

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales

**Presencia y abundancia del mosquito *Aedes aegypti*
(Diptera: Culicidae), vector del dengue, chikungunya y
Zika en las Islas Galápagos: 2017-2018**

Proyecto de Investigación

Johanna Carolina Molina Tabares

Licenciatura en Biología

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de Licenciada en Biología

Quito, 22 de julio de 2018

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y
AMBIENTALES

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN

**Presencia y abundancia del mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae),
vector del dengue, chikungunya y Zika en las Islas Galápagos: 2017-2018**

Johanna Carolina Molina Tabares

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Renato León, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 22 de julio 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:

Nombres y apellidos:

Johanna Carolina Molina Tabares

Código:

00123489

Cédula de Identidad:

1721961330

Lugar y fecha:

Quito, 22 de julio de 2018

DEDICATORIA

A mi mentor y gran amigo, Leonardo Ortega

A uno de los mejores profesores que tuve, Carlos Valle

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y a mis padres por haberme permitido estudiar mi carrera en esta universidad y apoyarme siempre.

A Renato León por la confianza y la oportunidad de trabajar en el Laboratorio de Entomología Médica y Medicina Tropical.

A Leonardo Ortega por su paciencia y guianza en cada paso en mi trabajo de investigación.

A William Waters y el ISYN por haber financiado el proyecto.

A todas las personas de la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG) que participaron en el muestreo especialmente a Ronal Azuero y Manuel Mejía.

A Sara Guevara, Edgar Pillajo, Alfredo Carranco y Martín Terán por su sincera amistad y cariño a lo largo de estos maravillosos años.

RESUMEN

El mosquito *Aedes aegypti* es el principal vector del dengue, chikungunya y Zika en Ecuador. En las Islas Galápagos, esta especie fue introducida en los años 90; y en la isla Santa Cruz, la transmisión del dengue es endémica con casos esporádicos cada año desde el 2002, mientras que en la isla San Cristóbal, el control del *Aedes aegypti* ha tomado importancia desde el 2010 cuando se presentó un brote epidémico de más de 900 casos de dengue. La transmisión de estas enfermedades arbovirales en el continente se acentúa especialmente en la época lluviosa donde la población de mosquitos aumenta por el incremento de depósitos y recipientes con agua que permitan el desarrollo de los estadios inmaduros del mosquito (larvas y pupas). El objetivo de este estudio es evaluar la presencia del *Ae. aegypti* tanto en la época de lluvia y en la época seca en las cuatro islas habitadas del Archipiélago de Galápagos y evaluar los factores de significancia de isla, mes, método de trapeo y variables climáticas con respecto a la abundancia de mosquitos adultos de Santa Cruz y en San Cristóbal mediante GLMM. En monitoreos entomológicos longitudinales realizados, desde agosto 2017 hasta marzo de 2018, en 319 puntos de muestreo en las zonas urbanas de las islas, se han colectado en 75 puntos positivos un total de 299 especímenes adultos y 42 inmaduros de *Aedes aegypti* mediante trampas BG-sentinelas, aspiradores Prokopack y larveo en recipientes de agua en las casas. Los resultados evidencian la presencia de *Ae. aegypti* en Santa Cruz y San Cristóbal durante todos los periodos colectados. La abundancia de *Aedes aegypti* adultos es significativamente diferente en cuanto a la isla y al mes de muestreo ($X^2= 5.6314$, $df=1$, $p=0.0176$) y ($x^2=8.0137$, $df=3$, $p=0.0457$), respectivamente. No se halló diferencia significativa entre los métodos de colecta utilizados ($X^2= 1.9166$, $df=1$, $p=0.1662$), ni entre las variables climatológicas: temperatura ($x^2=3.2977$, $df=1$, $p=0.0694$); precipitación ($x^2=0.0043$, $df=1$, $p=0.948$); y humedad relativa ($x^2=0.6474$, $df=1$, $p=0.414$). La identificación morfológica de los mosquitos colectados corroboran la presencia de *Aedes aegypti* en la isla Isabela recientemente reportada por Asigau et al., (2017), y se descarta hasta el momento de este estudio, la presencia de la especie en la isla Floreana.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, Islas Galápagos, zonas urbanas, dengue, monitoreo entomológico, abundancia.

ABSTRACT

The *Aedes aegypti* mosquito is the main vector of dengue, chikungunya and Zika in Ecuador. In the Galapagos Islands, this species was introduced in the 90s; and in Santa Cruz Island, the transmission of dengue is endemic with sporadic cases every year since 2002, while in San Cristobal Island, the control of *Aedes aegypti* has become important since 2010 when an epidemic outbreak of more than 900 cases of dengue was reported. The transmission of these arboviral diseases in the continent especially occur in the rainy season where the population of mosquitoes increases due to the increase of reservoirs and containers with water that allow the development of the immature stages of the mosquito (larvae and pupae). The aim of this study was to evaluate the presence of *Ae. aegypti*, both in the rainy season and in the dry season in the four inhabited islands of the Galapagos Archipelago and evaluate the factors of significance of island, month, method of trapping and climatic variables with respect to the abundance of adult mosquitoes of Santa Cruz and San Cristobal through the use of GLMM. In a longitudinal entomological survey carried out from August 2017 to March 2018 in 319 sampling points in the urban areas of the islands, a total of 299 adult and 42 immature specimens of *Aedes aegypti* were collected in 75 positive spots by means of BG-sentinel traps, Prokopack aspirators and searches of larvae in water containers in human dwellings. The results show the presence of *Ae. aegypti* in Santa Cruz and San Cristobal during all the periods collected. The abundance of adult *Aedes aegypti* is significantly different in refererence to the island and month of sampling ($X^2 = 5.6314$, $df = 1$, $p = 0.0176$) and ($x^2 = 8.0137$, $df = 3$, $p = 0.0457$), respectively. No significant differences were found between the collection methods used ($X^2 = 1.9166$, $df = 1$, $p = 0.1662$), nor between the climatological variables: temperature ($x^2 = 3.2977$, $df = 1$, $p = 0.0694$); precipitation ($x^2 = 0.0043$, $df = 1$, $p = 0.948$); and relative humidity ($x^2 = 0.6474$, $df = 1$, $p = 0.414$). The morphological identification of the mosquitoes collected corroborates the presence of *Aedes aegypti* in Isabela Island, recently reported by Asigau et. al., (2017), while until the date of this study was absent in Floreana Island.

Key words: *Aedes aegypti*, Galápagos Islands, urban areas, dengue, entomological monitoring, abundance.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
1.1 Historia y aspectos generales de <i>Aedes aegypti</i>	11
1.2 Ciclo vital y comportamiento	12
1.2.1 Comportamiento hematófago de la hembra del <i>Aedes aegypti</i>	15
1.2.2 El vector y la transmisión de enfermedades	15
1.3 Enfermedades arbovirales y <i>Aedes aegypti</i>	16
1.3.1 Fiebre del dengue.....	17
1.3.2 Fiebre del chikungunya	18
1.3.3 Fiebre del Zika.....	19
1.3.4 Factores asociados a la transmisión de estas enfermedades y distribución del vector	20
1.4 Situación del Ecuador	22
1.4.1 Galápagos	24
2. OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivo General.....	25
2.2 Objetivos Específicos	26
3. ÁREA DE ESTUDIO.....	26
4. JUSTIFICACIÓN.....	27
5. MATERIALES.....	28
6. METODOLOGÍA	29
6.1 Metodología de colecta.....	30
6.1.1 Colecta de mosquitos adultos	30
6.1.2 Colectas de larvas y pupas.....	32
6.2 Procesamiento e identificación de especímenes	32
6.3 Variables climáticas	33
6.4 Análisis estadístico de datos	33
7. RESULTADOS.....	34
7.1 Presencia de <i>Aedes aegypti</i> en las Islas Galápagos.....	34
7.2 Abundancia de adultos del mosquito <i>Aedes aegypti</i>	35
8. DISCUSIÓN.....	36
9. CONCLUSIONES	42
10. RECOMENDACIONES	43
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
12. TABLAS	54
13. FIGURAS:.....	55
14. ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Modelos anidados GLMM para analizar los datos de abundancia de los mosquitos

Ae. aegypti adultos..... 54

Tabla 2. Datos de la precipitación y temperatura promedio de los días muestreados y

número de *Aedes aegypti* adultos capturados en Santa Cruz y en San Cristóbal en relación a

los meses de estudio. 54

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Localidades de muestreo en las cuatro zonas urbanas de las islas Galápagos: Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana. Los dos puntos de la Isla Floreana representan las zonas de muestreo agrícola y urbana. 55
- Figura 2.** Puntos muestreados a lo largo del estudio 2017-2018 y coordenadas positivas para la presencia de *Aedes aegypti* en tres islas de Galápagos. 56
- Figura 3.** Abundancia total de mosquitos *Aedes aegypti* adultos en Santa Cruz y San Cristóbal en relación al período de monitoreo entomológico..... 57
- Figura 4.** Mosquitos *Aedes aegypti* adultos capturados por trampa BG-Sentinel y Prokopack-1419 en relación al período de monitoreo entomológico..... 57

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Historia y aspectos generales del *Aedes aegypti*

Aedes (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus) es un mosquito de interés médico perteneciente al orden Diptera, suborden Nematocera y a la familia Culicidae; esta especie es considerada uno de los principales vectores urbanos de varios arbovirus causantes de enfermedades prioritarias para la salud pública, tal como: la fiebre amarilla, el dengue, el Zika, el chikungunya y algunos tipos de encefalitis (Rey y Lounibos, 2015).

