

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Posgrados**

**Abundancia y comportamiento alimenticio de *Culex*  
*quinquefasciatus* Say 1823 (Diptera: Culicidae) en la costa norte  
de Ecuador.**

**Edison Javier Ligña Cachago.**

**PhD Renato León**

**Director de Trabajo de Titulación**

Trabajo de titulación de posgrado presentado como requisito para la obtención del  
título de Master de Microbiología

Quito, 08 de junio del 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

COLEGIO DE POSGRADOS

**HOJA DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Abundancia y comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus***

**Say 1823 (Diptera:Culicidae) en la costa norte de Ecuador.**

**Edison Javier Ligña Cachago**

Firmas

Renato León, PhD

Director del Trabajo de Titulación

---

Paúl Cárdenas, PhD

Miembro del Comité de Tesis

---

Lenin Vinueza, M. Sc.

Miembro del Comité de Tesis

---

Hugo Burgos, Ph.D.,

Decano del Colegio de Posgrados

---

**Quito, 08 de Junio de 2018**

**© Derechos de Autor**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

---

Nombre:

Edison Javier Ligña Cachago

---

Código de estudiante:

00126927

---

C. I.:

1717742728

---

Lugar, Fecha

Quito, 08 de Junio de 2018

---

## DEDICATORIA

A mis padres, mi esposa y a mi hijo, *por su apoyo incondicional durante este proceso,*  
por el valor impartido para luchar y por su amor.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Renato León, por brindar sus conocimientos, por sus aportes a este trabajo y a mi formación profesional.

Al todas las personas que fueron parte del estudio científico-técnico por su aporte en este trabajo, principalmente a Leonardo Ortega quien fue el eje principal dentro del estudio, además a Mauro Pazmiño y Andrés Carrasco quienes colaboraron inmensamente al desarrollo de este trabajo de titulación.

## ARTÍCULO CIENTÍFICO:

### **Abundancia y comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera: Culicidae) en la costa norte de Ecuador.**

#### **RESUMEN**

*Culex quinquefasciatus* es un mosquito de distribución cosmopolita y una de las especies más abundantes en varias regiones tropicales; está evidentemente asociado a áreas urbanas y semiurbanas densamente pobladas, y ha sido catalogado como un potencial vector de varios patógenos que incluyen a arbovirus y parásitos, además de ser por sus picaduras, una significativa molestia tanto intra como peri domiciliaria para la población humana. El presente estudio consistió en analizar el comportamiento de *Culex quinquefasciatus*, mediante factores que podrían impulsar su abundancia, su comportamiento alimentario, y su asociación con otro mosquito: *Aedes aegypti*. Los mosquitos fueron colectados en dos provincias de la costa ecuatoriana: Esmeraldas y Manabí, en zonas urbanas y rurales, durante 4 meses en 2016 y 2017. La extracción de ADN fue realizada de mosquitos con un score de Sella (II-IV), y posteriormente sometido a PCR mediante cebadores específicos de vertebrados (gen mitocondrial Cyt-B), los productos de PCR secuenciados y debidamente analizados. Los resultados de este estudio evidencian que los especímenes analizados se alimentaron de *Gallus gallus* (54,4%), *Homo sapiens* (42%) y un mínimo porcentaje se encontró con sangre mezclada (3,7%) y sugieren que el comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus* es más bien oportunista y depende de la disponibilidad de organismos cercanos que puedan servir de fuentes de sangre y de varios factores ambientales. Además, se encontró que la abundancia de mosquitos es afectada por la localización en el domicilio, la presencia de contenedores externos de agua, y la época de recolección. Estos análisis se generaron mediante la aplicación de Modelos Mixtos Lineales Generalizados y Modelos lineales generalizados mediante generación de modelos estadísticos seleccionando desde el más complejo al más simple usando la Prueba de Razón de Verosimilitud.

**Palabras clave:** *Culex quinquefasciatus*, comportamiento alimenticio, abundancia, urbano, rural, costa ecuatoriana.

## ABSTRACT

*Culex quinquefasciatus* is a mosquito of cosmopolitan distribution and one of the most abundant species in several tropical regions; It is evidently associated with densely populated urban and semi-urban areas, and has been classified as a potential vector of several pathogens that include arboviruses and parasites, as well as being a significant nuisance due to the mosquito bites especially inside the houses and a discomfort for the human population. The present study consisted of an analysis of the behavior of *Culex quinquefasciatus*, through factors that can cause its abundance, its feeding behavior, and its association with another mosquito: *Aedes aegypti*. The mosquitoes were collected in two provinces of the Ecuadorian coast: Esmeraldas and Manabí, in urban and rural areas, for 4 months in 2016 and 2017. The DNA extraction was performed from mosquitoes with a Sella score (II-IV), and subsequently amplified through PCR using specific vertebrate primers (mitochondrial Cyt-B gene). The PCR products were sequenced and analyzed through different softwares. The results of this study showed that the collected specimens fed from *Gallus gallus* (54.4%), *Homo sapiens* (42%) and a minimum percentage were found with mixed blood (3.7%) *Culex quinquefasciatus* is rather opportunistic and it depends on the availability of organisms that can serve as sources of blood for its feeding and on various environmental factors. In addition, it was found that the abundance of mosquitoes was affected by the home location, the presence of water containers in the outdoors, and the time of collection. These analyzes were generated by the application of generalized linear models and generalized linear models by generating statistical models, selecting from the most complex to the simplest using the Likelihood Ratio Test.

**Keywords:** *Culex quinquefasciatus*, feeding behavior, abundance, urban, rural, Ecuadorian coast.

## Tabla de contenido

RESUMEN .....	6
ABSTRACT .....	7
INTRODUCCIÓN: .....	10
Antecedentes .....	10
Morfología .....	11
Ciclo de Vida .....	11
Importancia como Vectores .....	12
Información sobre el Ecuador. ....	14
Comportamiento Alimenticio .....	15
Distribución y Ecología .....	16
Genética y Fisiología .....	17
Identificación Sanguínea .....	19
BIBLIOGRAFÍA .....	21
INTRODUCCIÓN .....	33
Objetivos específicos: .....	37
MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
ÁREA DE ESTUDIO .....	37
COLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MOSQUITOS .....	38
EXTRACCIÓN Y AMPLIFICACIÓN DE ADN .....	39
SECUENCIACIÓN Y ANÁLISIS.....	39
ESTADÍSTICA Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	40
Análisis estadísticos Hipótesis 1 y 3.....	40
Análisis estadísticos Hipótesis 2.....	40
Resultados. ....	41
Análisis 1 .....	41
Abundancia.....	41
Hipótesis 1 .....	41
Análisis 2 .....	43
Preferencia alimentaria .....	43
Hipótesis 2. ....	43
Análisis 3 .....	44
Correlacion entre <i>Culex Quinquefasciatus</i> y <i>Aedes Aegypti</i> .....	44
Hipótesis 3 .....	45
DISCUSIÓN .....	46

<b>MAPAS .....</b>	<b>53</b>
<b>FIGURAS .....</b>	<b>54</b>
<b>TABLAS .....</b>	<b>63</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>64</b>

## INTRODUCCIÓN:

### Antecedentes

*Culex quinquefasciatus* es un mosquito perteneciente a la familia Culicidae (Reinert, 2001), que se encuentra ampliamente distribuido en la Tierra; esta especie es parte del complejo de los *Cx pipiens*; las poblaciones de individuos difieren entre sí principalmente por su distribución geográfica, comportamiento, morfología de la genitalia de los machos, fisiología, preferencia alimentaria y competencia vectorial (Tabachnick & Powell, 1983; Zittra et al., 2016). Puesto que las hembras tienen un comportamiento hematófago, estos mosquitos tienen gran importancia, tanto médica como veterinaria, debido a su rol como y vectores de enfermedades infecciosas a nivel mundial, siendo potenciales vectores biológicos de varios tipos de virus y parásitos (Bhattacharya S, 2016), causando grandes índices de morbilidad y mortalidad especialmente en regiones tropicales y subtropicales (Farajollahi, Fonseca, Kramer, & Marm Kilpatrick, 2011).

A pesar de que en el Ecuador no se han reportado casos de enfermedades transmitidas por este mosquito al hombre, en países vecinos que poseen condiciones medio ambientales similares, sí se lo ha involucrado como vector de varios arbovirus y otros patógenos (Lanciotti et al., 1999; Mondini, Cardeal, et al., 2007), entre estos, virus de West Nile (Turell MJ, Dohm DJ, Sardelis MR, Oguinn ML, Andreadis TG, 2005), Saint Louis Encephalitis Virus (Mondini, Cardeal, et al., 2007), y de Malaria Aviar (Atkinson, Woods, Dusek, Sileo, & Iko, 1995).

## **Morfología**

Las hembras adultas de *Culex quinquefasciatus* miden entre 3 a 9mm de largo, su coloración es de un tono café claro, poseen sus palpos maxilares con escamas oscuras tan largos como su probóscide, siendo las antenas son más cortas que su probóscide, el tórax es de color café claro, con presencia de escamas angostas, rectas, bifurcadas y oscuras, y en la parte anterior del occipucio de un tono claro, a nivel de la zona prealar posee pocas setas claras cortas, las alas poseen escamas oscuras plumosas sobre las venas radiales, las patas poseen tibias de coloración oscura sobre la superficie dorsal, el ápice con escamas pálidas y los tarsos de un tono negruzco en sus escamas (González, C, Reyes, C, Jercic, 2016; González, Jercic, & Muñoz, 2005) .

## **Ciclo de Vida**

Los mosquitos son insectos con metamorfosis completa o llamados holometábolos; después de la oviposición de los huevos por la hembra, pequeñas larvas emergen al contacto con el agua o al desencadenarse la eclosión de los huevos por diversos estímulos ambientales como cambios en el pH del agua. Después de varios estadios larvarios que pueden durar de días a semanas, en el estadio de pupa se realiza toda la reorganización de órganos y tejidos que llevan a la eclosión de los adultos. Para la producción de huevos, antecede el periodo de apareamiento de los mosquitos que generalmente se realiza durante el vuelo, debido a secreción de feromonas por poros de su abdomen (Lane, R.P., Crosskey, 1993). La metamorfosis del género *Culex* pasa por los estadios de huevo, cuatro estadios larvarios, pupa y adulto (SALAZAR & MONCADA, 2004). La sangre que toman las hembras la usan para la generación de huevos, ovipositando entre 150 a 300 huevos por ingesta de sangre, la cantidad de

estos varía de acuerdo con la edad, tamaño del mosquito, volumen de sangre ingerida y la fuente de la que se alimenta (Manimegalai K, 2014; SALAZAR & MONCADA, 2004; Subra, 1981). Este mosquito no entra en diapausa y se puede reproducir entre 2 – 6 veces durante toda su vida (Manimegalai K, 2014). Los huevos son depositados en aguas contaminadas ricas en materia orgánica, preferentemente en recipientes de plástico de agua estancada (Lane, R.P., Crosskey, 1993), para convertirse en larvas que después de los 4 estadios, se convierten en pupas la cuales no se alimentan pero si sufren una reorganización profunda, para finalmente transformarse en adultos después de 2 a 3 días. Todo este ciclo dura entre 1 y 2 semanas dependiendo de factores medio ambientales como es la temperatura (Rueda, L. M., Patel, K. J., Axtell, R. C., & Stinner, 1990; Subra, 1981).

### **Importancia como Vectores**

La transmisión de patógenos transmitidos por mosquitos vectores está influenciada por al menos cuatro factores: la ecología del vector, que a su vez está relacionada a su ascendencia genética, el medio ambiente y los hospederos de los que se está alimentando (Farajollahi et al., 2011).

A nivel mundial, *Cx. quinquefasciatus* es vector de varios arbovirus y parásitos que provocan graves enfermedades que afectan tanto a humanos como a animales (Bhattacharya S, 2016; Lai, Tung, Ooi, & Wang, 2000). Entre los virus que pueden ser potenciales vectores se ha encontrado el Virus del Nilo Occidental (WNV) (Goddard, Roth, Reisen, & Scott, 2002), Encefalitis de San Louis Virus (SLEV) (Mondini, Cardeal, et al., 2007) , Rift Valley fever virus (Turell et al., 1996), algunos protozoarios como *Plasmodium relictum* causante más común de malaria aviar (Atkinson et al., 1995), y

algunos nematodos como *Dirofilaria immitis* (Carvalho et al., 2008) y *Wuchereria bancrofti* (Calheiros, Fontes, Williams, & Rocha, 1998).

WNV tuvo su primer brote en el Nuevo Mundo en 1999, específicamente en la región nororiental de Estados Unidos (Lanciotti et al., 1999), y desde entonces, se ha propagado por la mayoría del continente americano; Sin embargo, no hay informes o son muy limitados los reportes de este arbovirus en varios países de América Central y del Sur, entre ellos está el Ecuador. Se conoce mejor a este arbovirus en los EEUU (Lanciotti et al., 1999) y otros países de América Latina en donde la infección en mosquitos está bien documentada (Osorio et al., 2012). La transmisión de este virus se da por picadura de *Culex quinquefasciatus*, el cual es un vector competente en el laboratorio (Turell MJ, Dohm DJ, Sardelis MR, Oguinn ML, Andreadis TG, 2005). La limitada información sobre la transmisión de esta enfermedad en algunos países como el Ecuador, podría deberse a que las infecciones subclínicas no llegan a los Centros de salud y por ende pasan desapercibidas, a la falta de pruebas diagnósticas de rutina para estos arbovirus que frecuentemente pueden ser erróneamente diagnosticados (Elizondo-Quiroga & Elizondo-Quiroga, 2013) o por poder tener reacciones cruzadas serológicas con otros flavivirus, lo que impediría evidenciar la presencia de estos arbovirus (Tesh, Travassos da Rosa, Guzman, Araujo, & Xiao, 2002).

En países vecinos como Colombia, se ha encontrado presencia de WNV en aves cautivas las cuales no han desarrollado la enfermedad, lo que sugiere la presencia de cepas menos virulentas del virus (Osorio et al., 2012).

Finalmente, se ha reportado también transmisión vertical de WNV lo que es frecuente en otros arbovirus. Se tiene conocimiento que en *Cx. quinquefasciatus* este virus se

transmite de manera vertical a la progenie y de esa manera se mantiene la transmisión entre generaciones de mosquitos (Nelms et al., 2013).

