuye ampliamente desde el oeste de Estados Unidos, México, Centroamérica y el norte de América del Sur. La cantidad de lugares donde lleva a cabo la crianza son números, pues coloniza tanto aguas contaminadas como cuerpos de agua limpios, encontrada comúnmente en zonas silvestres y peridomiciliarias (Ortega *et al.*, 2011).

Las aves son los principales hospederos de esta especie, aunque también conocida por alimentarse de sangre humana (Ortega *et al.*, 2011). Es ampliamente conocido por ser vector de enfermedades como virus del oeste del Nilo y la encefalitis de San Luis, y un factor importante en la resistencia de esta especie es que sus huevos son capaces de entrar en diapausa durante el invierno, hasta que las condiciones sean las óptimas para su desarrollo (Reisen, 2012).

***Culex tarsalis* (Coquillett, 1902)**

Solo siete individuos fueron colectados en total, dentro del estudio fue una especie particular para la zona conservada y la temporada de secas. La temperatura a la que se encontraron estos organismos es de 15 a 17°C, y la humedad relativa va de 59 al 62%. La distribución de esta especie va desde Canadá hasta México y es reportado como un eficaz vector del virus del oeste del Nilo, así como en

diferentes áreas vector primario de encefalomiелitis equina del oeste y encefalitis de San Luis (Reisen, 2006), tienen preferencia alimenticia hacia las aves y mamíferos.

En Colorado EUA: esta especie tiene preferencia por las aves si están presentes y cuando las temporadas cambian y las aves migran modifican sus hábitos y se alimentan de mamíferos, conducta interesante desde el punto de vista epidemiológico pues la presencia de aves en ciertos meses del año está relacionado con la abundancia y frecuencia con la que *Cx. tarsalis* se alimenta de su sangre (Kent, 2009).

***Culiseta particeps* (Adams, 1903)**

No se tenían registros de *C. particeps* dentro del estado de Puebla, de acuerdo a la literatura revisada. En el estudio se encontró en todos los muestreos realizados excepto durante la temporada de secas en la zona urbana. Se encontraron pocos individuos de esta especie por lo cual está en los últimos lugares dentro de la estructura de las diferentes comunidades. Los datos de temperatura registrados en esta especie van de 15 a 19°C mientras que la humedad relativa registra valores de 25 a 65%, es contrastante el amplio rango que existe entre la humedad relativa y lo poco que es la temperatura, probablemente a las condiciones que los días del muestro presentaron.

Es una especie con distribución desde Alaska hasta Centroamérica (Schreiber, 1989), y aunque no es reportada para el estado de Puebla, Muñoz-Cabrera, et al. (2006) la encontraron en el estado de Tlaxcala el cual está a una distancia estrecha entre ambos estados, que podría permitir el desplazamiento de la especie fácilmente. Ha sido reportado por alimentarse de animales domésticos, ocasionalmente el humano sufre ataques por parte de esta especie, y no es considerada como especie plaga o vector de alguna enfermedad hasta el momento (Maslov, 1989, Schreiber, 1989).

***Georgecraigius atropalpus* (Coquillett, 1902)**

Es una especie no registrada para el estado de Puebla, aunque es discutido por el parecido que existe con *Gc. epactius*, Muñoz-Cabrera *et al.* (2006), mencionan que todos los registros identificados como *Gc. atropalpus*, en realidad son registros de *Gc. epactius*, pues *Gc. atropalpus* se encuentra a latitudes distintas (al norte de Estados Unidos, sitio donde ya no se encuentra *Gc. epactius*), sin embargo posterior a la identificación por medio de la genitalia de los machos las claves de Carpenter & La Casse (1955) ubican a esta especie como *Gc. atropalpus*.

En el estudio la especie es exclusiva de la zona urbana encontrándose en las tres temporadas, sin embargo fueron escasos los individuos colectados. El registro de la temperatura al capturar los organismos fue entre 11 y 24°C, mientras que la humedad relativa en el rango de 60% - 70%. Se distribuye en Canadá y Estados Unidos, se alimenta de mamíferos y es un vector importante del virus del oeste del Nilo (Zavortink, 1972). Es conocido también que los huevos de esta especie son resistentes a la desecación, los cuales continúan con su desarrollo posterior a que las condiciones son las óptimas (Juliano & Lounibos, 2005) por lo cual se explicaría que está en ambas temporadas sin importar los valores de precipitación.