Originariamente, el *Aedes aegypti* era una especie exclusiva de zonas selváticas en el África, en donde crecía y se reproducía en agujeros naturales llenos de agua como en bromelias, charcos, huecos de árboles, entre otros; y las hembras presentaban un comportamiento zoofílico (Ruiz-López et. al., 2016). Con el tiempo, esta especie se fue dispersando gradualmente desde su lugar de origen, tanto espacial como geográficamente hasta invadir nuevos hábitats en zonas urbanas. De esta forma, la especie logró expandir su distribución y llegar a colonizar el Nuevo Mundo y otras regiones, convirtiéndose en una especie altamente invasiva (Powell y Tabachnick, 2013). Este desplazamiento fue ocasionado por diversas condiciones ambientales y sociales (Kraemer et. al., 2015). Una hipótesis sustenta que el mosquito pudo haberse desplazado hacia zonas urbanizadas hace 4000 años presumiblemente debido a una fuerte sequía que en ese entonces ocurría en la región desértica del Sahara; más tarde, con el comercio de esclavos en los siglos XV-XVIII y con el incremento de las actividades comerciales de la época y el aumento del transporte fluvial, el mosquito fue introducido accidentalmente a casi todas las regiones del mundo (Powell y Tabachnick, 2013; Brown et. al., 2014).

Desde entonces, esta especie adquirió hábitos domésticos diurnos y actualmente se caracteriza por habitar en ambientes urbanos o periurbanos y rurales cercanos al hombre dispersándose a distancias cortas de no más de 100 m aunque puedan llegar a moverse hasta cerca de un kilómetro. Las hembras presentan un comportamiento alimenticio antropofílico y hematófago, es decir que se alimentan de sangre humana (Harrington, Edman y Scott, 2001; Olano, 2016). Al contrario, su forma ancestral conocida como *Aedes aegypti formosus* aún permanece en los bosques remanentes y varios ecotonos del Sub-Sahara (Powell y Tabachnick, 2013; Brown et. al., 2014).

1.2 Ciclo vital y comportamiento

Aedes aegypti tiene un ciclo de vida que consta fundamentalmente de 4 etapas de desarrollo que son: el huevo, cuatro estadíos de larva, la pupa y finalmente el adulto o imago (Balta León, 1997; Herrera et. al., 2006). La duración de todo el ciclo de vida, desde que los huevos son depositados, hasta la muerte de los adultos puede ser de por lo menos un mes hasta un par de meses dependiendo de varios factores ambientales (Herrera et. al., 2006).

Al principio del ciclo, los huevos son ovipositados individualmente por la hembra en la interface agua-aire de los pozos o recipientes de agua y tardan de 2 a 3 días en incubarse (Salvatella, 1996). Los huevos son de tamaño pequeño, color negro y forma ovoide con un patrón de mosaico distintivo (Service, 2002). También, poseen la capacidad de resistir a diversas condiciones ambientales, como desecación, por periodos prolongados de tiempo, que pueden extenderse por más de un año a través de un mecanismo técnicamente conocido como diapausa (Russell, Kay y Shipton, 2001). El periodo de diapausa puede verse interrumpido por varios factores como estímulos del fotoperiodo,

cambios en la temperatura, y la disponibilidad de oxígeno. De hecho, cuando los huevos fertilizados entran en contacto con el agua, algunos eclosionan en pocos minutos por la reducción del contenido oxigénico, aunque no todos logran hacerlo (Service, 2002). La transición de huevo a larva ocurre bajo condiciones específicas de humedad y temperatura en un rango de 25-29°C (Romoser y Stoffolano, 1994).

La etapa larvaria del *Aedes aegypti* se caracteriza por ser acuática y ocurrir en 5 a 7 días, periodo en el que las pequeñas larvas varían de tamaño y crecen a medida que pasan al siguiente estadio (4 estadios en total) hasta alcanzar una apariencia vermiforme de aproximadamente 7mm de longitud que se caracteriza por tener un movimiento natatorio sinuoso (Thirion Icaza, 2003). Las larvas tienen sedas bucales en forma de abanico por las cuales se alimentan de detritus y microorganismos. Además, las larvas del cuarto estadio tienen características especiales que las distinguen de otras especies como: el sifón, ubicado en los últimos segmentos abdominales, que es corto y ancho, un par de mechones de espinas ventrales, y 5 pares de peines de espinas, en el último segmento del abdomen que forman una línea en forma denticular (Syarifah et. al., 2008). Las larvas se desarrollan normalmente en agua con temperaturas entre los 22-32 °C y una óptima de 26°C, perecen a los 34°C, y a partir de 38-42°C o bajo los 8 °C el ciclo de vida de *Ae. aegypti* se interrumpe, pues son temperaturas letales para esta especie. (Black y Moore, 1996; Jansen y Beebe, 2010; Eisen et. al., 2014). Sin embargo, se ha demostrado que algunos especímenes logran eclosionar debido a nuevas respuestas fisiológicas adaptativas entre los 37.9-38.9°C (Marinho et. al., 2016).

Las larvas de último estadio se transforman en pupas que siguen el mismo tipo de hábito acuático pero su forma, y actividad son diferentes. Las pupas no necesitan de fuente energética alimentaria, éstas sólo requieren de oxígeno para sobrevivir. Tienen forma de

coma, son muy móviles y tienden a ubicarse en la superficie del agua de los contenedores con sus trompetas respiratorias hacia el exterior para poder recibir aire del medio que penetra por el sistema traqueal al interior del cuerpo. El volumen de la cabeza de la pupa es relativamente grande. Su periodo dura entre 2 a 3 días cuando finalmente emergen a adultos en aproximadamente 15 minutos (Black y Moore, 1996; Thirion Icaza, 2003).

El mosquito adulto, es completamente diferente a los estadios inmaduros. Es de color negruzco con excepción de unas pequeñas franjas blancas en las patas, presencia de escamas blancas dispuestas en forma de una lira sobre el tórax, el escutelo blanco, y manchas igualmente blanquecinas en los costados laterales del abdomen. También tiene una probóscide completamente oscura, y un cerci largo. Los machos *Aedes aegypti* se distinguen de las hembras por sus antenas plumosas y palpos extendidos igualmente con franjas blanquecinas; mientras que el sexo opuesto presenta antenas no tan plumosas, y palpos pequeños de color negro con terminaciones blanquecinas (Syarifah et. al., 2008). Los adultos viven idealmente en ambientes con una temperatura de aire mayor a 6°C y menor a 40°C; fuera de esos rangos de temperatura los mosquitos no sobreviven (Jansen y Beebe, 2010, Carrada-Bravo, Vázquez y López, 2014).

Generalmente, los mosquitos adultos se ubican en los domicilios ya sea en su interior para alimentarse o descansar (Jansen y Beebe, 2010); o en la parte periférica para la oviposición y el desarrollo larval, preferentemente cerca de envases o contenedores artificiales llenos generalmente de agua limpia o hasta incluso agua con alto contenido de materia orgánica como tinas, cisternas, pozos sépticos, piscinas, tanques bajos o altos, llantas, etc. (Christophers, 1960; Olano, 2016; Walker et. al., 2018). Los adultos que recién eclosionan se alimentan inicialmente de néctar independientemente del sexo, y a partir de la

segunda alimentación, este hábito solo lo continuará el macho pues las hembras son hematófagas (Herrera et. al., 2006).

1.2.1 Comportamiento hematófago de la hembra del *Aedes aegypti*

Diversos estudios sugieren que las hembras del *Aedes aegypti* prefieren alimentarse del hombre, sin embargo existen otros que indican que también se pueden alimentar de la sangre de otras especies de vertebrados en pequeñas proporciones (Scott et. al., 1997; Jansen y Beebe, 2010). La sangre provee a las hembras de energía y nutrientes necesarios para la producción de hormonas esenciales como la ecdisteroide OEH que estimula el desarrollo de los huevos, en lo que se conoce como ciclo gonotrófico (Harrington et. al., 2001; Vogel et. al., 2015). El ciclo gonotrófico se refiere a lo que ocurre antes y después de una alimentación de sangre y comprende desde la búsqueda de un hospedero, la ingesta de sangre y su digestión, hasta la maduración de los ovarios y desarrollo de los huevos que lleva a la oviposición de alrededor de 120-150 huevos maduros después de una alimentación de sangre (Romoser y Stoffolano, 1994). Es importante señalar que las hembras adultas se pueden alimentar de más de un hospedero durante un solo ciclo gonotrófico (Jansen y Beebe, 2010).

Precisamente esta particularidad de hábito alimenticio es la que constituye una gran amenaza para el hombre ya que así se cumple con la transmisión de patógenos, si es que estos mosquitos estuvieran infectados con arbovirus (Harrington et. al., 2001).

1.2.2 El vector y la transmisión de enfermedades

El ciclo de transmisión de enfermedades arbovirales ocurre cuando una hembra *Ae. aegypti* o de otro vector pica a un hospedero infectado. La transmisión e incubación del virus se divide en dos etapas o periodos: extrínseco e intrínseco (Vargas, 2016). El periodo

de incubación extrínseco es el periodo de incubación del virus que ocurre en el vector desde que el virus entra al tubo digestivo del mosquito junto con la alimentación de sangre hasta que atraviesa el epitelio del tubo digestivo hacia el hemocele y el virus termina infectando las glándulas salivales del mosquito haciendo que este se vuelva competente para transmitir ese patógeno durante su próxima picadura (Chan y Johansson, 2012).

Este período extrínseco puede depender de muchos factores que incluyen: la genética del mosquito vector, receptores virales en el mosquito, los genotipos del virus, cepas virales, la genética del virus y factores ambientales como humedad y temperatura (Xi, Ramirez y Dimopoulos, 2008). Por su parte, el periodo de incubación del virus intrínseco ocurre en el cuerpo humano y está determinado por el lapso entre el cual la persona sana es infectada hasta cuando se desencadenan los primeros síntomas de las diferentes infecciones (Vargas, 2016; Chan y Johansson, 2012).