Otro patógeno transmitido por *Cx. quinquefasciatus* es el virus de la Encefalitis de Saint Louis (SLEV), que se ha reportado en las Américas y el Caribe (Díaz et al., 2006; Hoyos-López, R., Soto, S. U., Rúa-Urbe, G., & Gallego-Gómez, 2015; Spinsanti et al., 2003), afectando principalmente a aves, mamíferos, y ocasionalmente al hombre (Díaz et al., 2006; Janssen et al., 2015; Mondini, Cardeal, et al., 2007), Aunque este virus generalmente compromete el sistema nervioso produciendo encefalitis que puede producir daños irreversibles o graves secuelas, en Sudamérica, no se han reportado casos de este tipo de patología. Mas bien, los pocos reportes indican la presencia de síntomas más benignos con una sintomatología similar al de un resfrió o al del dengue (Mondini, Bronzoni, et al., 2007). Este arbovirus al parecer es muy poco frecuente y se ha llegado a encontrar en estudios solo el 5% o menos de anticuerpos contra este virus, sin embargo estos resultados deberían interpretarse cuidadosamente debido a posibilidad de reactividad cruzada de anticuerpos con otros flavivirus (Mondini, Cardeal, et al., 2007).

### **Información sobre el Ecuador.**

Se conoce que el virus de West Nile está presente en la costa del Ecuador, ya que se ha detectado la presencia serológica en caballos (Roberto, Coello-Peralta; Aslam, Díaz-Castillo; Rosario, ZambranoBonilla; Betty, 2016), así como la presencia del virus de Saint Louis Encephalytis (Baqueriz, A.Ador, L.; Marmo, C.Vallos, 1959). Sin embargo, no se han encontrado estudios sobre la abundancia y distribución de este mosquito en el Ecuador, ni de su comportamiento tanto en áreas urbanas como rurales.

## Comportamiento Alimenticio

El comportamiento alimenticio de los mosquitos que actúan como vectores, es un componente esencial en la transmisión de patógenos, ya que define la dinámica entre el hospedero y el vector (Jansen et al., 2009; THIEMANN et al., 2012) y antecede al ciclo extrínseco de incubación del patógeno en el vector que corresponde al tiempo desde la alimentación sanguínea hasta que el patógeno por diferentes vías y mecanismos termina infectando las glándulas salivales del vector haciéndole competente para transmitir a ese patógeno.

*Cx quinquefasciatus* se alimenta de una gran variedad de vertebrados, teniendo varios patrones de alimentación, que dependen de las condiciones medio ambientales y de las áreas geográficas en donde tienen su hábitat, siendo un punto clave la disponibilidad del hospedero para que la hembra del mosquito adquiriera su alimentación sanguínea (Lyimo & Ferguson, 2009). De esta manera se describe un evidente comportamiento oportunista en la mayoría de las ocasiones para esta especie (Alencar et al., 2012). La mayor parte de estos mosquitos pica una vez por ingesta, y un pequeño porcentaje parecería que se alimenta dos o más veces, teniendo un comportamiento similar en distintas regiones geográficas (Alencar et al., 2012; Zinser, Ramberg, & Willott, 2004). *Cx. quinquefasciatus* tienen una preferencia ornitófila, incluso cuando existen otros vertebrados disponibles (García-Rejon et al., 2010; Jansen et al., 2009), pero en ausencia de aves, también puede alimentarse de mamíferos, preferentemente de humanos (Zinser et al., 2004), y en menor frecuencia de otros mamíferos como son perros, gatos, cerdos, etc (Janssen et al., 2015). Al parecer este comportamiento de acceder a alimentarse de mamíferos de *Cx.*

*quinquefasciatus* es reciente, menos de 10.000 años, en comparación con otros mosquitos de la Familia Culicidae que prefieren optar por alimentarse de mamíferos desde hace miles años (J M C Ribeiro, 2000).

### **Distribución y Ecología**

*Cx. quinquefasciatus* de lo que se conoce es una especie introducida a las Américas desde el Viejo Mundo, al parecer, por medio de la actividad humana: el transporte de esclavos y comercio (Barr, 1957; FONSECA, SMITH, WILKERSON, & FLEISCHER, 2006); existen datos de estudios genéticos poblacionales de que este mosquito tiene su origen en Asia, desde donde se introdujo en América y posiblemente, después al África (FONSECA et al., 2006).

Esta especie de mosquito habita por debajo de los 36° latitud Norte (Barr, 1957), siendo más específica de climas subtropicales a tropicales. Así, la temperatura es un factor preponderante para la distribución de esta especie, siendo los rangos óptimos para su desarrollo y supervivencia, entre los 20-30°C. (Rueda, L. M., Patel, K. J., Axtell, R. C., & Stinner, 1990). A pesar de su amplia distribución geográfica, su desarrollo también puede verse afectado por otros factores medio ambientales. Entre estos esta la humedad, la lluvia y la disposición de nutrientes, lo que se sugiere ha influenciado significativamente en su comportamiento (Farajollahi et al., 2011). Otros factores geográficos, como la altitud, también son importantes y alteran de manera significativa su crecimiento poblacional, modificando así su distribución y abundancia (Ahumada, Lapointe, & Samuel, 2004).

El éxito de *Cx quinquefasciatus* para poder ocupar extensos y variadas zonas geográficas radica posiblemente en su gran capacidad de consumo de alimentos que

se encuentran en aguas estancadas con alto contenido orgánico proveniente de desechos humanos y animales (Barr, 1957) y su habilidad para propagarse y soportar viajes en varios tipos de transporte humano, y de esa manera, colonizar nuevos sectores y establecer nuevas poblaciones y generaciones de mosquitos (Belkin, 1962).

En el Ecuador, la distribución y abundancia de este mosquito es desconocida. En los Estados Unidos y México, existen estudios que evidencian que es una de las especies más abundantes (Mora-Covarrubias, Rubio-Arias, & Jiménez-Castro, 2008; THIEMANN et al., 2012) y aparentemente se concentra en lugares con mayor densidad poblacional y presencia de criaderos de animales, especialmente en zonas rurales con viviendas rústicas (De la Mora A, 2007).

### **Genética y Fisiología**

*Cx. quinquefasciatus* se diferencia de otras especies del complejo *Cx. pipiens*, por diferencias en las aloenzimas HBDH, AAT, ME y MPI las cuales permiten dividir a esta especie en 3 clusters diferentes (Weitzel et al., 2009). Genéticamente contiene tres cromosomas metacéntricos (Hickner, Mori, Chadee, & Severson, 2013), los cuales poseen en su secuencia genómica un repertorio de 18.883 genes que incluyen familias de genes dentro de las cuales se encuentran: receptores olfativos, gustativos, genes relacionados con el sistema inmune, y con funciones de desintoxicación xenobiótica; además este genoma está conformado 29% de elementos transponibles (Arensburger et al., 2010).

La cantidad de genes relacionados con los receptores olfatorios en *Cx. quinquefasciatus* es la más grande dentro de todas las especies de dípteros examinadas hasta el momento (Arensburger et al., 2010). Estos receptores provocan

respuestas muy fuertes a aromas como aldehídos y cetonas, los cuales están presentes en el sudor humano (Ye, Liu, & Liu, 2016); dentro de los aldehídos el nonanal es un aroma que poseen aves y humanos, y el que estaría involucrado con el cambio de hospedero (Syed & Leal, 2009).

*Cx quinquefasciatus* es un mosquito que quizás aún no se ha adaptado completamente a la obtención de sangre de los mamíferos, a pesar de tener una gran cantidad de proteínas salivares, las cuales permiten inhibir procesos de hemostasia de su hospedero, siendo estas más específicas para inhibir procesos de coagulación en aves (J M C Ribeiro, 2000). Dentro de las proteínas salivares están los anticoagulantes, anti-agregantes plaquetarios y vasodilatadores que actúan de diferente manera en el proceso de coagulación en este mosquito (José M C Ribeiro, Charlab, Pham, Garfield, & Valenzuela, 2004). Sin embargo, dentro de los vertebrados existen diferencias en este proceso, tanto en aves como en humanos, la principal característica es la presencia de trombocitos en las aves (P. D. Sturkie, 1976), y de plaquetas en los mamíferos (Hall, 2016). Este cambio es sustancial para que el comportamiento alimenticio de *Cx quinquefasciatus* sea más ornitófilico. Se ha visto que este mosquito desvía la atención de los humanos a las aves cuando estas están presentes en su entorno, lo que justifica su comportamiento. Comparaciones con *Aedes aegypti* y *Anopheles* contra la actividad de *Cx quinquefasciatus* anticoagulante, anti agregante plaquetaria, y de apirasa salivaria es significativamente menor en mamíferos para este mosquito (J M C Ribeiro, 2000).

Dentro de las funciones de detoxificación xenobiótica, este mosquito posee un sistema de citocromo P450 monooxigenasa, el cual posee 6 isoformas, expresándose hasta 30

veces más en procesos de detoxificación. Por tal motivo hace que *Cx. quinquefasciatus* sea un mosquito muy adaptable a hábitats larvarios contaminados, y genere resistencia a insecticidas fácilmente (Kasai, Weerashinghe, Shono, & Yamakawa, 2000).

### **Identificación Sanguínea**

El estudio de las fuentes sanguíneas de la alimentación de los mosquitos ha sido de gran utilidad para entender mejor el comportamiento alimenticio de las diferentes especies en diferentes áreas geográficas (Greenberg, Lujan, DiMenna, Wearing, & Hofkin, 2013), y sobre todo para el entendimiento de su capacidad y competencia vectorial (Abbasi, Cunio, & Warburg, 2008). Anteriormente, se usaban técnicas serológicas basadas en anticuerpos específicos del hospedero para identificar las fuentes de sangre, pero en las últimas décadas estas han sido reemplazadas por herramientas moleculares basadas en amplificación y secuencia de genes, por ejemplo la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y la secuenciación son ahora de las técnicas más sencillas y más usadas (Abbasi et al., 2008; Greenberg et al., 2013).

Es hoy frecuente para identificar las fuentes de sangre la amplificación de genes conservados de vertebrados, como es el gen mitocondrial citocromo b (Cyt-b) (Kent & Norris, 2005; Kocher et al., 1989). El gen del citocromo B mitocondrial es una de las regiones más conservadas entre vertebrados (LEE et al., 2002) ya que posee varios polimorfismos inter específicos, lo que facilita generar cebadores para amplificar el gen, y poder llegar a identificar hasta especie al organismo del cual se alimentó el mosquito (Boakye, Tang, Truc, Merriweather, & Unnasch, 1999).

También se puede usar otros genes conservados como por ejemplo diferentes regiones del gen ribosomal 18s, Citocromo oxidasa I, y Citocromo C oxidasa, ya que al

igual que el gen Cyt-B poseen varios polimorfismos inter-específicos (Alcaide et al., 2009; KENT, 2009).

*Culex quinquefasciatus* habitualmente se alimenta de diversas fuentes sanguíneas y al parecer, sus preferencias alimenticias dependen de la disponibilidad de especies de vertebrados presentes en su entorno (Muturi et al., 2008), sin embargo se ha reportado que tiene una preferencia ornitófila generalmente bien marcada (Jansen et al., 2009).

Una dificultad para la identificación de fuentes sanguíneas en los mosquitos ha sido la degradación de ADN de la sangre ingerida, debido a procesos de actividad enzimática de nucleasas (DNasas). Esto hace que la concentración de ADN disminuya y este se degrade rápidamente dentro de las primeras 24 horas (Mukabana, Takken, & Knols, 2002). Este es posiblemente el factor más importante que hace que disminuya la sensibilidad de detección en un PCR, haciendo más difícil la identificación del hospedero mientras más digerida está la sangre en el abdomen del mosquito. Se calcula que la detección es hasta del 85% en alimentaciones recientes de sangre hasta menos del 25% en estadios más avanzados de digestión de sangre (Martínez-de la Puente, Ruiz, Soriguer, & Figuerola, 2013).

## BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, I., Cunio, R., & Warburg, A. (2008). Identification of Blood Meals Imbibed by Phlebotomine Sand Flies Using Cytochrome b PCR and Reverse Line Blotting. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 9(1), 79–86. <https://doi.org/10.1089/vbz.2008.0064>
- Ahumada, J. A., Lapointe, D., & Samuel, M. D. (2004). Modeling the Population Dynamics of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), along an Elevational Gradient in Hawaii. *Journal of Medical Entomology*, 41(6), 1157–1170. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-41.6.1157>
- Alcaide, M., Rico, C., Ruiz, S., Soriguer, R., Muñoz, J., & Figuerola, J. (2009). Disentangling Vector-Borne Transmission Networks: A Universal DNA Barcoding Method to Identify Vertebrate Hosts from Arthropod Bloodmeals. *PLoS ONE*, 4(9), e7092. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0007092>
- Alencar, J., Silva, J. D. S., De Oliveira, L. C. M., Marcondes, C. B., Morone, F., & Lorosa, E. S. (2012). Feeding Patterns of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) From Eastern Santa Catarina State, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 49(4), 952–954. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1603/ME11270>
- Arensburger, P., Megy, K., Waterhouse, R. M., Abrudan, J., Amedeo, P., Antelo, B., ... Atkinson, P. W. (2010). Sequencing of *Culex quinquefasciatus* establishes a platform for mosquito comparative genomics. *Science (New York, N.Y.)*,

330(6000), 86–88. <https://doi.org/10.1126/science.1191864>

Atkinson, C. T., Woods, K. L., Dusek, R. J., Sileo, L. S., & Iko, W. M. (1995). Wildlife disease and conservation in Hawaii: Pathogenicity of avian malaria (*Plasmodium relictum*) in experimentally infected liwi (*Vestiaria coccinea*). *Parasitology*, *111*(S1), S59–S69. [https://doi.org/DOI: 10.1017/S003118200007582X](https://doi.org/DOI:10.1017/S003118200007582X)

Baqueriz, A. Ador, L.; Marmo, C. Vallos, F. (1959). Serological investigation of St. Louis encephalitis in various regions of Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Higiene Y Medicina Tropical*, *16*, 249–259.

Barr, A. R. (1957). The Distribution of *Culex P. Pipiens* and *C. P. Quinquefasciatus* in North America<sup>1</sup>. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, *6*(1).

Belkin, J. N. (1962). *The mosquitoes of the South Pacific (Diptera, Culicidae)* (Vol. 1 and 2). Berkeley and Los Angeles: University of California Press.

Bhattacharya S, B. P. 2016; 4:73-81. (2016). The southern house mosquito, *Culex quinquefasciatus*: profile of a smart vector. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, *4*, 73–81.