***Howardina guerrero* (Berlin, 1969) y *Howardina quadrivittatus* (Coquillett, 1902)**

El género *Howardina* no se encontraba registrado para el estado de Puebla. Durante el presente trabajo se identificaron *H. guerrero* y *H. quadrivittatus*, las cuales son exclusivas de una sola temporada (lluvias) y un solo ambiente (conservado). Ya que se encontraron dentro de la misma comunidad, *H. quadrivittatus* se encuentra en el segundo lugar de dominancia y *H. guerrero* en el cuarto. El valor de temperatura registrado en *H. guerrero* es de 19°C y para la humedad relativa se registraron los valores entre 58-67%. Mientras que para *H. quadrivittatus* la temperatura tiene unos valores entre 23-25°C y la humedad relativa presenta un rango amplio que va desde 40 hasta 67%.

En general las especies del genero *Howardina* encuentran una gran cantidad de sitios de crianza en las zonas silvestres (trozos de bambú, huecos de árboles y piedras, axilas de plantas, brácteas de heliconas). Berlin (1969) reporta una sección nombrada *Sexlineatus*, a la cual pertenecen estas dos especies encontradas en la zona silvestre, esta sección es conocida por elegir como sitios de crianza las axilas de las bromelias epifitas. El bosque de encino en el parque “Flor del Bosque”, posee una alta abundancia de bromelias epifitas, y llegada la temporada de lluvias son criaderos que estas especies aprovechan para su reproducción, esto explica porque son tan específicas, según el presente estudio.

H. guerrero se distribuye a la largo de la Sierra Madre del Sur en México, sobre los 2100 metros sobre el nivel del mar, mientras que *H. quadrivittatus* se distribuye desde la parte sur de la Sierra Madre Oriental y la parte Este de la Sierra Madre del Sur, hasta Guatemala y Honduras (Berlin, 1969). *H. quadrivittatus* es fácilmente atraída por cebo humano dentro de los bosques en los que se encuentra, sin embargo estas especies son asociadas a otros hospederos naturales que comparten los mismos ecosistemas (Carpenter & La Casse, 1955). La transmisión de enfermedades a través de especies que pertenecen a este género es poco conocida, sin embargo se han aislado virus como el de la fiebre amarilla selvática el cual es capaz de mantenerse dentro del mosquito, sin en cambio no es capaz de ser transmitido picadura (Davis & Shannon, 1931). Bates (1949) menciona que la transmisión de este virus en especies de este género se puede dar si el periodo de incubación es prolongado y con temperaturas favorables.

***Ochlerotatus trivittatus* (Coquillett, 1902)**

Para Puebla, esta es una especie ya reportada por Ibáñez-Bernal (1995). Dentro del estudio fue encontrada tanto en la zona urbana como en la silvestre, pero es exclusiva de la temporada de lluvias, y es la única especie de todo el estudio que solo fue colectada mediante cebo humano, pues ningún individuo fue colectado en las trampas CDC. La temperatura a la que esta especie fue colectado, posada o picando al individuo fue de 18-25°C, y la humedad relativa de 43-70%. Es una especie ampliamente distribuida en Estados Unidos, México y Panamá. El número

de nidadas depende de los patrones de precipitación y temperatura estacional del año (Pinger, 1974). Sus preferencias alimenticias son diversas, Pinger (1974) en Iowa encontró que se alimenta de aves, reptiles y mamíferos, dentro de estos últimos su preferencia es hacia los lagomorfos. Conocido por ser importante vector de enfermedades como encefalomielitis equina del oeste y enfermedad de La Crosse, en los últimos años se han aislado virus de la enfermedad conocida como Jamestown Canyon y Dog Heartworm (MMCA, 2002).

Cx. sp1 y Ae. sp1

Se encontraron dos morfo especies distintas a las diez ya identificadas, por el número de individuos y la calidad de estos no fue posible, categorizarlos hasta nivel específico, estas especies están ubicados al fondo de la estructura de la comunidad en las cuales fueron encontrados, así que solo fueron registrados y reportados los intervalos de temperatura y humedad relativa. Para la morfo especie perteneciente al género *Culex* los valores de temperatura son de 19 a 21°C mientras que la humedad relativa tiene valores de 25-40%. La que pertenece al género *Aedes* tiene valores de 17–19°C y 59-69%, en la temperatura y humedad relativa respectivamente.