1.3 Enfermedades arbovirales y *Aedes aegypti*

Las enfermedades arbovirales son transmitidas por artrópodos, mayoritariamente por mosquitos, y generalmente generan síntomas febriles. Los virus transmitidos son conocidos como arbovirus, o virus provenientes de los Artrópodos (Arthropod-borne). Estos arbovirus son un grupo de virus principalmente de ARN a excepción de la peste porcina africana causada por un virus de ADN del género *Asfivirus* (Mayer, Tesh y Vasilakis, 2017; Madigan et. al., 2014). Los virus que logran infectar al *Aedes aegypti* pertenecen a las familias Flaviviridae como el DENV, ZIKV, YFA (Black et. al., 2002), y a la familia Togaviridae como el CHIKV (Dubrulle et. al., 2009). La infección con estos arbovirus provocan varias enfermedades tropicales y subtropicales con alto índice de morbilidad en el hombre (Gray y Banerjee, 1999). Estas enfermedades han aumentado en

los últimos años gracias a la globalización, la migración o el flujo de personas entre un sitio y otros que en conjunto han provocado la diseminación del vector hacia nuevas zonas, y el incremento de nuevos grupos poblacionales expuestos a su transmisión (Vargas, 2016; Powell, 2018).

1.3.1 Fiebre del dengue

El dengue es una enfermedad febril provocada por el virus del dengue (DENV) perteneciente a la familia Flaviviridae, del género Flavivirus; que es un agente infeccioso de ARN de cadena simple y sentido positivo, e incluye 5 serotipos: DENV-1 a DENV-5, éste último reportado recientemente en 2015 (Mustafa et. al., 2015). Estos serotipos se diferencian por reacciones de neutralización y variaciones genéticas. Este virus se transmite por mosquitos del género *Aedes* entre las que resaltan el *Ae. albopictus* y el *Ae. aegypti*. (Wang et. al., 2000; Guzmán et. al., 2010; Messina et. al., 2014). La fiebre del dengue puede ser asintomática o producir síntomas subclínicos: decaimiento, fiebre, erupciones en la piel, dolor muscular y articular, náuseas y vómitos; así como síntomas graves que pueden terminar con la muerte del paciente. Esta última patología generalmente se asocia a una segunda infección por un serotipo diferente al inicial, siendo el más grave el DENV-2 (Vasilakis et. al., 2011).

Esta enfermedad se ha ido desplazando desde África hacia los trópicos y provocó sus primeras epidemias en 1635. Se cree que el dengue llegó a América bajo la misma historia de la llegada de *Ae. aegypti* y en 1780 se describió la primera epidemia en el continente, específicamente en Filadelfia (Wang et. al., 2000; Dick et. al., 2012). En 1906, Lane Bancroft confirmó que la enfermedad la transmitía el mosquito *Ae. aegypti*. Luego, en los años 80's, la fiebre del dengue colonizó América Latina, y en esta región se suele

manifestar tanto de forma endémica o epidémica (Vargas, 2016; Messina et. al., 2014). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2018) se estima que anualmente ocurren alrededor de 390 millones de infecciones, de los cuales 96 millones son casos severos. Por su parte, (Brady et. al., 2012) sostiene que cerca de 3.900 millones de personas en 128 países están en riesgo de contraer la enfermedad. En la actualidad, el dengue es endémico en más de 100 países alrededor del mundo, En 2017, se reportó solo en América 50 172 casos (Murray, Quam y Wilder, 2013; Pan American Health Organization, 2018; OMS, 2018).

1.3.2 Fiebre del Chikungunya

La fiebre del chikungunya, es otra enfermedad febril causada por el virus del chikungunya (CHIKV); un arbovirus de la familia Togaviridae, del género *Alfavirus*, de RNA de sentido positivo, monocatenario (Wahid et. al., 2017). Su nombre se deriva de la lengua bantú que significa cuerpo encorvado, síntoma característico de esta enfermedad (Vargas, 2016). El virus tiene un solo serotipo con tres genotipos con características antigénicas diferentes; y se transmite por mosquitos del género *Aedes* spp. en zonas urbanas (Moya, Pimentel y Puello, 2014). Entre los síntomas principales se encuentra fiebre alta, escalofríos, sudoración, mialgias, artralgia grave y debilitante. El dolor y la hinchazón generalmente se enfocan en las manos, muñecas, tobillos y pies y pueden persistir durante años (Weaver, 2014; Weaver y Lecuit, 2015). La mayoría de los casos no son potencialmente mortales. En niños a veces suelen presentarse lesiones bullosas en las palmas y las plantas. En personas adultas en muy pocas ocasiones la enfermedad es asintomática, y otras pocas suele causar síntomas más graves en adultos mayores o recién

nacidos como: encefalitis, miocarditis, hepatitis, fallas orgánicas, o síndrome de Guillain Barré (Vargas, 2016; Wahid et. al., 2017).

El virus CHIKV fue aislado por primera vez en Tanzania en 1952, y la primera vez que se reportó la enfermedad fue 1879 en Asia. Luego, el primer brote de CHIKV se documentó en la meseta de Makonde (Sudeep y Parashar, 2008). Entre 1952-1953, el virus se difundió hacia la India y el sudeste asiático y provocó brotes epidémicos intermitentes. Desde el 2005, el virus se extendió desde Kenya hasta la India y el sudeste asiático, lugares donde se notificaron más de 1.9 millones de casos. El primer caso reportado en Europa fue en el 2007; y en 2013 llegó al Caribe a Saint Marteen (Weaver, 2014), reportándose por primera vez su presencia en el continente americano. Tras su llegada el virus se ha extendido a 45 países y territorios en el Norte, Centro y Sudamérica, causando más de 2,9 millones de casos sospechosos y confirmados y 296 muertes (Johansson et. al., 2014; Weaver y Forrester, 2015; Yactayo et. al., 2016). En 2017, se registró en América más de 120.000 casos autóctonos, 107 importados y 101 muertos (PAHO, 2018).

1.3.3 Fiebre del Zika

El Zika es una enfermedad producida por el virus ZIKV perteneciente a la familia Flaviviridae, del género *Flavivirus*, relacionado con el virus del Dengue. Este virus es de ARN monocatenario con sentido positivo con un genoma de 10,7 kb que codifica una única poliproteína (Weaver et. al., 2016; Wahid et. al., 2016). Esta enfermedad se transmite principalmente a través de la picadura de mosquitos infectados, pero también se puede transmitir a través del contacto sexual, de madre a hijo durante el embarazo o la lactancia, y por transfusión de sangre (Song et. al., 2017; Petersen et. al., 2016). La infección es autolimitada y puede variar entre asintomática, síntomas leves o moderados entre los que se

incluyen: fiebre, cefalea, conjuntivitis, mialgias, artralgias, erupción maculopapular, conjuntivitis y edemas. Sin embargo, en algunas ocasiones el virus puede provocar complicaciones neurológicas como síndrome de Guillain-Barré, mayoritariamente en niños recién nacidos, así como también microcefalias (Faria et. al., 2016; Vargas, 2016).

El virus del zika lleva su nombre debido a que su primer aislamiento fue a partir del mono *Sentinel Rhesus* proveniente de los bosques de Ziika en Uganda en el año 1947 (Weaver et. al., 2016; Vargas, 2016). En los años 60's el virus fue aislado de *Ae. aegypti* en Asia, pero fue solo hasta el 2007 cuando varios cientos de casos fueron reportados en este continente. Más tarde, en 2015 se confirmó la circulación del virus al Norte de Brasil (Faria et. al., 2016). Desde entonces, ZIKV se ha extendido a un ritmo alarmante en gran parte de Centroamérica, Sudamérica y el Caribe; en efecto, 48 países de América notificaron la transmisión autóctona de la enfermedad, lo que llevó a la Organización Mundial de la Salud a declarar como emergencia de salud pública internacional de febrero a noviembre de 2016 (Fauci y Morens, 2016; Song et. al., 2017). Desde 2015 hasta enero de 2018 en América se han reportado 583.451 casos sospechados y 223.477 casos confirmados autóctonos, 6329 casos importados, 20 muertes y 3720 casos con asociación a enfermedades congénitas (PAHO, 2018).

1.3.4 Factores asociados a la transmisión de estas enfermedades y distribución del vector

Los casos tanto de dengue, chikungunya, y Zika están asociados a la distribución geográfica del vector; y ésta a su vez se ve influenciada por diversos factores climatológicos, socio-económicos, culturales y urbanísticos (Nagao et. al., 2003; Mayer et. al., 2017). La mayoría de estudios indican que las poblaciones que se hallan más expuestas a la presencia de *Aedes aegypti* y son susceptibles para adquirir estas enfermedades son

aquellas que tienen bajos ingresos socioeconómicos, y por ende, carecen de: (1) una buena calidad de servicios sanitarios, (2) educación sobre la infección y el vector, (3) buen almacenamiento y manejo de aguas, (4) acceso fácil a agua entubada, (5) el establecimiento de un buen programa de control vectorial, (6) programas de salud pública y urbanización no controlada, y (7) cumplimiento de estándares de construcción. También la calidad de la casa juega un papel importante, y en ésta se incluyen el uso de aire acondicionado, uso de mallas protectoras de ventanas y puertas, fumigación dentro del hogar, etc. (Ramos et. al., 2008; Ibarra et. al., 2014; Teurlai et. al., 2015; Paladines Vélez y Paladines Vélez, 2017; Kenneson et. al., 2017).