Boakye, D. A., Tang, J., Truc, P., Merriweather, A., & Unnasch, T. R. (1999). Identification of bloodmeals in haematophagous Diptera by cytochrome B heteroduplex analysis. *Medical and Veterinary Entomology*, *13*(3), 282–287. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.1999.00193.x>

Calheiros, C. M. L., Fontes, G., Williams, P., & Rocha, E. M. M. (1998). Experimental Infection of *Culex* (*Culex*) *quinquefasciatus* and *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* with *Wuchereria bancrofti*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*,

93, 855–860. Retrieved from  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0074-02761998000600029&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02761998000600029&nrm=iso)

Carvalho, G. A. de, Alves, L. C., Maia, R. T., Andrade, C. F. S. de, Ramos, R. A. do N., & Faustino, M. A. da G. (2008). Vector competence of *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 exposed to different densities of microfilariae of *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856). *Revista Brasileira de Entomologia*, 52, 658–662. Retrieved from  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0085-56262008000400018&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0085-56262008000400018&nrm=iso)

De la Mora A, G. A. (2007). Distribución geoespacial del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera:Culicidae) principal vector del Virus del Oeste del Nilo, en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Revista de Salud Pública Y Nutrición*, 8(2), 3–15.

Díaz, L. A., Ré, V., Almirón, W. R., Farías, A., Vázquez, A., Sanchez-Seco, M. P., ... Contigiani, M. (2006). Genotype III Saint Louis Encephalitis Virus Outbreak, Argentina, 2005. *Emerging Infectious Diseases*, 12(11), 1752–1754.  
<https://doi.org/10.3201/eid1211.060486>

Elizondo-Quiroga, D., & Elizondo-Quiroga, A. (2013). West Nile Virus and its Theories, a Big Puzzle in Mexico and Latin America. *Journal of Global Infectious Diseases*, 5(4), 168–175. <https://doi.org/10.4103/0974-777X.122014>

Farajollahi, A., Fonseca, D. M., Kramer, L. D., & Marm Kilpatrick, A. (2011). “Bird biting” mosquitoes and human disease: A review of the role of *Culex pipiens* complex

mosquitoes in epidemiology. *Infection, Genetics and Evolution*, 11(7), 1577–1585.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meegid.2011.08.013>

FONSECA, D. M., SMITH, J. L., WILKERSON, R. C., & FLEISCHER, R. C. (2006). PATHWAYS OF EXPANSION AND MULTIPLE INTRODUCTIONS ILLUSTRATED BY LARGE GENETIC DIFFERENTIATION AMONG WORLDWIDE POPULATIONS OF THE SOUTHERN HOUSE MOSQUITO. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 74(2).

Garcia-Rejon, J. E., Blitvich, B. J., Farfan-Ale, J. A., Loroño-Pino, M. A., Chi Chim, W. A., Flores-Flores, L. F., ... Beaty, B. J. (2010). Host-Feeding Preference of the Mosquito, *Culex quinquefasciatus*, in Yucatan State, Mexico. *Journal of Insect Science*, 10, 32. <https://doi.org/10.1673/031.010.3201>

Goddard, L. B., Roth, A. E., Reisen, W. K., & Scott, T. W. (2002). Vector Competence of California Mosquitoes for West Nile virus. *Emerging Infectious Diseases*, 8(12), 1385–1391. <https://doi.org/10.3201/eid0812.020536>

González, C, Reyes, C, Jercic, M. (2016). *MANUAL DE CULÍCIDOS (DIPTERA: CULICIDAE) DE LA ZONA NORTE Y CENTRO DE CHILE, INCLUYENDO ISLA DE PASCUA* (2nd ed.). Santiago: Ministerio de Salud Pública - Gobierno de Chile.

González, C., Jercic, M. I., & Muñoz, L. (2005). *LOS CULÍCIDOS DE CHILE (DIPTERA: CULICIDAE) THE MOSQUITOES FROM CHILE (DIPTERA: CULICIDAE)* (Vol. 29).

Greenberg, J. A., Lujan, D. A., DiMenna, M. A., Wearing, H. J., & Hofkin, B. V. (2013). Identification of Blood Meal Sources in *Aedes vexans* and *Culex quinquefasciatus* in Bernalillo County, New Mexico. *Journal of Insect Science*, 13, 75.

<https://doi.org/10.1673/031.013.7501>

Hall, J. (2016). *Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology*. (Elsevier, Ed.) (13th ed.). Philadelphia: Saunders.

Hickner, P. V, Mori, A., Chadee, D. D., & Severson, D. W. (2013). Composite Linkage Map and Enhanced Genome Map for *Culex pipiens* Complex Mosquitoes. *Journal of Heredity*, 104(5), 649–655. <https://doi.org/10.1093/jhered/est040>

Hoyos-López, R., Soto, S. U., Rúa-Uribe, G., & Gallego-Gómez, J. C. (2015). Molecular identification of Saint Louis encephalitis virus genotype IV in Colombia. *Memórias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 110, 719–725. Retrieved from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0074-02762015000600719&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0074-02762015000600719&nrm=iso)

Jansen, C. C., Webb, C. E., Graham, G. C., Craig, S. B., Zborowski, P., Ritchie, S. A., ... van den Hurk, A. F. (2009). Blood Sources of Mosquitoes Collected from Urban and Peri-Urban Environments in Eastern Australia with Species-Specific Molecular Analysis of Avian Blood Meals. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 81(5).

Janssen, N., Fernandez-Salas, I., Díaz González, E. E., Gaytan-Burns, A., la Garza, C. E., Sanchez-Casas, R. M., ... Jöst, H. (2015). Mammalophilic feeding behaviour of *Culex quinquefasciatus* mosquitoes collected in the cities of Chetumal and Cancun, Yucatán Peninsula, Mexico. *Tropical Medicine & International Health*, 20(11), 1488–1491. <https://doi.org/10.1111/tmi.12587>

Kasai, S., Weerasinghe, I. S., Shono, T., & Yamakawa, M. (2000). Molecular cloning,

nucleotide sequence and gene expression of a cytochrome P450 (CYP6F1) from the pyrethroid-resistant mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 30(2), 163–171. [https://doi.org/10.1016/S0965-1748\(99\)00114-9](https://doi.org/10.1016/S0965-1748(99)00114-9)

KENT, R. J. (2009). Molecular methods for arthropod bloodmeal identification and applications to ecological and vector-borne disease studies. *Molecular Ecology Resources*, 9(1), 4–18. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0998.2008.02469.x>

Kent, R. J., & Norris, D. E. (2005). IDENTIFICATION OF MAMMALIAN BLOOD MEALS IN MOSQUITOES BY A MULTIPLEXED POLYMERASE CHAIN REACTION TARGETING CYTOCHROME B. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 73(2), 336–342. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4147110/>

Kocher, T. D., Thomas, W. K., Meyer, A., Edwards, S. V, Pääbo, S., Villablanca, F. X., & Wilson, A. C. (1989). Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , 86(16), 6196–6200. Retrieved from <http://www.pnas.org/content/86/16/6196.abstract>

Lai, C.-H., Tung, K.-C., Ooi, H.-K., & Wang, J.-S. (2000). Competence of *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* as vector of *Dirofilaria immitis* after blood meal with different microfilarial density. *Veterinary Parasitology*, 90(3), 231–237. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(00\)00242-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00242-9)

Lanciotti, R. S., Roehrig, J. T., Deubel, V., Smith, J., Parker, M., Steele, K., ... Gubler, D. J.

(1999). Origin of the West Nile Virus Responsible for an Outbreak of Encephalitis in the Northeastern United States. *Science*, 286(5448), 2333–2337. <https://doi.org/10.1126/science.286.5448.2333>

Lane, R.P., Crosskey, R. W. (1993). *Medical Insects and Arachnids* (1st ed.). British: Chapman & Hall.

LEE, J. H. A. K., HASSAN, H., HILL, G., CUPP, E. W., HIGAZI, T. B., MITCHELL, C. J., ... UNNASCH, T. R. (2002). IDENTIFICATION OF MOSQUITO AVIAN-DERIVED BLOOD MEALS BY POLYMERASE CHAIN REACTION-HETERODUPLEX ANALYSIS. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 66(5), 599–604. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2586949/>

Lyimo, I. N., & Ferguson, H. M. (2009). Ecological and evolutionary determinants of host species choice in mosquito vectors. *Trends in Parasitology*, 25(4), 189–196. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.01.005>

Manimegalai K, S. S. (2014). Biology of the filarial vector, *Culex quinquefasciatus*(Diptera:Culicidae). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences (IJCMAS)*, 3(4), 718–724.

Martínez-de la Puente, J., Ruiz, S., Soriguer, R., & Figuerola, J. (2013). Effect of blood meal digestion and DNA extraction protocol on the success of blood meal source determination in the malaria vector *Anopheles atroparvus*. *Malaria Journal*, 12(1), 109. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-12-109>

Mondini, A., Bronzoni, R. V. de M., Cardeal, I. L. S., Santos, T. M. I. L. dos, Lázaro, E., Nunes, S. H. P., ... Nogueira, M. L. (2007). Simultaneous infection by DENV-3 and

- SLEV in Brazil. *Journal of Clinical Virology*, 40(1), 84–86.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcv.2007.06.007>
- Mondini, A., Cardeal, I. L. S., Lázaro, E., Nunes, S. H., Moreira, C. C., Rahal, P., ... Nogueira, M. L. (2007). Saint Louis Encephalitis Virus, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 13(1), 176–178. <https://doi.org/10.3201/eid1301.060905>
- Mora-Covarrubias, A. de la, Rubio-Arias, H. O., & Jiménez-Castro, J. A. (2008). Vigilancia entomológica de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, vector de enfermedades arbovirales en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Universidad Y Ciencia . scielomx* .
- Mukabana, W. R., Takken, W., & Knols, B. G. J. (2002). Analysis of arthropod bloodmeals using molecular genetic markers. *Trends in Parasitology*, 18(11), 505–509. [https://doi.org/10.1016/S1471-4922\(02\)02364-4](https://doi.org/10.1016/S1471-4922(02)02364-4)
- Muturi, E. J., Muriu, S., Shililu, J., Mwangangi, J. M., Jacob, B. G., Mbogo, C., ... Novak, R. J. (2008). Blood-feeding patterns of *Culex quinquefasciatus* and other culicines and implications for disease transmission in Mwea rice scheme, Kenya. *Parasitology Research*, 102(6), 1329. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-0914-7>
- Nelms, B. M., Kothera, L., Thiemann, T., Macedo, P. A., Savage, H. M., & Reisen, W. K. (2013). Phenotypic Variation among *Culex pipiens* Complex (Diptera: Culicidae) Populations from the Sacramento Valley, California: Horizontal and Vertical Transmission of West Nile Virus, Diapause Potential, Autogeny, and Host Selection. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 89(6), 1168–1178. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0219>

- Osorio, J. E., Ciuderis, K. A., Lopera, J. G., Piedrahita, L. D., Murphy, D., LeVasseur, J., ... Hofmeister, E. (2012). Characterization of West Nile Viruses Isolated from Captive American Flamingoes (*Phoenicopterus ruber*) in Medellin, Colombia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(3), 565–572. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.11-0655>
- Reinert, J. E. (2001). Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 17(1), 51–55. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/11345419>
- Ribeiro, J. M. C. (2000). Blood-feeding in mosquitoes: probing time and salivary gland anti-haemostatic activities in representatives of three genera (*Aedes*, *Anopheles*, *Culex*) . *Medical and Veterinary Entomology*, 14(2), 142–148. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2000.00227.x>
- Ribeiro, J. M. C., Charlab, R., Pham, V. M., Garfield, M., & Valenzuela, J. G. (2004). An insight into the salivary transcriptome and proteome of the adult female mosquito *Culex pipiens quinquefasciatus*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 34(6), 543–563. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2004.02.008>
- Roberto, Coello-Peralta; Aslam, Díaz-Castillo; Rosario, ZambranoBonilla; Betty, P.-G. L. A.-P. (2016). Serological test for West Nile virus in horses of Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI, Vol. 9(Nº 20)*, 59–62. Retrieved from 1390-4272
- 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, 892–898.
- SALAZAR, M., & MONCADA, L. (2004). Life cycle of *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) under uncontrolled conditions. *Biomédica*, 24(4), 385–392.
- Spinsanti, L., Basquiera, A. L., Bulacio, S., Somale, V., Kim, S. C. H., Ré, V., ... Palacio, S. (2003). St. Louis Encephalitis in Argentina: the First Case Reported in the Last Seventeen Years. *Emerging Infectious Disease Journal*, 9(2), 271. <https://doi.org/10.3201/eid0902.020301>
- Sturkie, P. D. (1976). *Avian Physiology*. (P. D. (Ed. . Sturkie, Ed.) (1st ed.). New York: Springer, Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-642-96274-5>
- Subra, R. (1981). Biology and control of *Culex pipiens quinquefasciatus* Say, 1823 (Diptera, Culicidae) with special reference to Africa. *Insect Science and Its Application*, 1(4), 319–338. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S1742758400000618>
- Syed, Z., & Leal, W. S. (2009). Acute olfactory response of *Culex* mosquitoes to a human- and bird-derived attractant. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(44), 18803–18808. <https://doi.org/10.1073/pnas.0906932106>
- Tabachnick, W. J., & Powell, J. R. (1983). Genetic Analysis of *Culex pipiens* Populations in the Central Valley of California. *Annals of the Entomological Society of America*, 76(4), 715–720. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1093/aesa/76.4.715>
- Tesh, R. B., Travassos da Rosa, A. P. A., Guzman, H., Araujo, T. P., & Xiao, S.-Y. (2002).