CONCLUSIONES

Para la zona centro del estado de Puebla, el ensamble de especies es alto debido a la gran similitud de especies que existen entre ambas zonas de estudio. En total nueve especies fueron encontradas en la zona conservada y ocho en la zona urbana, dentro de estas se identificaron especies exclusivas para cada ambiente, dentro del conservado *Cx. coronator*, *H. quadrivittatus* y *H. guerrero* son específicas de la zona conservada, las específicas en la zona urbana son *Ae. sp1* y *Gc. atropalpus*. Así como especies resistentes al cambio de estación y ambiente pues están presentes en todos los muestreos *Cx. salinarius* y *Cx. stigmatosoma*.

Estadísticamente los índices de diversidad de Shannon y Simpson de la temporada de lluvias y temporada de fríos dentro de la zona conservada mostraron tener diferencias significativas. Así como existen diferencias cuando se comparan las tres temporadas de muestreo dentro de la zona urbana.

Cx. coronator, *Cx. salinarius*, *Cx. stigmatosoma*, *Cx. tarsalis*, *Gc. atropalpus* y *Oc. trivittatus*, son especies reportadas como importantes vectores de un gran número de enfermedades. Lo cual representa un riesgo a las zonas de estudio debido que el parque estatal de Flor del Bosque sirve como sitios de descanso para aves migratorias, y la mayoría de las especies de mosquito vectores presentan conducta ornitofilica. Sabiendo que la distancia entre los dos puntos es poca y la distancia con respecto a la ciudad de Puebla, es mínima, la presencia de organismos infectados es un riesgo epidemiológico desatendido.

Veintiséis eran las especies reportadas para el estado de Puebla, antes del presente estudio. Posterior a este, cuatro nuevos registros se portan para el estado de Puebla lo cual aumenta a la riqueza del estado a un total de treinta especies, así es como el aporte de este trabajo representa el 13.33% de la riqueza total conocida.

BIBLIOGRAFÍA

- 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. *Parasites & Vectors*, 8(1), 487.
- Aguino, M. (2015). Mamíferos silvestres del parque estatal general Lázaro Cárdenas Flor del Bosque Puebla México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Bates, M. (1949). *The Natural History of Mosquitoes*. New York, United States Mac Millian Company.
- Beltrán-Aguilar, A., Ibáñez-Bernal, S., Mendoza - Palmero, F., Sandoval-Ruiz, C. A., & Hernández-Xoliot, R. (2011). Taxonomía y distribución de los anofelinos en el estado de Veracruz. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 27(3), 601–755.
- Berlin, O. G. W. (1969). A revision of the Neotropical subgenus *Howardina* of *Aedes*. *Contributions of the American Entomological Institute*, 4(2), 1-189.
- Bond, J. G., Casas-Martínez, M., Quiroz-Martínez, H., Novelo-Gutiérrez, R., Marina, C. F., Ulloa, A., Williams, T. (2014). Diversity of mosquitoes and the aquatic insects associated with their oviposition sites along the Pacific coast of Mexico. *Parasites & Vectors*, 7(41), 1–19.
- Brouqui, P. (2011). Arthropod-borne diseases associated with political and social disorder. *Annual Review of Entomology*, (56), 357–74.
- Bueno Marí, R. & Jiménez-Peydró, R. (2011). Differences in mosquito (Diptera: Culicidae) biodiversity across varying climates and land-use categories in Eastern Spain. *Entomologica Fennica* (22) 190–198.
- Burkett- Cadena, N. D., Eubanks, M. D., & Unnasch, T. R. (2008). Preference of female mosquitoes for natural and artificial resting sites. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 24(2), 228–235.
- Calderón-Patrón J. M., Moreno, C. E., & Zuria, I. (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3), 879–891.

- Caminade, C., Kovats, S., Rocklov, J., Tompkins, A. M., Morse, A. P., Colón-González, F. J. & Lloyd, S. J. (2014). Impact of climate change on global malaria distribution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3286–91.
- Carpenter, S. J. & La Casse, W.J. (1955). *Mosquitoes of North America (North of Mexico)*: Berkeley, CA. University of California Press.
- Clements, A. N. (1992). *The Biology of Mosquitoes. Vol. 1. Development, Nutrition and Reproduction*. Michigan University: Chapman & Hall.
- Colwell, R. K. & Coddington, J. A. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 345(1311), 101–118.
- Correa, F. F., Gleiser, R. M., Leite, P. J., Fagundes, E., Gil-Santana, H. R., Mello, C. F., Alencar, J. (2014). Mosquito communities in Nova Iguaçu Natural Park, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 30(2), 83 – 90.
- Darsie, R. & Ward, R. (2005). *Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, north of Mexico*. Gainesville: University Press of Florida.
- Davis, N. C. & Shannon, R. C. (1931). Further attempts to transmit yellow fever with mosquitoes of South America. *American Journal of Hygiene*, 14, 715 - 722.
- Durden, L., & Mullen, G. (2002). Introduction. En Durden, L., & Mullen, G. (Eds.) *Medical and Veterinary Entomology*. (pp. 1-8). Estados Unidos: Academic Press.
- Forattini, O. P., Kakitani, I., Massad, E. & Marucci, D. (1993). Studies on mosquitoes (Diptera: Culicidae) and anthropic environment. 2 - Immature stages research at a rice irrigation system location in South- Eastern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 27(4), 227–236.
- Foster, W. A., & Walker, E. D. (2002). Mosquitoes (Culicidae). En Durden, L., & Mullen, G. (Eds.), *Medical and Veterinary Entomology* (pp. 204–256). Estados Unidos: Academic Press.