Aedes aegypti se distribuye por todo el mundo especialmente en los trópicos y subtrópicos debido al clima de estas regiones que ofrecen temperaturas ideales para su desarrollo, entre 16 a 35°C (Christophers, 1960; Eisen et. al., 2014 Kraemer et. al., 2015). Se ha reportado que su rango de presencia altitudinal se halla entre los 1600-1800 msnm aunque también existen reportes en los 2300 msnm en Colombia (Vargas, 2016; Ruiz-López et. al., 2016). Además, su distribución geográfica depende de otros factores climáticos como alta humedad y precipitación (Teurlai et. al., 2015). En el trópico *Ae. aegypti* se halla presente en todas las épocas del año y aumenta potencialmente en las estaciones lluviosas. En este sentido, las enfermedades arbovirales también se reportan con mayor frecuencia durante la temporada de lluvias, cuando la densidad de los mosquitos es máxima (Yactayo et. al., 2016; Ibarra et. al., 2013). En los últimos años, la prevalencia de enfermedades transmitidas por vectores se ha expandido considerablemente debido a la intensificación de la movilización humana y el comercio transcontinental, e incluso por la alteración de hábitats (Mayer et. al., 2017). El número de casos de infecciones ha aumentado en las regiones endémicas, pero los casos también se han extendido a nuevas

regiones donde los virus nunca existieron (Weaver, 2013; Weaver, 2014) Finalmente, el desarrollo de la resistencia de los mosquitos a los insecticidas ha complicado aún más el control y la eventual eliminación de dichas enfermedades en áreas específicas (Mayer et. al., 2017; Bisset et. al., 2013).

1.4 Situación en el Ecuador

Actualmente, en el país se hallan los dos vectores más importantes de estas enfermedades: *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, éste último registrado recientemente en Guayaquil en 2017 (Ponce et. al., 2017). La introducción del *Aedes aegypti* en el país se explica bajo los mismos eventos introductorios que en América. Hacia 1958, Ecuador fue declarado libre de *Aedes aegypti* por la Organización Panamericana de la Salud tras la campaña masiva de control vectorial con uso de DDT, y con esto también se eliminó el DENV (García, 1953). Pero años más tarde, en 1977, el mosquito volvió a introducirse debido al debilitamiento del programa de control vectorial y en la actualidad se halla en todas las regiones del país principalmente en aquellas con clima cálido o húmedo-tropical (Stewart-Ibarra et. al., 2014; Fors, Silva y González, 2018). En 2015 se encontró 2 haplotipos para *Aedes aegypti*, lo que sugería que las poblaciones del mosquito en territorio ecuatoriano pertenecían dos linajes diferentes causada por varios eventos de colonización (Zúñiga, 2015). El Ministerio de Salud Pública del Ecuador es el ente encargado de controlar las poblaciones de *Ae. aegypti* en el país mediante campañas de fumigación y de abatización como medida principal de control larvario; pero en 2014 se encontró en Guayaquil una cepa de mosquitos ya resistentes al compuesto químico “temefos” constituyente del abate (Terán et. al., 2014).

Con el evento de reintroducción del mosquito, también la fiebre del dengue reapareció cuando se reportó la llegada del serotipo DENV-1 en 1988. En la actualidad, el dengue es endémico en el Ecuador pero según Ibarra et. al., (2013) el dengue es considerado hiperendémico hacia el sur de la costa ecuatoriana; y su transmisión es altamente estacional aumentando en los meses de Febrero a Mayo (Stewart-Ibarra et. al., 2018). El virus se halla en 80% de las provincias. (Real-Cotto et. al., 2017). Desde el año 2000 en el país circulan simultáneamente los 4 serotipos del DENV, pero los de mayor prevalencia en 2014 y 2016 fueron los serotipos 1, 2 y 4 (Real-Cotto et. al., 2017; Stewart-Ibarra et. al., 2018). En los últimos 5 años hasta la SE 19 de 2018 se han reportado en total 85.187 casos; 181, clasificados como severos; y 28 muertes resultando ser Manabí, Guayas y El Oro las provincias con mayor incidencia (PAHO, 2018; Ministerio de Salud Pública Ecuador, 2018).

Por su parte, la fiebre de chikungunya desde su primer reporte en territorio Ecuatoriano a finales del 2014 hasta la fecha, SE 19 de 2018, ha provocado 35.717 casos confirmados mayoritariamente en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas; y 2 defunciones en 2015 (MSP, 2018). Finalmente, se halla el ZIKV que fue identificado por primera vez en diciembre de 2015 y que hasta la SE 14 de 2018 ha generado 5.363 casos confirmados, de los cuales 959 se reportaron en mujeres embarazadas, 20 de ellos se asociaron con síndromes congénitos, y 4 con complicaciones de síndromes neurológicos. La enfermedad febril afecta principalmente a Manabí, Guayas y Santo Domingo de los Tsáchilas (MSP, 2018; Fors et. al., 2018; Stewart-Ibarra et. al., 2018). El número máximo de casos de zika fue en junio de 2016 provocado a causa de la época invernal, la proliferación de agua estancada, y el impacto del terremoto de magnitud 7.8 en la escala de Richter ocurrido el 16 de abril de ese mismo año (Vásquez et. al., 2017; Ortiz et. al., 2017;

Pacheco, Pacheco y Narváez, 2018). Sin embargo, en 2017, el porcentaje de casos en la costa disminuyó del 85.2% al 35.4% (Fors et. al., 2018).

1.4.1 Galápagos

En la provincia insular se ha registrado hasta la actualidad la presencia de tres especies de mosquitos (Diptera: Culicidae), incriminados como vectores, que en conjunto representan una amenaza para la vida silvestre y para la salud humana: *Culex quinquefasciatus*, *Aedes taeniorhynchus* y *Aedes aegypti*. Éste último fue registrado por primera vez en 1990 inicialmente en Santa Cruz; más tarde, en 2001, se registró en San Cristóbal y en contraste entre ambas islas, el mosquito se halla mayoritariamente en Puerto Baquerizo Moreno que en Puerto Ayora (Causton et. al., 2006; Bataille et. al., 2009). Sin embargo, (Asigau et. al., 2017) registró por primera vez la presencia del vector en la Isla Isabela con únicamente 4 individuos hallados en Puerto Villamil en el año 2014. A diferencia de *Ae. taeniorhynchus*, tanto *Cu. quinquefasciatus* como *Ae. aegypti* fueron introducidas a las islas debido a la movilidad humana intercontinental e interislas (Asigau et. al., 2017; Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2016). En 2015 se sugiere que *Aedes aegypti* ha experimentado múltiples introducciones en las islas debido al alto flujo génico poblacional encontrado (Zúñiga, 2015). El MSP en conjunto con la Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos (ABG), se encargan de controlar y monitorear la presencia del *Ae. aegypti* en las islas pobladas además de impartir charlas informativas a la población como parte de su programa de control de especies introducidas en las islas (ABG, 2017).

El primer brote de dengue en las Islas Galápagos ocurrió en 2002 en Puerto Ayora en Santa Cruz con un total de 227. Posteriormente, en 2010 se registró en San Cristóbal en

Puerto Baquerizo Moreno un brote de 941 casos (Nightingale et. al., 2017). Desde el primer registro de dengue hasta la SE 19 de 2018 únicamente en Galápagos se han identificado 1.875 casos (MSP, 2018; Nightingale et. al., 2017). En total, en el 2017 se registraron 33 casos de dengue para Santa Cruz, y 22 para San Cristóbal; en lo que va del 2018 se han reportado 2 casos en cada isla. Se cree que una parte de los casos se importan desde el continente, pero debido al establecimiento de *Ae. aegypti* los brotes periódicos y altamente estacionales sugieren infecciones adquiridas localmente para Puerto Ayora. En esta provincia se han reportado también 26 casos de chikungunya únicamente en 2015; y sólo 5 casos de zika importados, 2 en el 2016 y 3 en 2017 (MSP, 2018). La transmisión tanto del dengue como del chikungunya está afectada por el desplazamiento humano entre vecindarios, entre islas y hacia el continente. Otros factores claves para adquirir la enfermedad y contribuir con la proliferación del mosquito en las islas son: el nivel salarial y la educación del jefe del hogar, la condición de la casa y el número de personas que habitan en ella; además está el aumento de la actividad comercial y turística de los últimos años (Nightingale et. al., 2017; CGREG, 2016).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar la presencia del mosquito *Aedes aegypti* en las zonas urbanas de las Islas Galápagos y realizar anotaciones sobre sus tendencias temporales en 2017-2018.

2.2 Objetivos Específicos

- Determinar si el mosquito *Ae. aegypti* se halla presente en las 4 islas urbanizadas de Galápagos: Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana.
- Comparar la abundancia poblacional del *Ae. aegypti* adultos entre PA y PB (Santa Cruz, San Cristóbal).
- Evaluar la presencia del *Ae. aegypti* adultos de PA y PB en época seca (Santa Cruz, San Cristóbal).
- Establecer si los dos métodos de muestreo del *Ae. aegypti* adultos en Santa Cruz y San Cristóbal son eficientes.

3. ÁREA DE ESTUDIO

Las Islas Galápagos están localizadas a 1000 Km de distancia de la costa del Ecuador continental (Asigau et. al., 2017). Este archipiélago de origen volcánico está conformado por 19 islas mayores, y más de 200 unidades geológicas comprendidas entre islotes y rocas. De la superficie total terrestre, el 96.7% es lo que conforma el Parque Nacional Galápagos (CGREG, 2016); y únicamente el 3.3% restante constituye la zona poblada o urbana. Los centros poblados de esta provincia se concentran específicamente en 4 islas: Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana. De estas islas, la primera isla es la más poblada y cuenta con más de 15.700 habitantes, mientras que la menos poblada es Floreana con 145 habitantes (INEC, 2015).

Por otro lado, las Islas Galápagos tienen una variación climática influenciada por la migración de norte a sur de la ITCZ (Inter-Tropical Convergence Zone) que interactúa tanto con corrientes de aire como con oceánicas para generar dos estaciones climáticas: una

seca-fría y otra cálida-húmeda. La estación seca-fría ocurre de junio a diciembre, y se registran tanto precipitaciones como temperaturas mensuales promedio de: 10.4 a 32.9 mm y 14 a 22 °C, respectivamente. La poca precipitación de esta época proviene de las ligeras lloviznas conocidas comúnmente como “garúa” y que son originadas en zonas con altitud mayor a los 250 msnm, debido a que la temperatura superficial del mar provoca evaporación del agua que en conjunto con el aire frío propician las formaciones de nubosidades en estas zonas (Trueman y d’Ozouville, 2010). Por otro lado, la estación húmeda-caliente se extiende desde enero hasta mayo, periodo en el que predominan los vientos alisios del noreste y prevalece la corriente cálida de Panamá. En esta temporada, la precipitación mensual promedio es mayor que en la época fría y varía entre los 52.6 – 81.6 mm, mientras que las temperaturas mensuales promedio oscilan entre los 23 a 28°C (Asigau et. al., 2017; CGREG, 2016).