- Immunization with Heterologous Flaviviruses Protective Against Fatal West Nile Encephalitis. *Emerging Infectious Diseases*, 8(3), 245–251.  
<https://doi.org/10.3201/eid0803.010238>
- THIEMANN, T. C., LEMENAGER, D. A., KLUH, S., CARROLL, B. D., LOTHROP, H. D., & REISEN, W. K. (2012). Spatial Variation in Host Feeding Patterns of *Culex tarsalis* and the *Culex pipiens* complex (Diptera: Culicidae) in California. *Journal of Medical Entomology*, 49(4), 903–916. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3542768/>
- Turell, M. J., Presley, S. M., Gad, A. M., Cope, S. E., Dohm, D. J., Morrill, J. C., & Arthur, R. R. (1996). Vector competence of Egyptian mosquitoes for Rift Valley fever virus. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 54(2), 136–139. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/8619436>
- Turell MJ, Dohm DJ, Sardelis MR, Oguinn ML, Andreadis TG, B. J. (2005). An update on the potential of North American mosquitoes (Diptera: Culicidae) to transmit West Nile virus. *Journal of Medical Entomology*, 42, 57–62.
- Weitzel, T., Collado, A., Jöst, A., Pietsch, K., Storch, V., & Becker, N. (2009). Genetic Differentiation of Populations within the *Culex pipiens* Complex and Phylogeny of Related Species. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 25(1), 6–17. <https://doi.org/10.2987/08-5699.1>
- Ye, Z., Liu, F., & Liu, N. (2016). Olfactory Responses of Southern House Mosquito, *Culex quinquefasciatus*, to Human Odorants. *Chemical Senses*, 41(5), 441–447. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1093/chemse/bjv089>

Zinser, M., Ramberg, F., & Willott, E. (2004). *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) as a potential West Nile virus vector in Tucson, Arizona: Blood meal analysis indicates feeding on both humans and birds. *Journal of Insect Science*, 4, 20. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC528880/>

Zittra, C., Flechl, E., Kothmayer, M., Vitecek, S., Rossiter, H., Zechmeister, T., & Fuehrer, H.-P. (2016). Ecological characterization and molecular differentiation of *Culex pipiens* complex taxa and *Culex torrentium* in eastern Austria. *Parasites & Vectors*, 9(1), 197. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1495-4>

## INTRODUCCIÓN

El mosquito *Culex quinquefasciatus* pertenece a la familia Culicidae (Reinert, 2001) y ha sido incriminado como potencial vector de arbovirus y parásitos (Bhattacharya S, 2016), lo que hace importante el estudio de su comportamiento y preferencias alimenticias, su distribución y abundancia en regiones con climas tropicales (Tabachnick & Powell, 1983). A pesar de que en el Ecuador no se han reportado casos de enfermedades transmitidas por este mosquito en humanos, países vecinos que poseen condiciones ambientales similares han reportado a esta especie como vector de algunos arbovirus (Lanciotti et al., 1999; Mondini et al., 2007; Osorio et al., 2012), entre ellos, virus del Oeste del Nilo (Goddard, Roth, Reisen, & Scott, 2002), y virus de la Encefalitis de San Luis (Mondini et al., 2007). Ha sido también reportado como vector de Malaria Aviar (Atkinson, Woods, Dusek, Sileo, & Iko, 1995), por lo que también tiene interés veterinario. Se conoce que el virus de Oeste del Nilo está presente en la costa del Ecuador, ya que se ha detectado la presencia serológica en caballos (Coello, Díaz, Zambrano, Pazmiño, & Ayol, 2016), así como la presencia del Virus de la Encefalitis de San Luis (Baqueriz, A.Ador, L.; Marmo, C.Vallos, 1959; Calisher et al., 1983). De lo que conocemos no hay estudios sobre *Culex quinquefasciatus* en el

Ecuador por lo que datos de sus preferencias alimenticias, comportamiento, abundancia y distribución son aportes relevantes.

Estudios sobre el comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus* en otros países han demostrado que este mosquito se alimenta preferentemente de aves (García-Rejón et al., 2010; Jansen et al., 2009), pero también puede alimentarse de otros vertebrados, evidenciando que este mosquito se alimenta de acuerdo a la disponibilidad de hospederos en su entorno (Alencar et al., 2012). Por ende, su comportamiento alimenticio puede depender de varios factores ecológicos, ambientales y geográficos (Lyimo & Ferguson, 2009). *Culex quinquefasciatus* se ha reportado se alimenta generalmente de aves, pero también del hombre, de perros, gatos, puercos, o incluso de reptiles si están disponibles (Janssen et al., 2015). Este comportamiento alimenticio del mosquito hace que la transmisión de ciertos patógenos sea más probable, sirviendo como un puente entre especies (Zinser, Ramberg, & Willott, 2004).

*Culex quinquefasciatus* Say es un mosquito cosmopolita con una amplia distribución mundial. Está distribuido por debajo de la latitud 36°N (Barr, 1957) y se puede encontrar tanto en poblaciones urbanas como rurales sin servicios básicos adecuados (De la Mora A, 2007). Su comportamiento y distribución es en parte consecuencia de procesos de urbanización no planificada, dando lugar a la creación de hábitats propicios para la reproducción de estos mosquitos (Mora-Covarrubias, Rubio-Arias, & Jiménez-Castro, 2008). La presencia de aguas residuales (Lane, R.P., Crosskey, 1993), y fosas sépticas (Calhoun L, Avery M, Jones L, Gunarto, K, King, R, Roberts J, 2007) son de sus hábitats favoritos. Las hembras adultas de *Culex quinquefasciatus* depositan sus

huevos en zonas muy variadas con las características antes descritas, pero las hembras más jóvenes pueden depositar sus huevos en recipientes artificiales que contengan agua con residuos de materia orgánica, pero no es muy común que coexistan con otros mosquitos urbanos como el *Aedes aegypti* (David, Ribeiro, & Freitas, 2012). La mayor abundancia de este mosquito se da cuando las precipitaciones son intensas, especialmente en época invernal, teniendo relación con el incremento de la temperatura (Uttah, Dr. Wokem, & Okonofua, 2013). Las hembras de esta especie depositan sus huevos en hábitats acuáticos, con altas concentraciones de materia orgánica, procedentes de desechos de animales y humanos, condiciones que se encuentran preferentemente en el área rural (Lane, R.P., Crosskey, 1993).

Esta especie es considerada una significativa molestia intradomiciliaria, debido a sus picaduras frecuentes dentro de las casas especialmente durante la noche (Rojas, Hernández, Moncada, Quiñones, & Rentería, 2013) ocasionalmente siendo la causa de reacciones alérgicas (Moncada-Álvarez, Salazar-Terreros, & López-Páez, 2011), llegando a ser incluso intolerable (Peng et al., 2018). Las picaduras incluso pueden ocurrir en personas que usan repelentes a base de piretroides; al parecer *Culex quinquefasciatus* podría tener menor susceptibilidad a estos repelentes que otros zancudos (Kasai, Weerasinghe, Shono, & Yamakawa, 2000; Komagata, Kasai, & Tomita, 2010). Además se ha registrado que las larvas de *Culex quinquefasciatus* pueden ser resistentes a la abatización, lo que genera una mayor abundancia de mosquitos en varios sectores (Xu, Liu, Zhang, & Liu, 2005).

Es importante tener conocimiento de cómo este mosquito que es un potencial vector de varias enfermedades que ya se han reportado en países vecinos, al existir ya la

presencia de este virus en caballos, también puede estar circulando el virus en algunas aves de corral como son las gallinas (Melandri et al., 2012) y de esta manera preservarse la transmisión dentro de la zona de hábitat de estos animales, siendo muy probable la presencia de enfermedades en humanos que podrían estar confundiendo con otras enfermedades arbovirales como es el dengue o con una presencia de una infección subclínica de la enfermedad (Elizondo-Quiroga & Elizondo-Quiroga, 2013), además que se puede considerar que ya exista una respuesta de defensa del sistema inmune debido a reacciones serológicas cruzadas con otros flavivirus a los que estamos expuestos en nuestro país lo que reduciría la gravedad de la infección por WNV, disminuyendo drásticamente su sintomatología o confundiéndola con otras patologías transmitidas por otros arbovirus, incluso con la sintomatología de un resfriado común (Tesh, Travassos da Rosa, Guzman, Araujo, & Xiao, 2002). Estas teorías no son poco probables en nuestro medio debido a que se ha documentado que en aves que tienen la presencia de WNV no han desarrollado la enfermedad al parecer por cepas menos virulentas del virus (Osorio et al., 2012). Se tiene conocimiento que en *Cx. quinquefasciatus* este virus se transmite de manera vertical a sus crías y de esa manera se mantiene la transmisión entre generaciones de mosquitos (Nelms et al., 2013).

El objetivo principal del presente estudio es determinar los factores extrínsecos que puedan ser determinantes en el comportamiento alimenticio y la abundancia de *Culex quinquefasciatus*.

## Objetivos específicos:

1. Determinar qué factores ambientales y ecológicos influyen en la abundancia de *Culex quinquefasciatus*.

**Hipótesis:** La abundancia de hembras de *Culex quinquefasciatus* está determinada por el tipo de urbanismo (sector urbano/rural), sector domiciliario (intra o peri domiciliario), presencia de animales en la casa, mes de colecta, presencia de contenedores de agua en la casa.

2. Determinar qué factores ecológicos y ambientales influyen en la elección de fuentes alimenticias de *Culex quinquefasciatus*.

**Hipótesis:** La preferencia alimenticia depende del urbanismo (sector urbano/rural), sector domiciliario (intra o peri domiciliario), presencia de animales en la casa, y la ciudad de colecta.

3. Determinar si la abundancia de *Culex quinquefasciatus* está asociada de alguna manera a la presencia y abundancia de *Aedes aegypti*.

**Hipótesis:** La abundancia de *Culex quinquefasciatus* tiene una correlación negativa con la abundancia de *Aedes aegypti*

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio fue realizado en la costa ecuatoriana en las ciudades de Quinindé (provincia de Esmeraldas) y Portoviejo (provincia de Manabí) (Mapa 1), desde noviembre 2016 hasta abril 2017. Para las colectas entomológicas se escogieron 8 sectores urbanos y 11 sectores rurales de Quinindé y Portoviejo, seleccionados de acuerdo a la densidad

de construcciones por unidad de área. En general, las áreas rurales tendían a tener las construcciones dispersas y separadas por áreas verdes, cultivos o pastizales. Las áreas urbanas, en general pertenecían a los sectores centrales de las ciudades y sus construcciones tenían mayor cercanía unas a otras sin áreas verdes, cultivos o pastizales intermedios. Este criterio no tomaba en cuenta el acceso a los servicios básicos ni a la categorización urbana de los municipios locales.

## **COLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE MOSQUITOS**

Los mosquitos fueron colectados usando Aspiradores Prokopack, que es desarrollado para el muestreo directamente en sus sitios de descanso, lo que mejora las estimaciones de diversidad de especies, abundancia, proporción de sexos y estructura de edad tanto intradomiciliario como peridomiciliario durante (Silver, 2008) 10 minutos estándar. Además, se usaron trampas tipo BG<sup>®</sup> la cual genera atracción de los mosquitos debido a la simulación de la superficie humana mediante la generación de atractivos y flujos de aire (Biogents, 2016), en sectores rurales y urbanos en las dos provincias de la costa norte de Ecuador para la selección de algunos especímenes que se utilizaron en la determinación de su fuente alimenticia.

Los mosquitos colectados fueron almacenados en hielo seco para su transporte, después fueron separados en base a sus características morfológicas mediante identificación taxonómica, y almacenados a -20°C en crioviales con alcohol al 96%.

La identificación y clasificación taxonómica de las hembras de los mosquitos, así como la amplificación molecular del gen Cyt-B se realizó en el Laboratorio de Entomología Médica y Medicina Tropical de la Universidad San Francisco de Quito.

## EXTRACCIÓN Y AMPLIFICACIÓN DE ADN

Las hembras de *Cx. quinquefasciatus* alimentadas fueron escogidas para su extracción de ADN en base al puntaje de Sella (II-IV) de digestión de sangre en el mosquito. Se usó el kit de extracción de ADN de QUIAGEN® de acuerdo con las especificaciones del mismo.

En varios estudios se prefiere el uso del gen Cyt-B, para la amplificación ya que se trata de una región muy conservada la para detección de vertebrados. Los cebadores utilizados para el PCR son complementarios para la región conservada del gen Cyt-B del mtDNA. De los cuales se escogieron los cebadores L14841 y H15149: F(Cyt b1): 5' - CCA TCC AAC ATC TCA GCA TGA TGA AA-3' y R(Cyt b2): 5' -GCC CCT CAG AAT GAT ATT TGT CCT CA-3'. (4,5)

La amplificación del fragmento fue realizada a un volumen de 20ul: PCR buffer 5x (4ul), MgCl<sub>2</sub> 25mM (1ul), dNTPs 10mM (0,7ul), GoTaq Promega® 5U/ul (0,05ul), primers F y R 10uM (0,1ul), y ADN (2ul). La reacción del PCR fue llevada en un termociclador BIORAD® con los siguientes parámetros: Desnaturalización inicial y activación de polimerasa a 95°/ 10min, seguido de desnaturalización 94°/30s, alineamiento 52°/30s, extensión 72°/45s por 40 ciclos, y una extensión final 72°/5 min. La electroforesis se realizó con 4ul de producto de PCR, en un gel de agarosa al 1,8% con TAE, corrido a 80v durante 50min.

## SECUENCIACIÓN Y ANÁLISIS

Los amplicones fueron secuenciados (Macrogen Inc., Seúl) y comparados con secuencias de referencia de GenBank mediante MEGA 7, para la identificación de la fuente sanguínea de cual se alimentaron.

## ESTADÍSTICA Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Todos los análisis estadísticos fueron generados mediante el software estadístico R versión 1.0.143, usando el paquete lme4 (Douglas Bates, Martin Maechler, Ben Bolker, 2015) que se encarga de manejar modelos mixtos lineales generalizados (GLMM). Se crearon modelos anidados (“nested models”) para responder cada hipótesis y el mejor modelo estadístico fue seleccionado desde el más complejo al más simple usando la Prueba de Razón de Verosimilitud (Likelihood Ratio Test) (Ciprian M. Crainiceanu, 2003), mediante la función “anova” (Chambers, J. M. and Hastie, 1992).

### **Análisis estadísticos Hipótesis 1 y 3.**

Para probar si existen factores ambientales y/o ecológicos que impulsen la abundancia de *Culex quinquefasciatus* en la costa norte de Ecuador, se colocó a la abundancia total de hembras de *Cx. quinquefasciatus* como variable de respuesta y como variables explanatorias se usaron efectos fijos como son la Provincia (Esmeraldas/Manabí), la abundancia total de hembras de *Aedes aegypti*, la localización política del lugar (Urbano/Rural), localización en el domicilio (intradomiciliario/peridomiciliario), mes de recolección (Noviembre, Enero, Marzo, Abril), la presencia o ausencia de contenedores de agua localizados fuera del domicilio, así como la de gallinas. y efectos aleatorios como son los barrios donde se colectaron los mosquitos. Todos los modelos fueron ajustados con distribución de Poisson.