- Gaffigan, T.V., R. C. Wilkerson, J.E. Pecor, J. A. Stoffer & T. Anderson. (2011). Systematic catalog of Culicidae. The Walter Reed Byosistematic Unit. <http://www.mosquitocatalog.org>; última consulta:26/05/15.
- Githeko, A. K., Lindsay, S. W., Confalonieri, U. E. & Patz, J. A. (2001). El cambio climático y las enfermedades transmitidas por vectores: un análisis regional. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1136–1147.
- Gray, K. M., Burkett-Cadena, N. D. & Eubanks, M. D. (2008). Distribution expansion of *Culex coronator* in Alabama. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 24(4), 585–587.
- Gubler, D. J. (1998). Resurgent vector-borne diseases as a global health problem. *Emerging Infectious Diseases*, 4(3), 442–50.
- Harbach R.E. (2013). Culicidae (Diptera). Mosquito Taxonomic Inventory. <http://mosquito-taxonomic-inventory.info/valid-species-list>. última consulta: 26/05/15.
- Hoffmann, A. (1988). *Animales desconocidos*. México: SEP.
- Ibáñez-Bernal, S. & Martínez-Campos, C. (1994) Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana (Diptera: Culicidae). *Folia Entomológica Mexicana*. 92, 43-73.
- Ibáñez - Bernal, S., D. Strickman & C. Martínez-Campos, (1995). Los mosquitos Culicidae (Diptera) de México. *En: Llorente-Bousquets, J., García Aldrete, A. N. & Gonzáles Soriano, E. (eds.). Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*. CONABIO-IBUNAM, México.
- James, A. A. & Rossignol, P. (1991). Mosquito salivary glands: Parasitological and Molecular aspects. *Parasitology Today*, 7(10), 267–271.
- Janousek, T. E. & Olson, J. K. (2006). Seasonal variations in activity and size of adult females and local distribution of larvae for populations of *Culex salinarius* in the upper coastal zone of southeastern Texas. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(1), 47–53.

- Jiménez-Valverde, A. & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8, 151–161.
- Juliano, S. A. & Lounibos, L. P. (2005). Ecology of invasive mosquitoes: effects on resident species and on human health. *Ecology Letters*, 8(5), 558–574.
- Kent, R., Juliusson, L., Weissmann, M., Evans, S. & Komar, N. (2007). Seasonal blood-feeding behavior of *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae) in Weld County, Colorado, 2007. *Journal of Medical Entomology*, 46(2), 380–390.
- Lindsay, S. W. & Birley, M. H. (1996). Climate change and malaria transmission. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*. 90, 573-588.
- Loetti, V., Burrioni, N. & Vezzani, D. (2007). Seasonal and daily activity patterns of human-biting mosquitoes in a wetland system in Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 32(2), 358–365.
- Lounibos, L.P. (2002). Invasions by insect vectors of human disease. *Annual Review of Entomology*, 47, 233 – 266.
- Maharaj, R. (2003). Life table characteristics of *Anopheles arabiensis* (Diptera: Culicidae) under simulated seasonal conditions. *Journal of Medical Entomology*, 40(6), 737–742.
- Maslov, A. V. (1989). *Blood-sucking Mosquitoes of the Subtribe Culisetina (Diptera, Culicidae) in World Fauna*. Delhi, India: Model Press.
- Mendoza-Palmero, F. (2007). Diversidad y hábitats acuáticos de mosquitos (Diptera: Culicidae) en la región central de Veracruz, México. Tesis de doctorado. Instituto de Ecología A.C., México.
- Michigan Mosquito Control Association. (Eds.). (2002). *Michigan Mosquito Manual* Michigan, United States: Michigan Department of Agriculture.
- Molaei, G., Andreadis, T. G., Armstrong, P. M., Anderson, J. F. & Vossbrinck, C. R. (2006). Host feeding patterns of *Culex* mosquitoes and West Nile virus Transmission, Northeastern United States. *Emerging Infectious Diseases*, 12(3), 468–74.