4. JUSTIFICACIÓN

La fiebre del dengue ha sido endémica con casos anuales desde el año 2002 en Santa Cruz cuando recién en ese entonces se reportó la enfermedad en las islas. Más tarde, en San Cristóbal el registro del dengue se inicia con un gran brote epidémico inesperado en 2010 con más de 900 casos.

Asimismo, en monitoreos entomológicos transversales realizados en el año 2014 se indican números significativos de *Ae.aegypti* tanto en Santa Cruz como en San Cristóbal. Es en Puerto Baquerizo Moreno- San Cristóbal, el lugar donde *Aedes aegypti* se halla con mayor densidad poblacional en comparación a Puerto Ayora-Santa Cruz (Nightingale et. al., 2017).

La falta de datos sistemáticos de la presencia del mosquito vector *Ae. aegypti* en Floreana e Isabela en los últimos años hace que se desconozca sobre su presencia en estas dos islas. Por su parte, en cambio, la falta de datos sistemáticos de los recientes años a cerca de la presencia de *Ae. aegypti* en Santa Cruz y en San Cristóbal hace que se desconozca sobre su abundancia poblacional específicamente de mosquitos adultos en ambas islas.

Todos estos factores en conjunto pueden significar un gran riesgo en cuanto a la transmisión de enfermedades causadas por *Aedes aegypti* no sólo para la población residente de más de 25.000 personas; sino que también para los más de 210.000 turistas que visitan las islas anualmente (INEC, 2015).

5. MATERIALES

- 1 aspirador de 12 voltios Prokopack (Modelo 1419)
- 1 Fuente de poder de 12 voltios
- 7 trampas BG-Sentinel con adaptadores de electricidad de 110 voltios
- 7 Atrayentes Humanos (BG-Human Lure Biogents)
- 2 aspiradores manuales de mosquitos
- 10 fundas de tela entomológicas con ligas elásticas para cerrar bolsas
- Acetato de etilo
- Tubos Falcon de 15ml
- 2 aspiradores de larvas
- 1 bandeja
- Frascos de orina para colección de estadíos inmaduros
- Frascos desarrolladores de estadíos inmaduros
- Linterna

- Refrigeradora
- GPS
- Estéreo microscopio
- Cajas Petri
- Claves entomológicas
- Pinzas entomológicas
- Tubos crioviales y Eppendorf de 1.5 ml
- Etanol al 70% para preservar especímenes
- Bolitas de silica-gel

6. METODOLOGÍA

Se realizó un monitoreo entomológico longitudinal para determinar la presencia del vector en las zonas urbanas de las cuatro islas pobladas del archipiélago de Galápagos: Puerto Ayora, Puerto Villamil, Puerto Baquerizo Moreno y Puerto Velasco Ibarra (Figura 1); como parte del proyecto “*Aedes aegypti*: distribución y epidemiología de Dengue, Zika y Chikungunya en Galápagos” que se ejecuta en el Laboratorio de Entomología Médica & Medicina Tropical, LEMMT, en conjunto con el Instituto de Investigación en Salud y Nutrición de la USFQ, y la ABG. El permiso correspondiente de investigación y colección del Ministerio del Ambiente (MAE) es: MAE-DNB-CM-2016-0052.

Para la determinación de la presencia del vector en Isabela y Floreana se realizaron revisiones de las viviendas al azar ya que no había un registro previo del vector. En el caso de Puerto Velasco Ibarra en Floreana el monitoreo únicamente se realizó en el mes de agosto de 2017; y en el de Isabela a raíz del primer reporte de *Ae. aegypti* en Puerto

Villamil en diciembre del año pasado, (Asigau et. al., 2017), el muestreo se ejecutó tanto en agosto de 2017 como en marzo de 2018.

Para la evaluación de la abundancia del mosquito vector sólo se utilizaron los datos de dos islas: Santa Cruz y San Cristóbal realizándose un muestreo en los meses de agosto y noviembre de 2017; y en marzo del 2018. En estas islas las viviendas fueron escogidas en los sectores y barrios de cada ciudad donde de acuerdo al criterio del personal de la ABG se han encontrado altos índices de *Ae. aegypti*, aunque inicialmente en agosto de 2017 se revisaron las zonas en las cuales no se habían realizado con anterioridad, ni control de adultos ni de recipientes con larvas (Nightingale et. al., 2017).

Para todas las revisiones se fijó un n=30 de casas mínimas muestreadas por isla a excepción de Floreana que cuenta con únicamente 22 viviendas. Asimismo, se georeferenció cada uno de los puntos muestreados con un GPS para un posterior mapeo de puntos positivos para *Aedes aegypti* con el programa ArcGis 9.3.

6.1 . Metodología de colecta

6.1.1 Colecta de mosquitos adultos

6.1.1.1 Prokopack 1419

Los mosquitos adultos que se encontraban volando o reposando en paredes, techos, muebles y otras superficies dentro de todas las viviendas monitoreadas se colectaron con el aspirador Prokopack 1419 de 12 voltios. Esta unidad de aspiración consta de un cable de alimentación eléctrico, vaso de colecta con una malla de acero inoxidable en su tapa, y un extensor (John Hock Co., 2012). Cada muestreo intradomiciliario se realizó en un tiempo estandarizado de 10 minutos por casa en donde se aspiraba cada cuarto de la vivienda con énfasis en los dormitorios o lugares en donde se considera puedan estar los mosquitos.

(Vazquez-Prokopec et. al., 2009; Dzul-Manzanilla et. al., 2017). Una vez atrapados en el vaso colector, los mosquitos eran aspirados manualmente con los aspiradores entomológicos; dichos aspiradores constan de un tubo plástico con gomas tubulares, mallas a manera de tapones y una boquilla en uno de los extremos de las gomas. Todos los mosquitos colectados fueron almacenados en tubos Falcon de 15ml modificados con mallas en el extremo inferior para permitir el paso de aire, de manera que los mosquitos se dirijan a este sitio y no se escapen hasta haber pasado todos los especímenes y cerrar el tubo.

6.1.1.2 BG- Sentinel

Para el muestreo peridomiciliario de mosquitos se utilizaron trampas BG-Sentinel con un cable de alimentación eléctrico. La hélice del ventilador de la trampa funciona con corriente de 110 voltios. Estas trampas plegables consisten en unos contenedores plegables hechos de cañamo blanco con una tapa de tela. En el medio de esta cubierta el aire es aspirado por un ventilador eléctrico mediante un tubo de retención negro que atrapa mosquitos en bolsas entomológicas (Maciel-de-Freitas, Eiras y Lourenço-de-Oliveira, 2006). La trampa libera olores artificiales de la piel humana cuando se usan atrayentes BG-Human Lure. Dichos atrayentes químicos contienen una combinación de sustancias no tóxicas como amoníaco, ácido láctico y ácido caproico (Biogents AG, 2011; Maciel-de-Freitas et. al., 2006). Se colocaron 6 trampas por isla de 1 a 3 días con una duración de muestreo mínimo de 6 horas. Las bolsas entomológicas de cada trampa fueron retiradas cuidadosamente y cerradas con ligas elásticas. Los mosquitos fueron traspasados a tubos Falcon de 15 ml.

6.1.2 Colectas de larvas y pupas

Se inspeccionaron los contenedores llenos de agua tal como llantas, baldes, tanques altos y bajos, ollas y demás recipientes plásticos en todas las viviendas visitadas con el objetivo de examinar para la presencia de estadios inmaduros (tanto larvas en cualquiera de los estadios como pupas) del mosquito (Manrique-Saide et. al., 2012). Las larvas y pupas fueron colectadas mediante el uso de pipetas y se las colocó sobre una bandeja entomológica para realizar su conteo y colección de las muestras. Posteriormente, los especímenes fueron transferidos a frascos de muestras de orina para ser transportados a las instalaciones del ABG. En el laboratorio de la ABG, los estadios inmaduros fueron criados en frascos desarrolladores artificiales hasta su eclosión a adulto para confirmar su identificación a nivel de especie.

6.2 Procesamiento e identificación de especímenes

Los mosquitos adultos fueron sacrificados con el uso de acetato de etilo o por congelación a 4°C durante 15 minutos. Luego, se almacenaron los especímenes en envases rotulados con un código especial.

Todas las muestras colectadas fueron transportadas desde las islas hasta el LEMMT-USFQ en Quito, previo obtención de permisos y trámites necesarios para la movilización de las muestras obtenidos por medio de la ABG, MAE. Para el procesamiento de las muestras en el laboratorio se utilizó un estereomicroscopio, y claves taxonómicas para la identificación de Dípteros: Culícidos asociados con la transmisión del Virus del Dengue (Cutwa y O'meara, s/f). Los mosquitos colectados se identificaron y separaron de acuerdo al sexo y a la especie en base a características morfológicas (Dzul-Manzanilla et. al., 2017). Los machos y hembras no alimentadas fueron almacenados en seco con silica-gel en tubos

Eppendorf de 1.5 ml; las hembras alimentadas fueron preservadas en alcohol al 70% en crioviales de 1.5ml.

6.3 Variables climáticas

La información de temperatura de aire en °C, precipitaciones en mm, y humedad s/flas estaciones meteorológicas de la ABG en cada puerto.

6.4 Análisis estadístico de datos

Los datos obtenidos del muestreo fueron analizados en el programa estadístico R Versión 3.3.2 y RStudio Versión 1.0.136.