### **Análisis estadísticos Hipótesis 2.**

Para probar si alguno de los factores extrínsecos impulsa la preferencia alimenticia de *Culex quinquefasciatus* se colocó como variable de respuesta a la especie de hospedero (gallina o humano) y como variables explanatorias se usaron efectos fijos

como la Provincia (Esmeraldas/Manabí), la localización política del lugar (Urbano/Rural), localización en el domicilio (intradomiciliario/peridomiciliario), mes de recolección (Noviembre, Enero, Marzo) y finalmente presencia o ausencia de gallinas en el hogar, además efectos aleatorios (barrios de las dos localizaciones). Todos los modelos fueron ajustados con distribución binomial.

## Resultados.

### Análisis 1

#### Abundancia

De 4032 mosquitos colectados tanto en sectores urbanos como rurales de las dos provincias (53,12% hembras, 46,88% machos), 972 hembras (45,54%) fueron identificadas como *Cx quinquefasciatus*, de las cuales el 60,5% se encontraban con algún grado de alimentación, 48,56% procedentes de Quinindé y el 51,44% de Portoviejo ( $p>0,05$ ). Se evaluó la abundancia de las hembras durante 4 meses de recolección (Fig.1). Las hembras de *Cx quinquefasciatus* fueron las más abundantes en las dos localidades, siendo la especie predominante tanto en Quinindé (44,7%) como en Portoviejo (46,4%), sin encontrar diferencias significativas de estas dos comunidades ( $\chi^2= 1.176$ ,  $df=1$   $p=0.239$ ).

#### Hipótesis 1

Para los análisis de abundancia, se realizaron de igual manera modelos mediante comparaciones de Pruebas de Razón de Verosimilitud (Likelihood Ratio Test), se

determinó que los factores que estarían impulsando de manera significativa a la abundancia de *Cx. quinquefasciatus* en la costa norte de Ecuador fueron la presencia de los contenedores de agua fuera del domicilio ( $X^2= 46.92$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ ) (Fig. 2), la localización dentro o fuera del domicilio que también tuvo un efecto significativo ( $X^2= 7.8559$ ,  $df=1$ ,  $p=0.0051$ ) (Fig. 3), y la época de recolección tuvo una diferencia significativa en la cantidad de mosquitos ( $X^2= 141.89$ ,  $df=3$ ,  $p<0.001$ ) (Fig. 4).

A pesar de que la presencia de *Culex quinquefasciatus* tiene mayor abundancia en los sectores rurales (63,9%), en comparación con los sectores urbanos (36,10%) (Fig. 5), mediante la aplicación de un GLMM no se considera como un factor que impulse a la abundancia de manera significativa ( $X^2= 0.6179$ ,  $df=1$ ,  $p=0.4318$ ). Además, un hallazgo importante fue que la abundancia de *Culex quinquefasciatus* no es impulsada de manera significativa por la presencia de animales, específicamente de gallinas en este análisis ( $X^2= 0.6435$ ,  $df=1$ ,  $p=0.4224$ ), así como no existió un efecto significativo en la provincia donde estaban localizados los *Cx. quinquefasciatus* ( $X^2= 0.7363$ ,  $df=1$ ,  $p=0.3909$ ) (Tabla 1).

La cantidad de hembras, tanto intra como peri- domiciliariamente, de *Culex quinquefasciatus* fue significativamente más abundante dentro de las casas en los sectores urbanos, mientras que en los mosquitos del sector rural no existió una diferencia significativa entre los mosquitos dentro o fuera del hogar. Adicionalmente se evaluó la abundancia rural y urbano en cada provincia, siendo más abundante en las áreas urbanas en Quinindé, por lo contrario, en Portoviejo este mosquito tenía una presencia marcada en las áreas rurales.

Durante los cuatro meses fueron evaluados todos los sitios de recolección de mosquitos para la observación de regiones con mayor abundancia de mosquitos tanto en zonas rurales como en zonas urbanas. La mayor abundancia de mosquitos fue encontrada en 2 zonas rurales de Portoviejo (El Gramal y Picoaza) y en 3 zonas urbanas de Quinindé (Divino niño, Higueros y 24 de Junio) (Fig. 6).

## **Análisis 2**

### **Preferencia alimentaria**

De 125 hembras de las dos localidades analizadas (Sella's Score II-IV) para el fragmento del gen mitocondrial Cyt-b (359pb), solo en 81 (64,8%) hembras se logró amplificación de este gen (Fig. 6). Mediante el análisis de la secuenciación se encontró que *Cx quinquefasciatus* se alimentaba de *Gallus gallus* (54,3%) y de *Homo sapiens* (42%), el porcentaje restante no se pudo determinar debido que las secuencias analizadas tenían un patrón de mezcla de fuentes sanguíneas.

### **Hipótesis 2.**

Para los análisis de preferencias alimentarias, se realizaron un total de siete modelos. Mediante las comparaciones de Pruebas de Razón de Verosimilitud (Likelihood Ratio Test) se determinó que el sector sea este Urbano o Rural (Fig. 7) donde se alimentaban los mosquitos no tuvo un efecto significativo sobre la preferencia alimentaria de *Culex quinquefasciatus* ( $X^2= 3.1012$ ,  $df=1$ ,  $p=0.07823$ ). También se encontró que la presencia de gallinas cerca de los domicilios tuvo un impacto significativo para que este mosquito genere una preferencia sobre esta ave ( $X^2= 32.552$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ ) (Fig. 8). En relación con la localización dentro o fuera del domicilio observamos que también

tuvo un efecto significativo que influenció en el comportamiento alimenticio de *Cx. quinquefasciatus* ( $X^2= 8.4646$ ,  $df=1$ ,  $p=0.003621$ ) (Fig. 9). Se encontró que, existe diferencia significativa entre los patrones de alimentación entre provincias, debido a la diferencia de porcentajes de aves (Fig. 10) que se encuentran en cada lugar donde se localizaba el mosquito ( $X^2= 6.6838$ ,  $df=1$ ,  $p=0.009729$ ) (Fig. 11). Así, como la época del año en la cual fueron analizadas no tuvo mayor relevancia significativa ( $X^2= 5.165$ ,  $df=2$ ,  $p=0.07$ ), la cual es independiente para la preferencia de alimentación para *Culex quinquefasciatus* una vez que los modelos fueron asociándose de diferente manera se encontró este resultado.

Al unir todos estos factores el modelo que mejor explico las variables que podían estar impulsando la preferencia alimentaria (Tabla 2) en el vector fue el que contenía la presencia de aves, la localización en el hogar y finalmente la provincia, estas variables hacen que se impulse la preferencia hacia una especie en específico, demostrando en este modelo que sigue una distribución binomial. Por lo que se observa que *Cx. quinquefasciatus* se alimenta dentro o fuera del domicilio con una preferencia alimentaria diferente, teniendo que dentro del domicilio prefieren a los humanos y fuera de el a las gallinas, independientemente del sector urbano o rural, o de la época de año, siendo la presencia de gallinas un punto fundamental en el tipo de preferencia alimentaria que sigue *Cx. quinquefasciatus*.

### **Análisis 3**

#### **Correlacion entre *Culex Quinquefasciatus* y *Aedes Aegypti***

En el estudio se evidencio que *Culex quinquefasciatus* es el mosquito más abundante (51,52%) en comparación con el resto de los mosquitos colectados durante los 4

meses, seguido por de *Aedes aegypti* (23,25%) lo que justifica este estudio y lo hace relevante. Se efectuó análisis en base a la abundancia y su correlación.

### Hipótesis 3

Para conocer si existe diferencias significativas entre *Culex quinquefasciatus* y *Aedes aegypti* se realizaron comparaciones dentro de los modelos de abundancia, en base al número que existe entre cada uno de ellos, en cada uno de los sectores donde fueron colectados, y con los diferentes factores ambientales ya antes expuestos. Se verificó si estos valores difieren significativamente en sectores urbanos o rurales, así como intra-domicilio como peri-domicilio.

Se encontró que existe una diferencia significativa en la cantidad de cada sitio recolectado durante los cuatro meses. En general *Culex quinquefasciatus* (69,64%) tuvo mayor predominancia que *Aedes aegypti* (30,36%), en la mayoría de los sitios de colección en la costa norte de Ecuador, afectando significativamente la abundancia de *Cx. quinquefasciatus* ( $X^2= 12.171$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ ). Se realizó una prueba de correlación entre ambas especies para comprobar de qué manera afecta la presencia de *Aedes aegypti* a la de *Culex quinquefasciatus*, Se encontró una correlación negativa entre estas dos especies (Fig. 12), los resultados sugieren que a mayor cantidad de *Cx. quinquefasciatus* existe menor cantidad de *Aedes aegypti*

Se procedió a evaluar la cantidad de estos dos mosquitos, observando los datos si se separan a estas dos poblaciones. Los resultados evidencian que *Culex quinquefasciatus* es un mosquito con preferencia rural ( $t=-2.55$ ,  $p=0.011$ ,  $n=881$ ), mientras *Aedes aegypti* prefiere un ambiente urbano ( $t=3.04$ ,  $p=0.003$ ,  $n=394$ ) (Fig. 13). Es interesante que los análisis sugieren que *Cx. quinquefasciatus* no tiene

diferencias significativas en su preferencia por el intra o peridomicilio ( $t=-.57, p=0.118$ ), mientras que *Aedes aegypti* si prefiere ambientes intradomiciliarios ( $t=4.5347, p=0,000010$ ) (Fig.14).

## DISCUSIÓN

*Culex quinquefasciatus* al parecer es uno de los mosquitos más abundantes en la costa norte de Ecuador, el cual se encuentra ampliamente distribuido tanto en zonas urbanas como rurales que tienen deficiencias de servicios básicos los cuales generan graves problemas en los ámbitos de salud pública. Al comparar cada uno de los factores mencionados en este estudio vamos evidenciando como pueden estar involucrados en el desarrollo de la abundancia de este mosquito. Se conoce que los contenedores de agua externos son hábitats perfectos e importantes en el ciclo de vida de los mosquitos (Lai, Tung, Ooi, & Wang, 2000), factor que impulsa a la abundancia debido a que estos contienen restos orgánicos para su alimentación y desarrollo potenciando los criaderos de los mosquitos cerca de las comunidades humanas (Hesson, Ostman, Schafer, & Lundstrom, 2011). La cantidad total de estos contenedores de agua externos estaban casi en el mismo porcentaje en los dos sectores, un punto importante por el cual no encontramos que el sector sea urbano o rural al igual que la provincia de la cual se recolectó los mosquitos no son factores que impulse la abundancia por las condiciones de sus servicios básicos similares (Pinto, 2009), en comparación con otros estudios en los que se demuestra que puede existir

diferencias en los porcentajes de mosquitos entre sectores urbanos y rurales (De la Mora A, 2007; Jansen et al., 2009).

En el área rural el porcentaje de personas que vive con sus animales o están muy cerca de sus viviendas es mayor, en comparación con el área urbana (De la Mora A, 2007), un hallazgo interesante es que la presencia de animales como son las gallinas no es un factor que predisponga al aumento de la abundancia, a pesar de que la cantidad de estas aves de corral son muy diferentes en estos dos sectores.

Se observa que la diferencia del número de mosquitos dentro o fuera del hogar tiene un efecto significativo en la abundancia de *Cx. quinquefasciatus*, esto podría explicarse porque este mosquito prefiere lugares de descanso que lo protejan de cualquier tipo de factor externo (Ahumada, Lapointe, & Samuel, 2004), o en ocasiones se relaciona con la cantidad de habitantes en que se encuentran tanto dentro como fuera del domicilio, los cuales son su fuente de alimentación (De la Mora A, 2007; ELIZONDO-QUIROGA et al., 2006; Hesson et al., 2011) e impulsa de esta manera a la abundancia. Además se conoce que las condiciones de la vivienda, los factores físicos y geográficos son un factor que determina en cierto grado la distribución y abundancia de un vector (De la Mora A, 2007).

La época del año es un factor importante sobre la abundancia de *Culex quinquefasciatus*, debido a que se relaciona con la presencia de cambios climáticos, siendo los meses de más precipitación en los que se tiene una relación positiva con la abundancia relativa de este mosquito (David et al., 2012; Uttah et al., 2013), nosotros encontramos que existe una variación importante en la cantidad respecto al mes de

recolección, siguiendo un patrón de lluvia la cual se expande conforme aumenta la precipitación (Valdez, Sibona, Diaz, Contigiani, & Condat, 2017).

En la determinación de los patrones de alimentación en *Culex quinquefasciatus* en áreas urbanas y rurales de las provincias de Esmeraldas y Manabí, se observó que este mosquito se alimenta mayoritariamente de humanos y gallinas. En estudios encontrados este mosquito cambia su comportamiento alimenticio dependiendo de la zona donde se realizó el muestreo, pudiendo alimentarse en mayor porcentaje de aves, o en ocasiones en mayor cantidad de mamíferos, cambiando su patrón de alimentación en base a la disponibilidad del hospedero (Janssen et al., 2015; Molaei et al., 2007). Por lo que nosotros involucramos varios factores que nos ayuden a entender el comportamiento alimenticio en la Costa Norte de Ecuador.

El urbanismo fue uno de los factores que no afecta el comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus*, debido a que entre los sectores urbano y rural en nuestro estudio presentan características similares (Pinto, 2009), por lo que no hay ninguna relación con respecto a la preferencia de hospedero para su alimentación, a pesar de que en algunos estudios las condiciones de urbanismo si afectan a los patrones alimenticios de este mosquito, porque las condiciones estructurales son diferentes lo que conlleva a un cambio en la disponibilidad de hospederos para su alimentación (De la Mora A, 2007). Además, encontramos que la época del año no afecta al comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus*, debido que este factor no hace que varíe la disponibilidad de fuentes alimenticias.

*Culex quinquefasciatus* ha sido involucrado como un importante vector para WNV en algunas regiones del continente americano, aunque en Ecuador no se ha determinado

la competencia vectorial para este mosquito, se tiene conocimiento que existe la presencia de este virus mediante evidencia serológica en muestras de sangre de caballos (Coello et al., 2016) por lo que es importante conocer que factores son los que impulsan la preferencia alimentaria hacia un hospedero en particular.

*Culex quinquefasciatus* es uno de los principales vectores de WNV en Estados Unidos, así como de SLVE en varias regiones de América, por lo que podría ser un potencial vector en nuestro territorio debido a su comportamiento alimenticio oportunista (Alencar et al., 2012), y el puente que puede generar entre especies para la transmisión de la enfermedad (Zinser et al., 2004).