- Moncada-Álvarez, L. I., Salazar-Terreros, M. J. & López-Páez, M. C. (2011). Alergia en el humano inducida por la saliva de insectos de la familia *Culicidae*. *Revista Facultad de Medicina Colombia*, 59 (2), 133–148.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T- Manuales y Tesis SEA, vol1. (pp. 84). Zaragoza, España: GORFI, S.A.
- Moreno, C. E. & Halffter, G. (2000). Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37(1), 149–158.
- Muñoz-Cabrera, L. O., Ibáñez-Bernal, S., & Corona-Vargas, M. del C. (2006). Los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. I: Lista comentada de especies. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 223–271.
- Ortega-Morales, A. I., Mis-Ávila, P., Elizondo-Quiroga, A., Harbach, R. E., Siller-Rodríguez, Q. K., & Fernández-Salas, I. (2010). The mosquitoes of Quintana Roo state, México (Diptera: Culicidae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 7(10), 33–46.
- Pinger, R. R. J. (1974). Vector-host associations of *Aedes trivittatus* and their importance to the natural history of trivittatus virus in Iowa: Iowa State University Ames, Iowa.
- Pires, D. A., & Gleiser, R. M. (2010). Mosquito fauna inhabiting water bodies in the urban environment of Córdoba city, Argentina, following a St. Louis encephalitis outbreak. *Journal of Vector Ecology*, 35(2), 401–9.
- Reinbold-Wasson, D. D., Sardelis, M. R., Jones, J. W., Watts, D. M., Fernandez, R., Carbajal, F. & Turell, M. J. (2012). Determinants of *Anopheles* seasonal distribution patterns across a forest to periurban gradient near Iquitos, Peru. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 86(3), 459–463.
- Reisen, W. K. (2012). The contrasting bionomics of *Culex* mosquitoes in Western North America. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 28(4), 82–91.
- Reisen, W. K., Fang, Y. & Martinez, V. M. (2006). Effects of temperature on the transmission of West Nile virus by *Culex tarsalis* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 43(2), 309–317.

- Reiter, P. (2001). Climate change and mosquito-borne disease. *Environmental Health Perspectives*, 109(1), 141–161.
- Reyes Villanueva, F., Barrientos, L., & Rodríguez Pérez, M. A. (2006). Patrón de alimentación de mosquitos (Diptera: Culicidae) transmisores del virus del Oeste del Nilo, recolectados sobre caballos y humanos en el norte de México. *Veterinaria México*, 37(4), 407–415.
- Ribeiro, A. F., Urbinatti, P. R., Ribeiro de Castro Duarte, A. M., Bicudo de Paula, M., Mendes Pereira, D., Mucci Filipe, L., dos Santos Malafronte, R. (2012). Mosquitoes in degraded and preserved areas of the atlantic forest and potential for vector-borne disease risk in the municipality of São Paulo, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 37(2), 316–324.
- Rozendaal, J. A. (1998). *Vector control. Methods for use by individuals and communities*. World Health Organization.
- Rueda, L. M., Patel, K. J., Axtell, R. C. & Stinner, R. E. (1990). Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*, 27(5), 892–898.
- Schreiber, E. T., Chaney, J. D., Mulla, M. S. & Walton, W. E. (1989). Bionomics of *Culiseta particeps* in southern California. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 5(3), 434–435.
- Service, M. W. (2004). *Medical Entomology for students. Third Edition*. UK: Cambridge University Press.
- Silver, J. B. (2008). *Mosquito Ecology. Field Sampling Methods. Third Edition*. USA: Springer.
- Thielman, A. C., & Hunter, F. F. (2007). A photographic key to the adult female mosquitoes species of Canada (Diptera: Culicidae). *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 4(4), 116.
- Vargas, L. (1956). Especies y distribución de mosquitos mexicanos no anofelinos (Insecta Diptera). *Revista del instituto de salubridad y enfermedades tropicales*, 16 (1), 19 – 36.

- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., & Umaña, A. M. (2004). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En: Villa Claudia (Ed.), *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. (pp. 185-197). Bogotá, Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Zavortink, T. J. (1972). The New World species formerly placed in *Aedes* (*Finlaya*). *Contributions of the American Entomological Institute*, 8(3), 206.