Para evaluar cómo la abundancia de mosquitos adultos del *Aedes aegypti* varía en relación al lugar (Santa Cruz y San Cristóbal), los datos meteorológicos tanto de temperatura, precipitación y humedad relativa, así como al mes (agosto, noviembre y marzo) y al método de trapeo utilizado (Prokopack1419 y BG-Sentinel) fueron sometidos a análisis mediante modelos lineales generalizados mixtos (Generalized Lineal Mixed Models-GLMM) los cuales se ejecutaron con el paquete estadístico de R “lme4” (Bates et. al., 2015). Se plantearon modelos anidados (Tabla 1.) para probar tanto efectos fijos como aleatorios sobre la abundancia de los adultos del *Aedes aegypti* (variable de respuesta) la cual se asumió que sigue una distribución Binomial Negativa. Los efectos fijos correspondieron a espacio, tiempo,

clima y trapeo mientras que los efectos aleatorios fueron el barrio, la fecha del día de muestreo, y el nombre de colector.

Para la selección del mejor modelo anidado se realizó la Prueba de la Razón de Verosimilitud (Likelihood Ratio Test-LRT) (Crainiceanu y Ruppert, 2004) a través de su

comparación con el ANOVA test con el fin de elegir el modelo más simple (Chambers y Hastie, 1992).

7. RESULTADOS

7.1 Presencia de *Aedes aegypti* en las Islas Galápagos

De los 319 puntos muestreados se halló un total de 75 positivos (23.51%) para *Aedes aegypti* de los cuales el 35.6% pertenecen a Santa Cruz, el 28.4% a San Cristóbal, y únicamente el 6% a Isabela. Se halló la presencia de *Aedes aegypti* en 3 de las 4 islas muestreadas, excepto en Floreana. (Figura 2). También se observa que *Aedes aegypti* está disperso en todas las zonas muestreadas tanto de Santa Cruz como de San Cristóbal (Figura 2). Se encontró un total de 299 mosquitos adultos: 152 hembras (50.84%) y 147 machos (49.16%). En general se hallaron: 208 en Puerto Ayora (69.56%), 86 en Puerto Baquerizo Moreno (28.76%) y 5 individuos en Puerto Villamil (1.68%). Adicionalmente, se encontraron 42 estadíos inmaduros de *Ae. aegypti* entre larvas y pupas, de los cuales 7 (16.6%) de ellos pertenecían a la isla Isabela, 15 (35.71%) a Santa Cruz y 20 (47.61%) a San Cristóbal.

Específicamente para Santa Cruz, los barrios reincidentes para *Aedes aegypti* en los muestreos fueron: Cascada, Arrayanes y Miraflores; el barrio con registros nuevos para el vector fue El Edén. En San Cristóbal los barrios recurrentes para el mosquito resultaron ser: Peñas Bajas y Altas, Albatros, Cactus y Fragatas; no se hallaron barrios nuevos sin registro previo de *Aedes aegypti*.

7.2 Abundancia de adultos del mosquito *Aedes aegypti*

Se encontró relación entre la isla de muestreo y la abundancia de mosquitos adultos de *Aedes aegypti*. La abundancia entre ambos sitios de comparación (PA y PB) fue significativamente diferente entre sí ($\chi^2=5.6314$, $df=1$, $p=0.0176$). Santa Cruz resultó tener una abundancia mayor a la de San Cristóbal. Esta abundancia es observable en todos los meses de muestreo en contraste con San Cristóbal (Figura 3). Además, se encontró una diferencia significativa con respecto al mes de muestreo ($\chi^2=8.0137$, $df=3$, $p=0.0457$). Noviembre fue el mes con mayor abundancia de mosquitos adultos con respecto a los otros dos meses.

No se halló relación alguna entre la abundancia de mosquitos adultos de *Aedes aegypti* con los datos de temperatura ($\chi^2=3.2977$, $df=1$, $p=0.0694$); ni con los datos de precipitación ($\chi^2=0.0043$, $df=1$, $p=0.948$); ni con los de humedad relativa ($\chi^2=0.6474$, $df=1$, $p=0.414$). Agosto y noviembre son meses con bajas temperaturas y precipitaciones y tienen una abundancia de 57 (19.39%) y 162 (55.10%) mosquitos, respectivamente. Marzo es el mes más cálido y con mayor precipitación en las islas y presenta una abundancia de 75 mosquitos (25.51%) (Tabla 2).

Finalmente, no se halló relación entre el método de trapeo empleado y la abundancia de *Ae. aegypti* adultos ($\chi^2=1.9166$, $df=1$, $p=0.1662$). Sin embargo, la trampa Prokopack 1419 es más efectiva para agosto y noviembre que la trampa BG-Sentinel (Figura 4), lo que sugiere que hay una mayor presencia del vector en el intradomicilio que en el peridomicilio.

8. DISCUSIÓN

Este estudio horizontal consistió en una exploración inicial de la presencia del *Aedes aegypti* en las cuatro islas pobladas de Galápagos durante 2017 y 2018 para lo cual se seleccionaron los centros urbanos en cada puerto tanto de Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela como de Floreana. Este monitoreo entomológico mostró que el *Aedes aegypti* está presente en las tres primeras islas mencionadas anteriormente y durante todos los meses de colecta. En Santa Cruz y en San Cristóbal, su presencia fue coincidente con la información reportada por Causton et. al., 2006; Bataille et. al., 2009; Nightingale et. al., 2017; y ABG, 2017. Los resultados hallados en Isabela, por su parte, corroboran para el presente año la información dada por Asigau et. al., 2017 en la cual se resalta por primera vez la presencia del *Aedes aegypti* en Puerto Villamil.

El hallazgo de *Ae. aegypti* en la isla Isabela puede deberse a varios factores entre los que podrían ser: la calidad de los servicios de salud pública, actividades humanas y factores climáticos locales; que son causas importantes de su presencia en otros lugares continentales (Ramos et. al., 2008). Se resalta principalmente la ausencia en esta isla de un sistema establecido de monitoreo y control vectorial por parte del Ministerio de Salud que incluya un programa de abatizaciones rutinarias y además, el desconocimiento de la población acerca de la presencia de esta especie en las islas. Aunque no es parte de este estudio pero si del proyecto sobre el *Aedes aegypti* en las Galápagos, la distribución y epidemiología del dengue, chikungunya y Zika, que financia este trabajo, se realizan también grupos focales y entrevistas a la población que ayuden a determinar el conocimiento de la misma en cada sitio estudiado sobre estas enfermedades y su vector.

El diseño, implementación y mantenimiento de un buen programa de control a largo plazo bajo una estrategia de salud pública robusta con la participación tanto del gobierno

como de la comunidad es de gran importancia para prevenir y controlar las poblaciones del *Aedes aegypti* así como se menciona en la bibliografía (Jansen y Beebe, 2010; Morrison et. al., 2008) y debe ser actualmente una prioridad para Isabela para evitar que esta especie se establezca localmente. Al haber hallado puntos positivos en primera instancia en el aeropuerto de la ciudad, así como en barrios cercanos al punto de embarque en el puerto en la zona costera “Brisas del mar” y “Central”, esto sugiere que el mosquito está entrando gracias el continuo movimiento humano interislas dado tanto por flujo aéreo como marítimo como ya se ha descrito en otros estudios en islas con anterioridad (Sukehiro et. al., 2013; Fonzi et. al., 2015).

Asimismo, la presencia del vector en Puerto Villamil se puede explicar por la falta de prácticas preventivas y de aseo o saneamiento de la isla lo cual resulta en la acumulación de basura y contenedores expuestos que pueden coleccionar agua lluvia que facilite la expansión del *Ae. aegypti*. En este caso específico la acumulación de tarrinas plásticas y de llantas; la proliferación de lugares con estancamiento de agua, proveniente de las lluvias antes de marzo y durante ese mes, pudo haber ocasionado el escenario ideal para el establecimiento y dispersión del mosquito. En otros estudios en Ecuador continental y otros países, ya se ha encontrado que estos factores son importantes para aumentar el riesgo de presencia de este mosquito (Jensen y Beebe, 2009; Stewart-Ibarra et. al., 2014; Handel et. al., 2016; Kenneson et. al., 2017).

La ausencia del mosquito en Floreana puede explicarse por la baja densidad poblacional en esta isla, bajo flujo turístico y transporte de carga menos frecuente registrado en el lugar como se sugiere en la bibliografía (Domínguez, Ludueña y Almirón, 2000; de Azevedo et. al., 2018). De acuerdo al CGREG (2016). En esta isla el turismo predominante es el diario y el concurrente por 3 días, mientras que el comercio por vía

marítima para la subsistencia de la localidad es bajo; en conjunto estos factores pueden sugerir lo que Fonzi et. al. (2015) señala ya que de esta forma no se permitiría la llegada y proliferación satisfactoria de *Aedes aegypti*.

Con respecto a las cifras encontradas sobre los estadios inmaduros de *Aedes aegypti* se halla una similitud con los resultados expuestos por Nightingale et. al., 2017; ya que en dicho estudio tanto los índices de Breteau y de casas positivas para los *Aedes aegypti* juveniles resultaron ser mayores en Puerto Baquerizo Moreno que en Puerto Ayora. Sin embargo nuestros resultados pueden verse sesgados por efecto de las abatizaciones previas en los tanques o contenedores de agua de las viviendas.

Para validar los resultados de la abundancia de adultos de *Aedes aegypti* en Puerto Ayora-Santa Cruz y en Puerto Baquerizo Moreno- San Cristóbal se utilizaron modelos lineales generalizados mixtos. Estos modelos, confirman la relación significativa entre esta variable de respuesta y los efectos tanto de isla como de mes de muestreo; pero se descarta la asociación entre los datos climatológicos diarios de temperatura, precipitación y humedad relativa; así como también entre el método de trampeo empleado.

En cuanto a la diferencia significativa de abundancia de los mosquitos adultos de *Ae. aegypti* entre ambas islas se resalta que contrariamente a lo encontrado en el monitoreo entomológico transversal realizado en 2014 por Nightingale et. al., 2017, Puerto Ayora presenta en los meses muestreados, tanto en 2017 como 2018, mayor número de mosquitos que Puerto Baquerizo Moreno.