En nuestro estudio relacionamos algunas variables para poder entender su comportamiento alimenticio, entre ellas podemos describir a la presencia de gallinas la cual impulsa a *Culex quinquefasciatus* hacia un hospedero en específico, estos datos sugieren que las preferencias alimenticias de este mosquito no dependen del área donde se encuentre sino más bien de la disponibilidad de organismos para alimentarse, en este caso las gallinas o humanos dependiendo de su ubicación (ELIZONDO-QUIROGA et al., 2006; Janssen et al., 2015).

Al entrar en el tema de la ubicación podemos resaltar dos localizaciones de donde fueron colectados *Culex quinquefasciatus*, dentro del domicilio y fuera del domicilio, los cuales hacen que cambien la preferencia del hospedero de manera significativa, dando una preferencia hacia humanos dentro de los domicilios y fuera para las gallinas, teniendo un patrón flexible en la disponibilidad de su alimentación datos que se asemejan con los resultados de Elizondo, A., et al., 2007. Normalmente *Culex quinquefasciatus* muestra preferencia por alimentarse de aves sobre otras especies

(Garcia-Rejon et al., 2010), pero cuando existe mayor disponibilidad de personas, especialmente intradomiciliarmente, prefieren alimentarse del hombre (Dixit V, Gupta AK, Kataria OM, 2001; Zinser et al., 2004).

Identificamos que existen diferencias entre provincias en lo que respecta a la preferencia alimentaria el cual podría estar explicado por presencia de aves en los hogares de cada uno de los sitios colectados es diferente, a pesar de que las condiciones estructurales son similares en las dos provincias. En estudios de otras localidades se ve que existe diferencias entre los patrones de alimentación cuando se asocia varias ciudades a la vez y debido a la variación de la disponibilidad del huésped, lo que puede ser crítico para determinar un comportamiento uniforme en cada sitio de muestreo, ya que *Culex quinquefasciatus* se adapta a su medio ambiente de una manera excepcional (Janssen et al., 2015; Zinser et al., 2004). Además, debemos contemplar otros factores como el social el que hace que en distintas localidades tengan mejores normas de control vectorial, como es el uso de repelentes, insecticidas o el mantenimiento de contenedores externos de agua tapados, que pueden afectar el comportamiento alimenticio de *Culex quinquefasciatus* (ELIZONDO-QUIROGA et al., 2006).

Se realizó comparaciones entre las poblaciones de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* para valorar si existe algún factor que haga que generen algún tipo de competencia interespecífica entre ellos, uno de ellos es el hábitat de ovoposición que comparten (Marini et al., 2017), puesto que este tipo de competencia puede llevar a dos formas: la exclusión de especies débiles o a la coexistencia mediante

diferentes mecanismos como es el uso de los recursos o cambios espaciales o temporales del hábitat donde se desarrollan (Leisnham, LaDeau, & Juliano, 2014), en este estudio se encontró que existe una correlación negativa entre estas dos poblaciones, haciendo que mientras aumenta el número de individuos de *Cx. quinquefasciatus*, disminuye la cantidad de *Aedes aegypti*, debido aparentemente a que comparten contenedores de agua externos en los domicilios, siendo las formas adultas más abundantes *Cx. quinquefasciatus*.

Se ha encontrado que existe una mayor proporción de *Culex quinquefasciatus* en los sectores rurales (David et al., 2012) en comparación con *Aedes aegypti* (Leisnham et al., 2014), teniendo diferencias significativas entre la cantidad de estas dos poblaciones, así como el comportamiento diferente en los sectores urbanos o rurales y dentro o fuera de los hogares, debido a que estas dos especies son importantes por la transmisión de ciertos arbovirus hacia la población humana. En Ecuador se ha descrito mediante serología la presencia de anticuerpos contra West Nile Virus (Coello et al., 2016), el cual se transmite por la picadura de *Cx. quinquefasciatus*, y aunque este hallazgo se ha dado en caballos, la posibilidad de encontrar en seres humanos es de mayor probabilidad, puesto que este mosquito es un vector altamente competente para este tipo de patógeno y transmitir el virus a varios hospederos debido a la flexibilidad de su comportamiento alimenticio (Alencar et al., 2012). Se ha realizado varios estudios donde se expone que la enfermedad podría estar enmascarándose o confundándose con otras enfermedades como el Dengue sin signos de alarma (Elizondo-Quiroga & Elizondo-Quiroga, 2013; Tesh et al., 2002), el cual es responsable *Aedes aegypti*, debido a su sintomatología muy similar. Por lo que es importante

analizar los factores ambientales que pueden potenciar la preferencia alimentaria de *Culex quinquefasciatus* así como su distribución, abundancia y el comportamiento de este potencial vector en nuestro país, el cual ya ha sido involucrado como vector de WNV en la mayoría de países Suramérica que poseen condiciones similares geográficas y ambientales. Por lo que debemos tratar de entender los factores que hacen que este mosquito sea el aparentemente el más abundante en la región de la costa norte de Ecuador y posteriormente encontrar si está involucrado en la transmisión de patógenos dentro de nuestro territorio .

#### **AGRADECIMIENTOS:**

El presente estudio utilizó las muestras de mosquitos de *Culex quinquefasciatus* colectadas por el proyecto de doctorado de Leonardo Ortega López “The ecology of Zika transmission in Colombia and Ecuador” de la Universidad de Glasgow, Reino Unido. Este proyecto tuvo financiamiento del Medical Research Council (MRC) a través del grant número MC\_PC\_15081. Agradezco a todas las personas que colaboraron con este proyecto en especial a Leonardo Ortega y Mauro Pazmiño, los cuales colaboraron inmensamente en el desarrollo de mi tesis, además a Renato León quien me dio la oportunidad de formar parte de su Laboratorio y realizar el presente trabajo ahí.

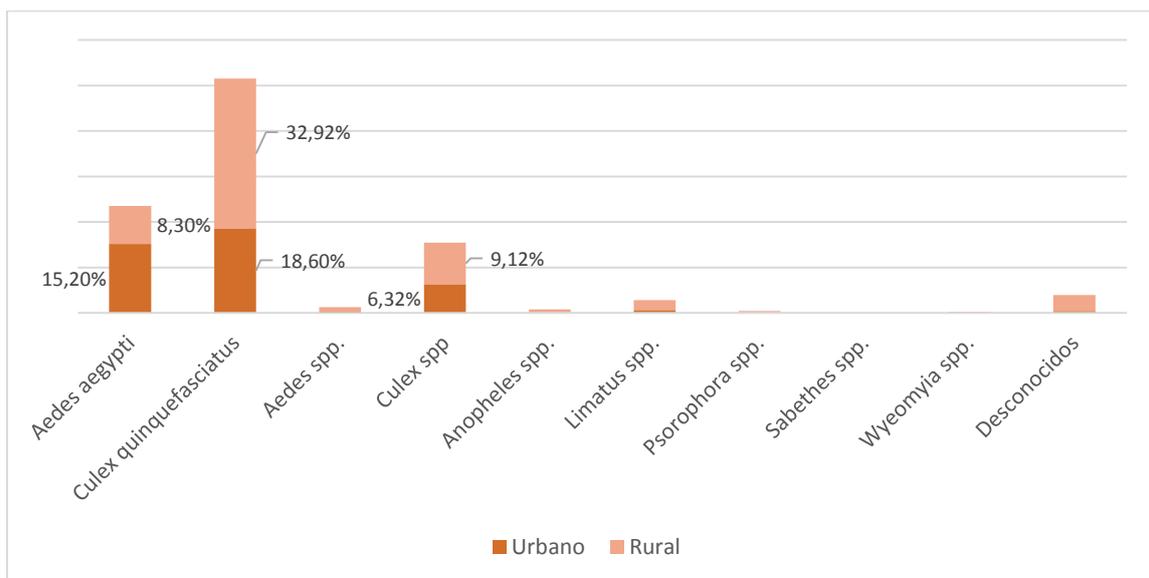
## MAPAS

**Mapa 1. Sitio de Recolección de especímenes: Cantones Quininde y Portoviejo (Fuente Instituto Geográfico Militar, 2012)**

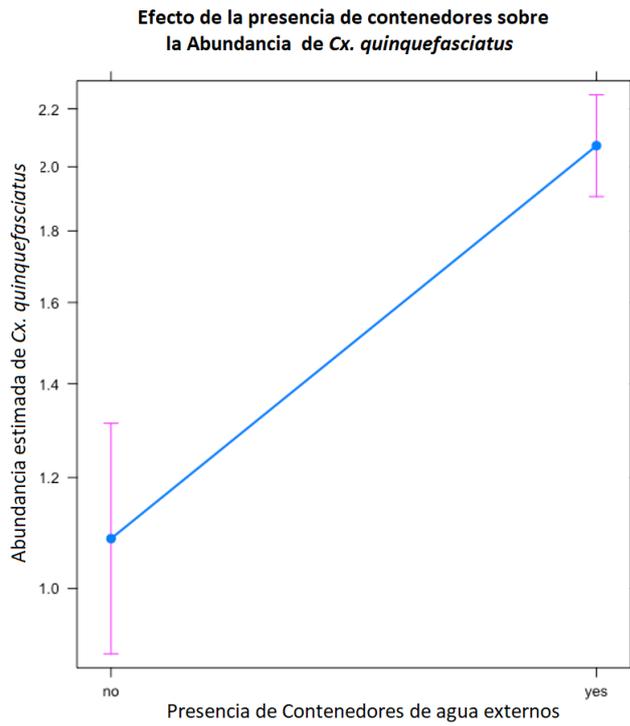


## FIGURAS

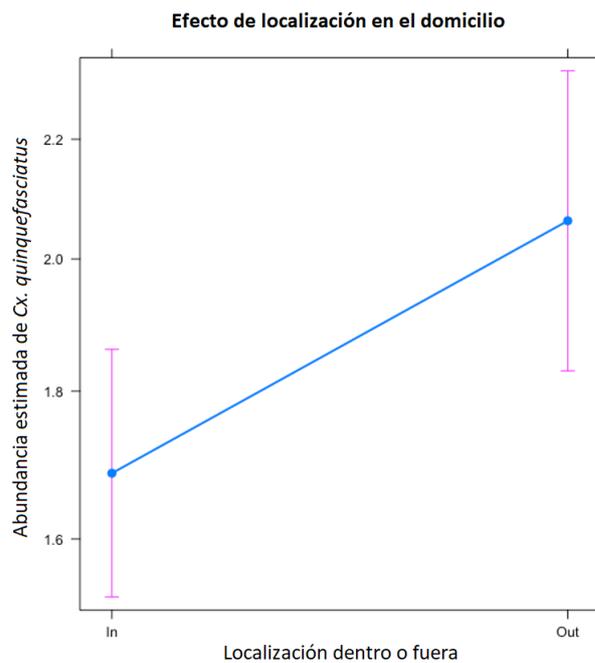
**Fig. 1. Abundancia de hembras por especies y sector (n= 1710)**



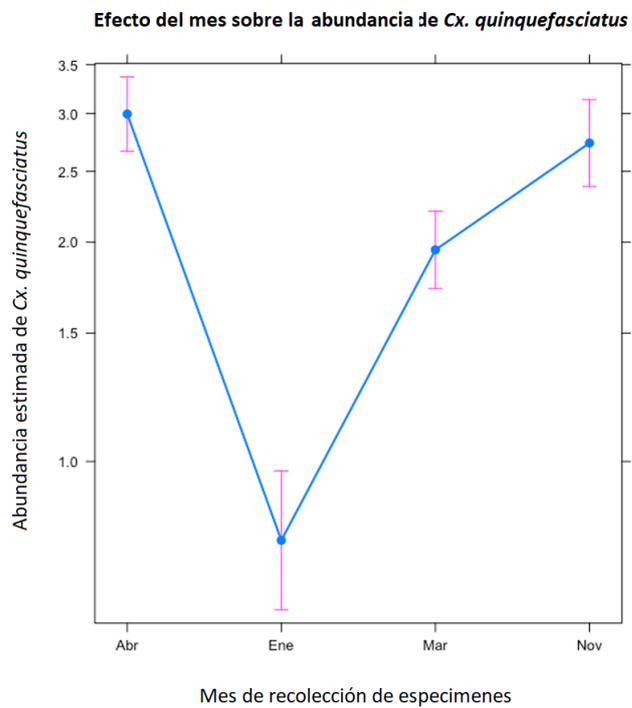
**Fig. 2 Efecto de la presencia de contenedores externos en la costa norte de Ecuador**



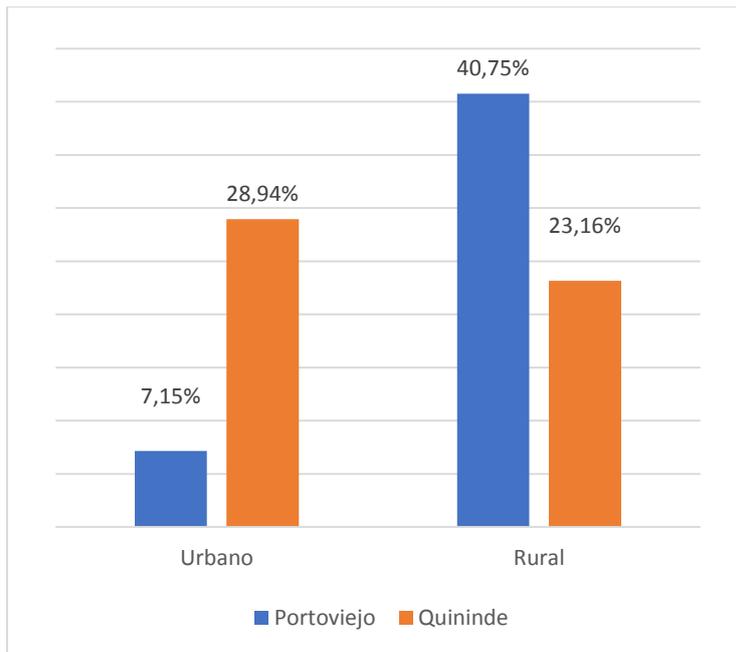
**Fig. 3 Efecto de la localización intradomiciliario y peridomiciliario sobre la abundancia estimada de *Culex quinquefasciatus*.**