Estos resultados pueden deberse a que en Santa Cruz se halla una mayor densidad poblacional que en San Cristóbal, además de que a esta isla llegan también una mayor cantidad de turistas. Como se mencionó anteriormente, estos factores pueden contribuir al asentamiento de poblaciones de *Aedes aegypti*, una especie que se ha adaptado muy bien a

ambientes urbanos (de Azevedo et. al., 2018). De acuerdo a los GADs municipales de cada cantón tanto para los barrios de Puerto Ayora y de Puerto Baquerizo Moreno reincidentes para la presencia de *Aedes aegypti* afirman que estos lugares cuentan con un número elevado de pobladores de 36 hasta 98 habitantes por manzana, número suficiente de personas para que el vector se desarrolle. Además, la presencia de *Aedes aegypti* en el barrio “El Edén” en Santa Cruz al ser un barrio turístico con hoteles de alta gama recibe varios turistas que pueden de alguna manera introducir al mosquito si sobrevive al sistema de desinfección a nivel aeroportuario de las maletas. Esto podría explicar la llegada de este vector a nuevas localidades como ocurrió más recientemente en 2017 en los Países Bajos explicado por Ibañez-Justicia et. al., 2017. Por otro lado, en San Cristóbal para este estudio se descarta el ingreso de *Aedes aegypti* mediante vía aérea al no encontrar registro de este vector en el aeropuerto.

Es importante resaltar que junto al movimiento humano ya sea interislas o del continente, el transporte marítimo de carga pesada y envíos para la subsistencia de la población en las islas, también juega un rol fundamental, sino se realiza éste con un debido control portuario que bloquee su entrada (Chadee, 1984; Guagliardo et. al., 2014; Fonzi et. al, 2015;). Si bien en Santa Cruz existe un punto de revisión de la ABG en el muelle de los pasajeros, lugar donde se desembarcan los turistas que se mueven entre islas, existe aún un punto desatendido que tenga programa de control localizado en el barrio de las Ninfas donde se desembarca la mercadería de abastecimiento para Puerto Ayora proveniente del continente y que es transportada por buques de carga pesada. Este sitio facilita significativamente el ingreso del vector por esta vía y respalda el hallazgo de *Aedes aegypti* en sitios de muestreo muy cercanos a esta zona.

De igual forma, el patrón de urbanización de cada isla constituye otro factor relevante que aumenta potencialmente el riesgo de presencia del vector y por ende la transmisibilidad del dengue, chikungunya y Zika (Ramos et. al., 2008; Stoddard et. al., 2009). En los barrios de Puerto Ayora con altos índices de *Aedes aegypti*, la urbanización se caracteriza por estar dispuesta en forma de vecindarios, es decir con casas que colindan entre sí muy cercanamente, contrariamente a lo que sucede en San Cristóbal, en donde las casas se disponen de una manera más dispersa y esto se puede observar más claramente en Isabela. Estas observaciones más bien cualitativas de la densidad poblacional deben ser estudiadas más sistemáticamente y con datos cuantitativos en futuros estudios. La presencia de *Aedes aegypti* en Cristóbal e Isabela más bien se explicaría por causa de otros componentes.

La presencia y abundancia de poblaciones del *Ae. aegypti* se ve afectada por la falta de suministro de agua por tuberías, que obliga a la población a guardar en recipientes y en las lavanderías, al agua que se provee por medio de tanqueros. El mal manejo del agua en estos lugares con presencia de tanques con agua destapados y lavanderías desatendidas, acompañado de falta de prácticas preventivas contra este mosquito, aumentan el riesgo de presencia de esta especie especialmente en ciudades con barrios con urbanización deficiente, falta de alcantarillado y agua entubada (Jansen y Beebe, 2010). Este es el caso en Santa Cruz y San Cristóbal en donde el agua no llega a muchos barrios especialmente en zonas marginales. Es interesante mencionar que *Aedes aegypti* en San Cristóbal fue menos abundante que en Santa Cruz. Esto tal vez podría explicarse porque en Puerto Baquerizo Moreno son más frecuentes las prácticas preventivas que en los hogares en Puerto Ayora según se menciona en Nithingale et al., 2017. En esta isla se resalta el mayor el uso de protectores en ventanas y puertas, aplicación de repelentes, eliminación de basura y aguas

estancadas, cierre de ventanas y puertas, corte de césped y plantas, y también la aplicación de productos químicos en el agua estancada. Es posible que estas prácticas se hayan implementado después del brote epidémico de dengue del 2010 que causó una alarma en las autoridades de salud con la consiguiente implementación de varias medidas para controlar la transmisión y evitar nuevos brotes epidémicos.

La ausencia de relación hallada entre la abundancia poblacional de los mosquitos adultos de *Aedes aegypti* con la temperatura, precipitación y humedad relativa, puede deberse a la utilización de los datos climatológicos diarios promedio y no a los datos de lluvia y temperatura mínima ya que en varios estudios resultan ser los predictores más importantes (Ibarra et. al., 2013; Carrington et. al., 2013). Sin embargo, a pesar de este resultado estadístico, es importante indicar que marzo es el mes más caliente y con mayor precipitación en las islas, pero al parecer, no se encuentra mayor abundancia de *Aedes aegypti* en época hot-wet como ocurre en el Ecuador continental; y más bien se halla mayor abundancia en Noviembre en época seca (Stewart-Ibarra et. al., 2014). Estas tendencias deben ser corroboradas en futuros estudios.

Por último, la diferencia no significativa entre ambos métodos de captura para mosquitos adultos usados en este estudio concuerda con lo descrito por Sivagnaname y Gunasekaran (2012) en donde se indica que las dos trampas son eficientes para capturar *Aedes aegypti*; pero esto puede cambiar dependiendo de la habilidad y experiencia del operador lo que puede en parte explicar los resultados obtenidos en este estudio en donde la mayor cantidad de mosquitos fueron capturados por Prokopack en agosto y noviembre épocas en las que se contó con operadores de mayor experiencia.

El haber encontrado mayor cantidad de mosquitos con la trampa Prokopack también indica mayor presencia del vector en el intradomicilio al considerar que esta trampa fue

utilizada únicamente al interior de las casas; esto pudo haber ocurrido dadas las condiciones climáticas adversas de estos dos meses y particularmente de noviembre, lo cual provocó que *Ae. aegypti* disminuya su actividad externa e ingrese al intradomicilio. Esto debido a que la actividad de las hembras disminuye cuando baja la temperatura del aire y atraviesa un umbral de 20°C ; por su lado, los machos también lo hacen ya que en el peridomicilio no hay hembras disponibles para la cúpula o reproducción (Domínguez et. al., 2000).

El *Aedes aegypti* es una especie introducida e invasiva en las islas Galápagos que ha demostrado que tiene una gran capacidad para dispersarse en diferentes medios de transporte principalmente ligados a la actividad humana del comercio y del turismo (Fonzi et. al., 2015). Este hecho convierte a este mosquito en un vector hábil y agresivo y el estudio de su presencia una prioridad para los sistemas de salud especialmente en áreas aisladas pero a su vez tan visitadas como las Islas Galápagos. El entendimiento de los posibles mecanismos de entrada de *Aedes aegypti* a estos espacios geográficos puede ayudar a mejorar las estrategias de control vectorial en el archipiélago.

9. CONCLUSIONES

- *Aedes aegypti* persiste en la época seca en focos residuales dispersos tanto en PA (Santa Cruz) como en PB (San Cristóbal) lo que podría sugerir algunas estrategias de control vectorial.
- Santa Cruz es la isla con mayor abundancia de *Aedes aegypti* adultos.
- Hasta el momento *Aedes aegypti* no se encuentra presente en Floreana.
- Se confirma la presencia de *Aedes aegypti* en la isla Isabela en 2018 y se corrobora su presencia previamente reportada por Asigau et al., 2017.

- Se evidencia la presencia tanto de estadíos inmaduros como de adultos lo que sugiere que el mosquito está en fase de reproducción en esta isla.

10. RECOMENDACIONES

En cuanto a la metodología del estudio se recomienda:

- Ampliar el monitoreo entomológico para poder definir de mejor manera la abundancia y presencia del vector. Es decir, se debería realizar al menos un muestreo mensual por un tiempo mínimo de un año con revisión en las 4 islas pobladas pero también en Baltra ya que allí está el aeropuerto para Santa Cruz. Es importante también que se analicen las partes altas de cada isla y barrios rurales ya que estos también tienen gran densidad poblacional y están expuestos a condiciones climatológicas adversas que puede facilitar el asentamiento y propagación del vector.
- Utilizar los datos climatológicos mensuales promedio y no diarios promedio pero sí datos de lluvia y temperatura mínimas; así como coordinar las fechas de muestreo con los programas de abatizaciones y fumigaciones para de esta forma obtener datos más cercanos a la realidad de las islas y evitar posibles sesgos en los resultados.

Con respecto a los datos obtenidos a partir de este estudio se recomienda a las autoridades pertinentes a:

- Utilizar los datos presentados para establecer programas de control vectorial más específicos en los barrios y zonas más susceptibles de Santa Cruz y San Cristóbal para prevenir la transmisión de dengue, chikungunya y Zika.