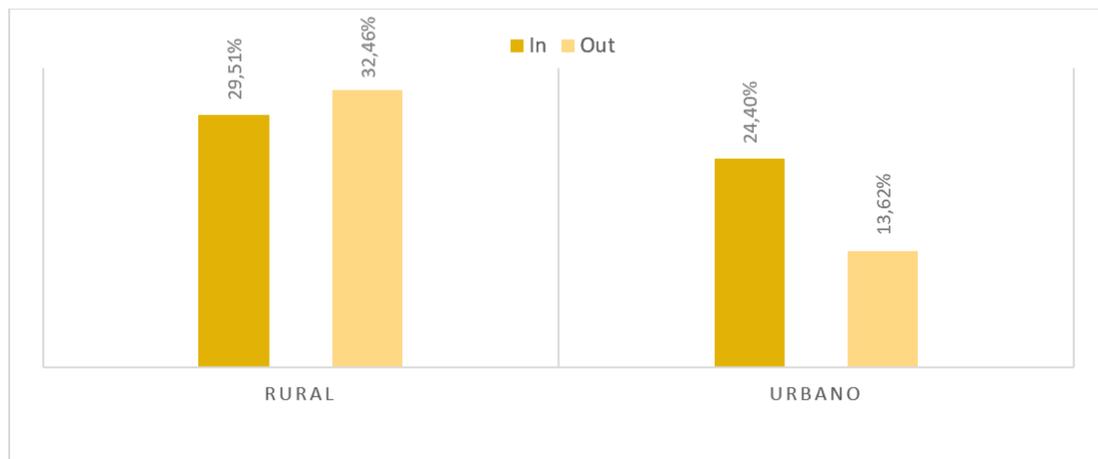
**Fig. 4 Efecto de la época de recolección de los mosquitos durante los 4 meses de recolección.**



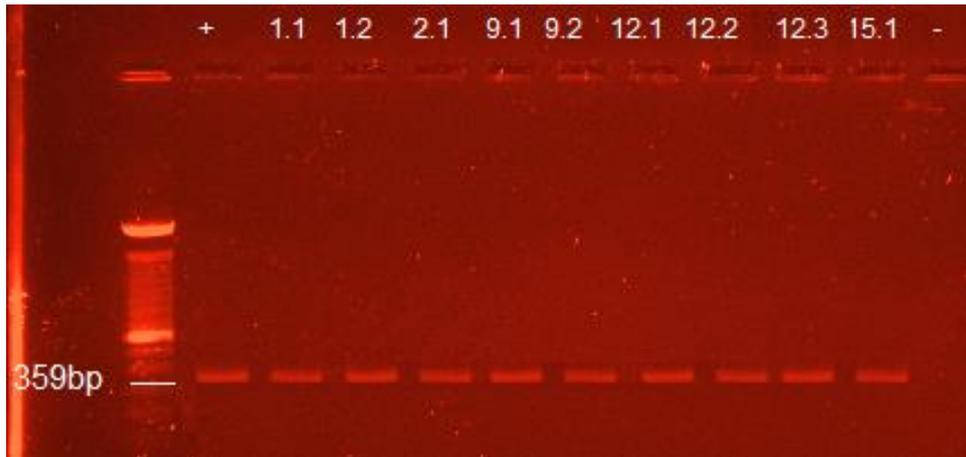
**Fig. 5 Porcentaje de mosquitos por provincia y por sector**



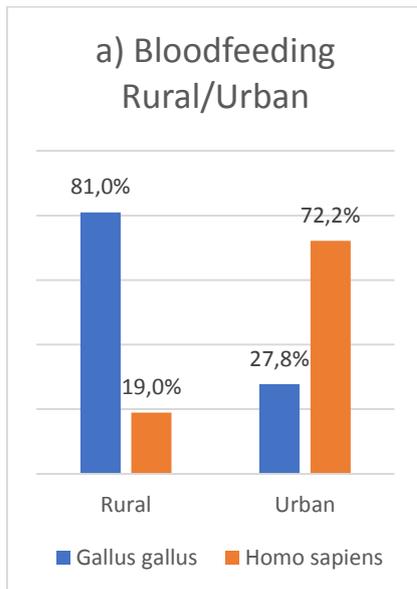
**Fig. 5.1 Porcentaje de *Culex quinquefasciatus* en sectores Urbanos y Rurales dentro y fuera del domicilio (n=881)**



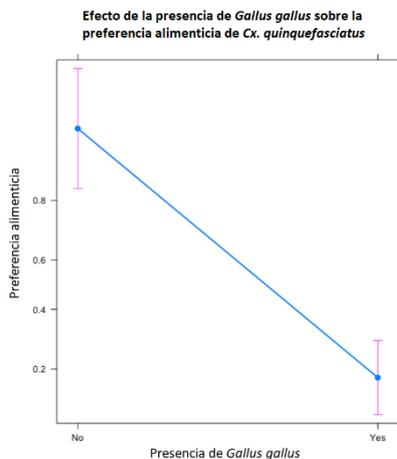
**Fig. 6 Amplificación del Gen CytB (359pb)**



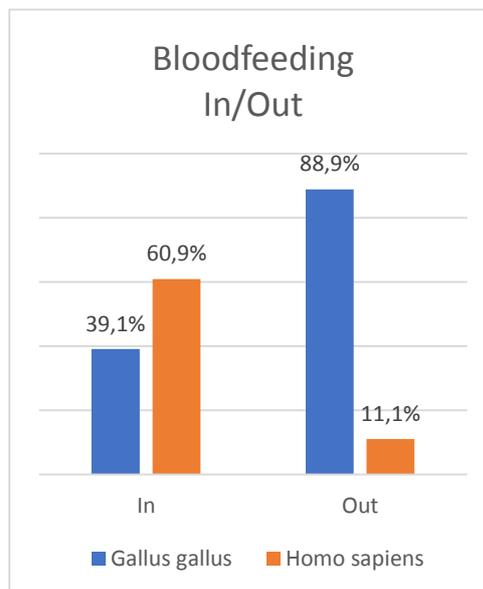
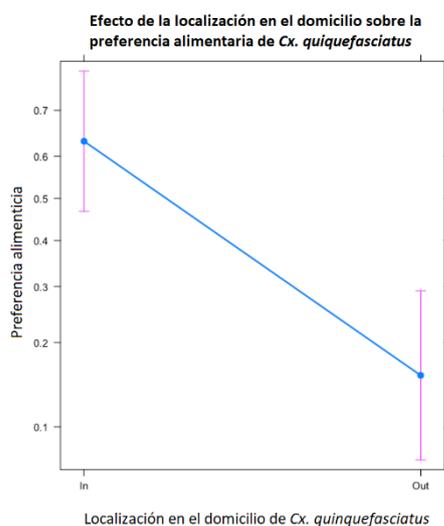
**Fig. 7** Porcentaje de hembras alimentadas (*Gallus gallus* 54.3% / *Homo sapiens* 42%) de *Cx. quinquefasciatus* con respecto al urbanismo (n=78)



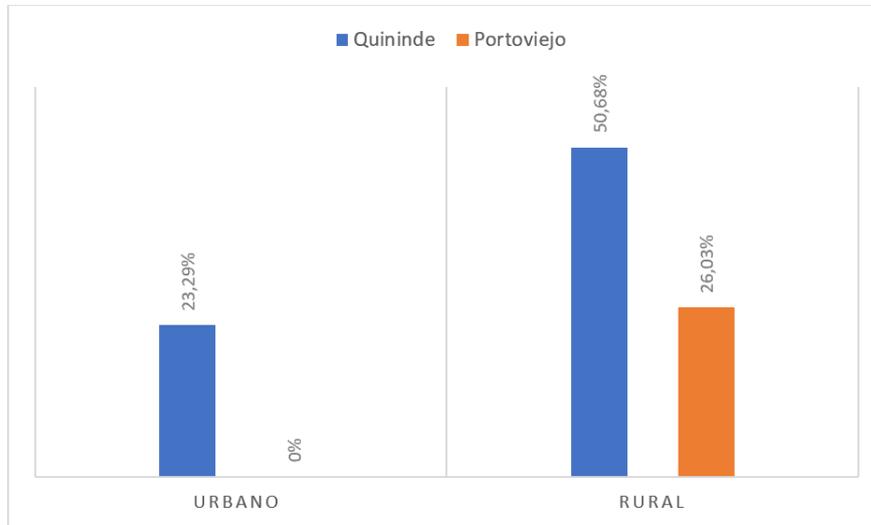
**Fig. 8 Efecto de la presencia de *Gallus gallus* sobre la preferencia alimentaria hacia un hospedero en específico ( $X^2= 32.552$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ )**



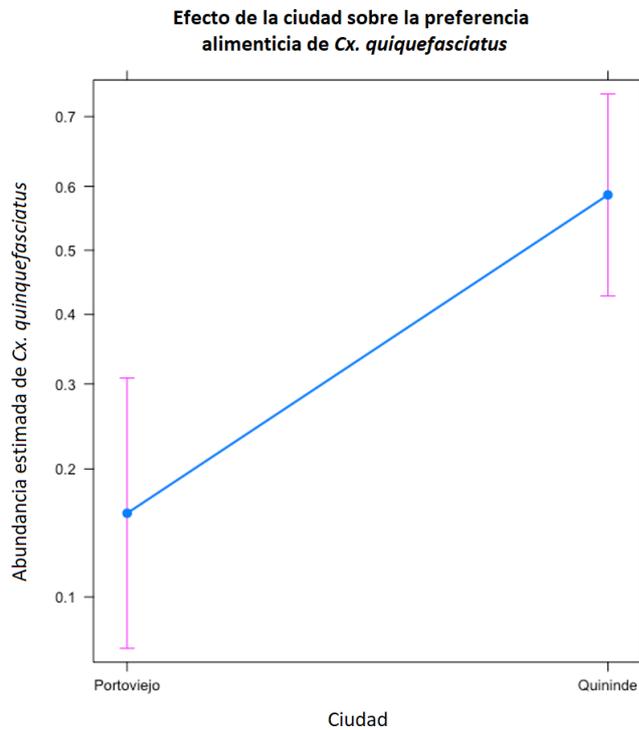
**Fig. 9. a) Efecto de la localización: Intra domiciliaria o peri-domiciliaria hacia la preferencia alimentaria de un hospedero en particular ( $X^2= 32.552$ ,  $df=1$ ,  $p<0.001$ ). b) Porcentaje de preferencias alimentarias (n=79) en localizaciones intra y peri-domiciliario**



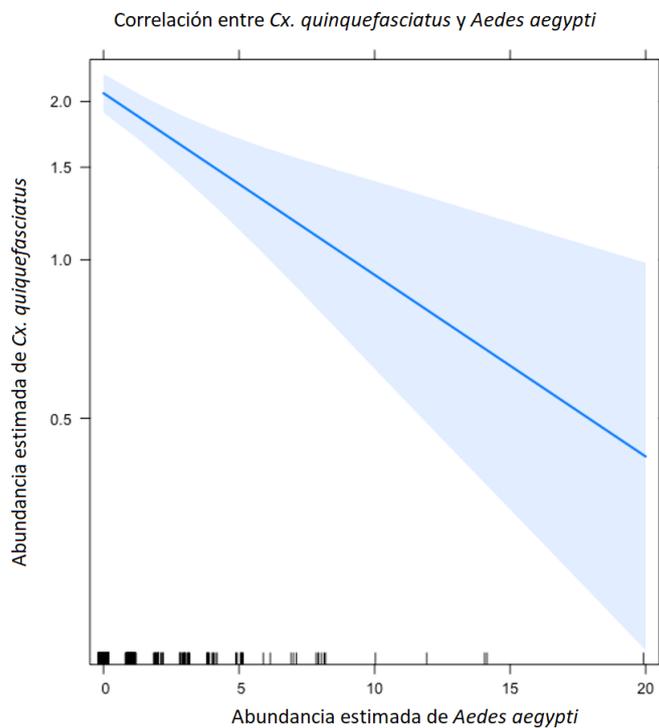
**Fig. 10 Porcentaje de *Gallus gallus*, en cada provincia y sector**



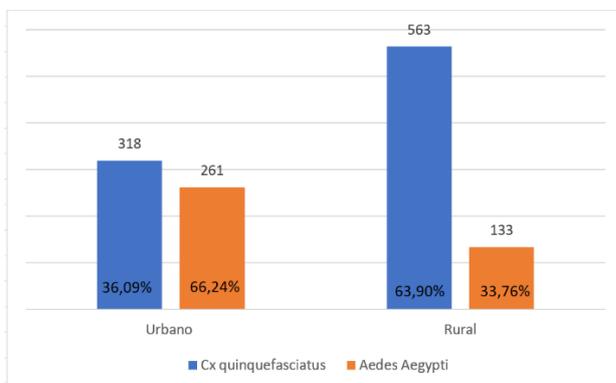
**Fig. 11 Efecto de la ciudad sobre la preferencia específica hacia un hospedero en particular ( $X^2= 6.6838$ ,  $df=1$ ,  $p=0.009729$ )**



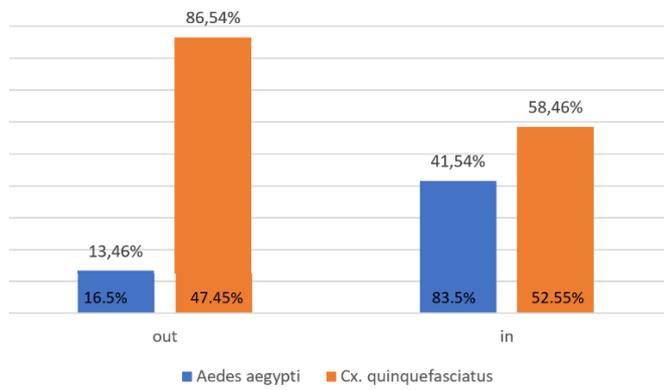
**Fig. 12 Efecto de *Aedes aegypti* sobre la abundancia estimada de *Culex quinquefasciatus* en la Costa norte de Ecuador**



**Fig. 13 Porcentaje *Cx. quinquefasciatus* ( $t=-2.55$ ,  $p=0.011$ ) vs *Aedes aegypti* ( $t=3.04$ ,  $p=0.003$ ) sectores Urbano y Rural ( $n=1275$ ).**



**Fig. 14** Porcentaje *Cx. quinquefasciatus* ( $t=-0.57, p=0.118$ ) vs *Aedes aegypti* ( $t=-4.53, p<0.01$ ) intra y peridomicilio ( $n=1275$ ).



## TABLAS

**Tabla 1. Valores estadísticos de significancia de factores medio-ambientales**

<b>Factor medio-ambiental</b>	<b>Detalle</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Contenedores de agua	Presencia/Ausencia	46.92	1	<0.001
Localización domiciliaria	Intra o peri-domicilio	78.559	1	0.0051
Mes de recolección	Nov/Ene/Mar/Abr	141.89	3	<0.001
Urbanismo	Urbano/Rural	0.6179	1	0.4318
Gallinas	Presencia/Ausencia	0.6435	1	0.4224
Provincia de recolección	Esmeraldas/ Manabí	0.7363	1	0.3909

**Tabla 2. Valores estadísticos de factores medioambientales relacionados con la preferencia alimentaria**

<b>Factor medio-ambiental</b>	<b>Detalle</b>	<b><math>\chi^2</math></b>	<b>df</b>	<b>p</b>
Gallinas	Presencia/Ausencia	32.552	1	<b>&lt;0.001</b>
Localización domiciliaria	Intra o peri-domicilio	84.646	1	<b>0.003621</b>
Provincia de recolección	Esmeraldas/ Manabí	6,6838	1	<b>0.009729</b>
Urbanismo	Urbano/Rural	31.012	1	0.07823
Mes de recolección	Nov/Ene/Mar/Abr	5.165	2	0.07

## BIBLIOGRAFIA

- Ahumada, J. A., Lapointe, D., & Samuel, M. D. (2004). Modeling the Population Dynamics of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae), along an Elevational Gradient in Hawaii. *Journal of Medical Entomology*, 41(6), 1157–1170. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-41.6.1157>
- Alencar, J., Silva, J. D. S., De Oliveira, L. C. M., Marcondes, C. B., Morone, F., & Lorosa, E. S. (2012). Feeding Patterns of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) From Eastern Santa Catarina State, Brazil. *Journal of Medical Entomology*, 49(4), 952–954. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1603/ME11270>
- Atkinson, C. T., Woods, K. L., Dusek, R. J., Sileo, L. S., & Iko, W. M. (1995). Wildlife disease and conservation in Hawaii: Pathogenicity of avian malaria (*Plasmodium relictum*) in experimentally infected liwi (*Vestiaria coccinea*). *Parasitology*, 111(S1), S59–S69. <https://doi.org/DOI: 10.1017/S003118200007582X>
- Baqueriz, A. Ador, L.; Marmo, C. Vallos, F. (1959). Serological investigation of St. Louis encephalitis in various regions of Ecuador. *Revista Ecuatoriana de Higiene Y Medicina Tropical*, 16, 249–259.
- Barr, A. R. (1957). The Distribution of *Culex P. Pipiens* and *C. P. Quinquefasciatus* in North America<sup>1</sup>. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 6(1).
- Bhattacharya S, B. P. 2016; 4:73-81. (2016). The southern house mosquito, *Culex quinquefasciatus*: profile of a smart vector. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4, 73–81.

Biogents. (2016). Mosquito Tramp BG Sentinel. Germany.

Calhoun L, Avery M, Jones L, Gunarto, K, King, R, Roberts J, B. T. (2007). Combined Sewage Overflows (CSO) Are Major Urban Breeding Sites for *Culex quinquefasciatus* in Atlanta, Georgia. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 77(3), 478–484.

Calisher, C., Gutierrez, E., Francy, B., Alava, A., Muth, D., & Laznick, J. (1983). Identification of hitherto unrecognized arboviruses from Ecuador: Members of serogroups B, C, Bunyamwera, Patois, and Minatitlan. *The American Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 32, 887–885.

Chambers, J. M. and Hastie, T. J. (1992). Statistical Models in S. *Wadsworth & Brooks/Cole*.

Ciprian M. Crainiceanu. (2003). Likelihood ratio tests in linear mixed models with one variance component. *Department of Statistical Science, Cornell University, Malott Hall, NY 14853, USA.*  
<https://doi.org/https://people.orie.cornell.edu/davidr/papers/asymptoticpaper2.pdf>

Coello, R., Díaz, A., Zambrano, R., Pazmiño, B., & Ayol, L. (2016). Serological test for West Nile virus in horses of Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI, Vol. 9*(Nº 20), 59–62. Retrieved from 1390-4272

David, M. R., Ribeiro, G. S., & Freitas, R. M. de. (2012). Bionomics of *Culex quinquefasciatus* within urban areas of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 46, 858–865.

- De la Mora A, G. A. (2007). Distribución geoespacial del mosquito *Culex quinquefasciatus* (Diptera:Culicidae) principal vector del Virus del Oeste del Nilo, en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Revista de Salud Pública Y Nutrición*, 8(2), 3–15.
- Dixit V, Gupta AK, Kataria OM, P. G. (2001). Host preference of *Culex quinquefasciatus* in Raipur city of Chattisgarh state. *J Commun Dis*, 33, 17–22.
- Douglas Bates, Martin Maechler, Ben Bolker, S. W. (. (2015). Fitting Software, Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *Journal of Statistical*, 67(1)(1–48). <https://doi.org/doi:10.18637/jss.v067.i01>.
- ELIZONDO-QUIROGA, A., FLORES-SUAREZ, A., ELIZONDO-QUIROGA, D., PONCE-GARCIA, G., BLITVICH, B. J., CONTRERAS-CORDERO, J. F., ... FERNANDEZ-SALAS, I. (2006). HOST-FEEDING PREFERENCE OF CULEX QUINQUEFASCIATUS IN MONTERREY, NORTHEASTERN MEXICO. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(4), 654–661. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2006\)22\[654:HPOCQI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2006)22[654:HPOCQI]2.0.CO;2)
- Elizondo-Quiroga, D., & Elizondo-Quiroga, A. (2013). West Nile Virus and its Theories, a Big Puzzle in Mexico and Latin America. *Journal of Global Infectious Diseases*, 5(4), 168–175. <https://doi.org/10.4103/0974-777X.122014>
- Garcia-Rejon, J. E., Blitvich, B. J., Farfan-Ale, J. A., Loroño-Pino, M. A., Chi Chim, W. A., Flores-Flores, L. F., ... Beaty, B. J. (2010). Host-Feeding Preference of the Mosquito, *Culex quinquefasciatus*, in Yucatan State, Mexico. *Journal of Insect Science*, 10, 32. <https://doi.org/10.1673/031.010.3201>

- Goddard, L. B., Roth, A. E., Reisen, W. K., & Scott, T. W. (2002). Vector Competence of California Mosquitoes for West Nile virus. *Emerging Infectious Diseases*, 8(12), 1385–1391. <https://doi.org/10.3201/eid0812.020536>
- Hesson, J. C., Ostman, O., Schafer, M., & Lundstrom, J. O. (2011). Geographic Distribution and Relative Abundance of the Sibling Vector Species *Culex torrentium* and *Culex pipiens* in Sweden. *VECTOR-BORNE AND ZOOLOGICAL DISEASES*, 11(10). <https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0630>
- Jansen, C. C., Webb, C. E., Graham, G. C., Craig, S. B., Zborowski, P., Ritchie, S. A., ... van den Hurk, A. F. (2009). Blood Sources of Mosquitoes Collected from Urban and Peri-Urban Environments in Eastern Australia with Species-Specific Molecular Analysis of Avian Blood Meals. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 81(5).
- Janssen, N., Fernandez-Salas, I., Díaz González, E. E., Gaytan-Burns, A., la Garza, C. E., Sanchez-Casas, R. M., ... Jöst, H. (2015). Mammalophilic feeding behaviour of *Culex quinquefasciatus* mosquitoes collected in the cities of Chetumal and Cancun, Yucatán Peninsula, Mexico. *Tropical Medicine & International Health*, 20(11), 1488–1491. <https://doi.org/10.1111/tmi.12587>
- Kasai, S., Weerasinghe, I. S., Shono, T., & Yamakawa, M. (2000). Molecular cloning, nucleotide sequence and gene expression of a cytochrome P450 (CYP6F1) from the pyrethroid-resistant mosquito, *Culex quinquefasciatus* Say. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 30(2), 163–171. [https://doi.org/10.1016/s0965-1748\(99\)00114-9](https://doi.org/10.1016/s0965-1748(99)00114-9)

- Komagata, O., Kasai, S., & Tomita, T. (2010). Overexpression of cytochrome P450 genes in pyrethroid-resistant *Culex quinquefasciatus*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, *40*(2), 146–152.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2010.01.006>
- Lai, C.-H., Tung, K.-C., Ooi, H.-K., & Wang, J.-S. (2000). Competence of *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* as vector of *Dirofilaria immitis* after blood meal with different microfilarial density. *Veterinary Parasitology*, *90*(3), 231–237.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(00\)00242-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0304-4017(00)00242-9)
- Lanciotti, R. S., Roehrig, J. T., Deubel, V., Smith, J., Parker, M., Steele, K., ... Gubler, D. J. (1999). Origin of the West Nile Virus Responsible for an Outbreak of Encephalitis in the Northeastern United States. *Science*, *286*(5448), 2333–2337.  
<https://doi.org/10.1126/science.286.5448.2333>
- Lane, R.P., Crosskey, R. W. (1993). *Medical Insects and Arachnids* (1st ed.). British: Chapman & Hall.
- Leisnham, P. T., LaDeau, S. L., & Juliano, S. A. (2014). Spatial and Temporal Habitat Segregation of Mosquitoes in Urban Florida. *PLOS ONE*, *9*(3), e91655. Retrieved from <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091655>
- Lyimo, I. N., & Ferguson, H. M. (2009). Ecological and evolutionary determinants of host species choice in mosquito vectors. *Trends in Parasitology*, *25*(4), 189–196.  
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2009.01.005>
- Marini, G., Guzzetta, G., Baldacchino, F., Arnoldi, D., Montarsi, F., Capelli, G., ... Rosà, R. (2017). The effect of interspecific competition on the temporal dynamics of *Aedes*

- albopictus and *Culex pipiens* . *Parasites & Vectors*, 10(1), 102.  
<https://doi.org/10.1186/s13071-017-2041-8>
- Melandri, V., Guimarães, A. É., Komar, N., Nogueira, M. L., Mondini, A., Fernandez-Sesma, A., ... Bosch, I. (2012). Serological detection of West Nile virus in horses and chicken from Pantanal, Brazil. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 107(8), 1073–1075. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4782916/>
- Molaei, G., G Andreadis, T., M Armstrong, P., Bueno, R., A Dennett, J., V Real, S., ... B Tesh, R. (2007). *Host feeding pattern of Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae) and its role in transmission of West Nile virus in Harris County, Texas. The American journal of tropical medicine and hygiene (Vol. 77).*
- 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 de La Facultad de Medicina . scieloco .*
- Mondini, A., Cardeal, I. L. S., Lázaro, E., Nunes, S. H., Moreira, C. C., Rahal, P., ... Nogueira, M. L. (2007). Saint Louis Encephalitis Virus, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, 13(1), 176–178. <https://doi.org/10.3201/eid1301.060905>
- Mora-Covarrubias, A. de la, Rubio-Arias, H. O., & Jiménez-Castro, J. A. (2008). Vigilancia entomológica de *Culex quinquefasciatus* Say, 1823, vector de enfermedades arbovirales en la zona urbana de Ciudad Juárez, Chihuahua, México . *Universidad Y Ciencia . scielomx .*
- Nelms, B. M., Kothera, L., Thiemann, T., Macedo, P. A., Savage, H. M., & Reisen, W. K.

- (2013). Phenotypic Variation among *Culex pipiens* Complex (Diptera: Culicidae) Populations from the Sacramento Valley, California: Horizontal and Vertical Transmission of West Nile Virus, Diapause Potential, Autogeny, and Host Selection. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 89(6), 1168–1178. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.13-0219>
- Osorio, J. E., Ciuderis, K. A., Lopera, J. G., Piedrahita, L. D., Murphy, D., LeVasseur, J., ... Hofmeister, E. (2012). Characterization of West Nile Viruses Isolated from Captive American Flamingoes (*Phoenicopterus ruber*) in Medellin, Colombia. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 87(3), 565–572. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2012.11-0655>
- Peng, Z., Beckett, A. N., Engler, R. J., Hoffman, D. R., Ott, N. L., & Simons, F. E. R. (2018). Immune responses to mosquito saliva in 14 individuals with acute systemic allergic reactions to mosquito bites. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 114(5), 1189–1194. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2004.08.014>
- Pinto, V. (2009). La vivienda rural en el Ecuador: desafíos para procesos sustentables e incluyentes. *Centro de Investigaciones Ciudad*.
- Reinert, J. E. (2001). Revised list of abbreviations for genera and subgenera of Culicidae (Diptera) and notes on generic and subgeneric changes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 17(1), 51–55. Retrieved from <http://europepmc.org/abstract/MED/11345419>
- Rojas, M., Hernández, G., Moncada, L., Quiñones, M., & Rentería, L. (2013). Actividad de picadura de *Culex quinquefasciatus* (SAY, 1863) en Bogotá, Colombia. *Revista*

*de La Facultad de Medicina, 61(3), 261–266.*

- Silver, J. (2008). Mosquito ecology: Field sampling methods. *Springer, 3.*
- Tabachnick, W. J., & Powell, J. R. (1983). Genetic Analysis of *Culex pipiens* Populations in the Central Valley of California. *Annals of the Entomological Society of America, 76(4), 715–720.* Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1093/aesa/76.4.715>
- Tesh, R. B., Travassos da Rosa, A. P. A., Guzman, H., Araujo, T. P., & Xiao, S.-Y. (2002). Immunization with Heterologous Flaviviruses Protective Against Fatal West Nile Encephalitis. *Emerging Infectious Diseases, 8(3), 245–251.* <https://doi.org/10.3201/eid0803.010238>
- Uttah, E., Dr. Wokem, G., & Okonofua, C. (2013). *The Abundance and Biting Patterns of Culex quinquefasciatus Say (Culicidae) in the Coastal Region of Nigeria.* *ISRN Zoology (Vol. 2013).* <https://doi.org/10.1155/2013/640691>
- Valdez, L., Sibona, G., Diaz, L., Contigiani, M., & Condat, C. (2017). Effects of rainfall on *Culex* mosquito population dynamics. *Journal of Theoretical Biology.* <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.03.024>
- Xu, Q., Liu, H., Zhang, L., & Liu, N. (2005). Resistance in the mosquito, *Culex quinquefasciatus*, and possible mechanisms for resistance. *Pest Management Science, 61(11), 1096–1102.* <https://doi.org/10.1002/ps.1090>
- Zinser, M., Ramberg, F., & Willott, E. (2004). *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) as a potential West Nile virus vector in Tucson, Arizona: Blood meal analysis indicates feeding on both humans and birds. *Journal of Insect Science, 4, 20.* Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC528880/>