- Implementar de manera inmediata fumigaciones y abatizaciones en Isabela en Puerto Villamil, así como también educar a la población sobre cómo prevenir la proliferación del mosquito para evitar que este vector logre colonizar definitivamente esta isla.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control de la Bioseguridad y Cuarentena para Galápagos-ABG (2017). Informe de rendición de cuentas 2016.
- Asigau, S., Hartman, D. A., Higashiguchi, J. M., & Parker, P. G. (2017). The distribution of mosquitoes across an altitudinal gradient in the Galapagos Islands. *Journal of Vector Ecology*, 42(2), 243-253.
- Balta León, R. (1997). Guía Práctica para la Identificación de *Aedes aegypti*. Guías Entomológicas, Ministerio de Salud Perú, Centro Nacional de Laboratorios de Salud Pública: Lima
- Bataille, A., Cunningham, A. A., Cedeño, V., Patiño, L., Constantinou, A., Kramer, L. D., & Goodman, S. J. (2009). Natural colonization and adaptation of a mosquito species in Galápagos and its implications for disease threats to endemic wildlife. *Proceedings of the National Academ of Sciences*, 106(25), 10230-10235.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B., & Walker, S. (2015). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *arXiv preprint arXiv:1406.5823*.
- Biogents AG. (2011). *Instruction Manual for the Biogents Sentinel: An innovative trapping sstem for mosquitoes & other hematophagous insects*. Recuperado el 17 de mao de 2018 desde https://www.bg-sentinel.com/downloads/BG-Sentinel_Manual.pdf
- Bisset, J. A., Marín, R., Rodríguez, M. M., Severson, D. W., Ricardo, ., French, L., ... Perez, O. (2013). Insecticide resistance in two *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) strains from Costa Rica. *Journal of medical entomolog*, 50(2), 352-361.
- Black IV, W. C., Bennett, K. E., Gorrochótegui-Escalante, N., Barillas-Mur, C. V., Fernández-Salas, I., de Lourdes Muñoz, M., ... Beat, B. J. (2002). Flavivirus susceptibilit in *Aedes aegypti*. *Archives of medical research*, 33(4), 379-388.
- Black,W.C., Moore, C.G. (1996). Population biolog as a tool for studing vector-borne diseases. Beat BJ, Marquardt WC, editores. *The Biolog of Disease Vectors*. Niwot: Universit Press of Colorado.
- Brad, O. J., Gething, P. W., Bhatt, S., Messina, J. P., Brownstein, J. S., Hoen, A. G., ... Ha, S. I. (2012). Refining the global spatial limits of dengue virus transmission b evidence-based consensus. *PLoS neglected tropical diseases*, 6(8), e1760.
- Brown, J. E., Evans, B. R., Zheng, W., Obas, V., Barrera-Martinez, L., Egizi, A., ... Powell, J. R. (2014). Human impacts have shaped historical and recent evolution in *Aedes aegypti*, the dengue and ellow fever mosquito. *Evolution*, 68(2), 514-525.
- Carrada-Bravo, T., Vázquez-Vázquez, L., López-García, I. (2014). La ecología del dengue el *Aedes aegypti*. Investigación preliminar. Tercera parte. *Salud Pública de México*, 26(3), 297-311.
- Carrington, L. B., Armijos, M. V., Lambrechts, L., & Scott, T. W. (2013). Fluctuations at a low mean temperature accelerate dengue virus transmission b *Aedes aegypti*. *PLoS neglected tropical diseases*, 7(4), e2190.

- Causton, C. E., Peck, S. B., Sinclair, B. J., Roque-Albelo, L., Hodgson, C. J., & Landr, B. (2006). Alien insects: threats and implications for conservation of Galápagos Islands. *Annals of the Entomological Societ of America*, 99(1), 121-143.
- Chadee, D. D. (1984). *Aedes aegypti* aboard boats at Port-of-Spain, Trinidad, West Indies (1972–82). *Mosq News*, 44(1), 1-3.
- Chambers, J. M., & Hastie, T. J. (Eds.). (1992). *Statistical models in S* (Vol. 251). Pacific Grove, CA: Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software.
- Chan, M., Johansson, M. A. (2012). The incubation periods of dengue viruses. *PloS one*, 7(11), e50972.
- Christophers, S. (1960). *Aedes aegypti* (L.) the ellow fever mosquito: its life histor, bionomics and structure. *Aëdes aegypti (L.) the ellow Fever Mosquito: its Life Histor, Bionomics and Structure*.
- Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos-CGREG (2016). Plan de Desarrollo Sustentable Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos 2015-2020. *Plan Galápagos*.
- Consejo del Gobierno del Régimen Especial de Galápagos-CGREG. (2015) Plan Galápagos: Plan de Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del Régimen Especial de Galápagos 2015-2020
- Crainiceanu, C. M., & Ruppert, D. (2004). Likelihood ratio tests in linear mixed models with one variance component. *Journal of the Roal Statistical Societ: Series B (Statistical Methodolog)*, 66(1), 165-185.
- Cutwa, M., O'Meara, G. (s/f). Photographic guide common mosquitoes of Florida. Universidad de Florida
- de Azevedo, T. S., Bourke, B. P., Piovezan, R., & Sallum, M. A. M. (2018). The influence of urban heat islands and socioeconomic factors on the spatial distribution of *Aedes aegypti* larval habitats. *Geospatial health*, 13(1).
- Dick, O. B., San Martín, J. L., Montoa, R. H., del Diego, J., Zambrano, B., Daan, G. H. (2012). The histor of dengue outbreaks in the Americas. *The American journal of tropical medicine and hgiene*, 87(4), 584-593.
- Domínguez, M. C., Ludueña Almeida, F. F., & Almirón, W. R. (2000). Dinámica poblacional de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Córdoba capital. *Rev Soc Entomol Argent*, 59(1-4), 41-50.
- Dubrulle, M., Mousson, L., Moutailler, S., Vazeille, M., Failloux, A. B. (2009). Chikunguna virus and *Aedes* mosquitoes: saliva is infectious as soon as two das after oral infection. *PloS one*, 4(6), e5895.
- Dzul-Manzanilla, F., Ibarra-López, J., Bibiano Marín, W., Martini-Jaimes, A., Leva, J. T., Correa-Morales, F., ... & Vazquez-Prokopec, G. M. (2017). Indoor resting behavior of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Acapulco, Mexico. *Journal of medical entomolog*, 54(2), 501-504.
- Eisen, L., Monaghan, A. J., Lozano-Fuentes, S., Steinhoff, D. F., Haden, M. H., Bieringer, P. E. (2014). The impact of temperature on the bionomics of *Aedes* (Stegomia)

- aegypti*, with special reference to the cool geographic range margins. *Journal of medical entomology*, 51(3), 496-516.
- Faria, N. R., da Silva Azevedo, R. D. S., Kraemer, M. U., Souza, R., Cunha, M. S., Hill, S. C., ... Rocco, I. M. (2016). Zika virus in the Americas: early epidemiological and genetic findings. *Science*, aaf5036.
- Fauci, A. S., Morens, D. M. (2016). Zika virus in the Americas—yet another arbovirus threat. *New England journal of medicine*, 374(7), 601-604.
- Fonzi, E., Higa, J., Bertuso, A. G., Futami, K., & Minakawa, N. (2015). Human-mediated marine dispersal influences the population structure of *Aedes aegypti* in the Philippine Archipelago. *PLoS neglected tropical diseases*, 9(6), e0003829.
- Fors, M., Silva, E., González, P. (2018). Epidemiological characteristics of a Zika outbreak in Portoviejo, Ecuador, 2016. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 42, e68.
- García, E. (1953). *Progresos en la lucha contra la fiebre amarilla en el Ecuador*. Ecuador: Boletín de la oficina sanitaria panamericana.
- Gra, S. M., Banerjee, N. (1999). Mechanisms of arthropod transmission of plant and animal viruses. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 63(1), 128-148.
- Guagliardo, S.A., Barboza, J.L., Morrison, A.C., Astete, H., Vázquez-Prokopec, G., Kitron, U. (2014). Patrones de expansión geográfica de *Aedes aegypti* en la Amazonía peruana. *PLoS descuidó las enfermedades tropicales*, 8 (8), e3033.
- Guzman, M. G., Halstead, S. B., Artsob, H., Buch, P., Farrar, J., Gubler, D. J., ... Nathan, M. B. (2010). Dengue: a continuing global threat. *Nature Reviews Microbiology*, 8(12supp), S7.
- Handel, A. S., Aala, E. B., Borbor-Cordova, M. J., Fessler, A. G., Finkelstein, J. L., Espinoza, R. X. R., ... & Stewart-Ibarra, A. M. (2016). Knowledge, attitudes, and practices regarding dengue infection among public sector healthcare providers in Machala, Ecuador. *Tropical diseases, travel medicine and vaccines*, 2(1), 8.
- Harrington, L. C., Edman, J. D., Scott, T. W. (2001). Why do female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) feed preferentially and frequently on human blood?. *Journal of medical entomology*, 38(3), 411-422.
- Herrera, F., Urdaneta, L., Rivero, J., Zoghbi, N., Ruiz, J., Carrasquel, G., ... Rubio-Palis, J. (2006). Population genetic structure of the dengue mosquito *Aedes aegypti* in Venezuela. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 101(6), 625-633.
- Ibañez-Justicia, A., Gloria-Soria, A., den Hartog, W., Dik, M., Jacobs, F., & Stroobant, A. (2017). The first detected airline introductions of yellow fever mosquitoes (*Aedes aegypti*) to Europe, at Schiphol International airport, the Netherlands. *Parasites & vectors*, 10(1), 603.
- Ibarra, A. M. S., Luzadis, V. A., Cordova, M. J. B., Silva, M., Ordoñez, T., Aala, E. B., Ran, S. J. (2014). A social-ecological analysis of community perceptions of dengue fever and *Aedes aegypti* in Machala, Ecuador. *BMC public health*, 14(1), 1135.

- Ibarra, A. M. S., Ran, S. J., Beltrán, E., Mejía, R., Silva, M., Muñoz, Á. (2013). Dengue vector dynamics (*Aedes aegypti*) influenced by climate and social factors in Ecuador: implications for targeted control. *PloS one*, 8(11), e78263.
- Instituto Nacional de Estadística Censos- INEC. (2015). Análisis de resultados definitivos Censo de Población Vivienda Galápagos 2015. *Ecuador en cifras*.
- Jansen, C. C., Beebe, N. W. (2010). The dengue vector *Aedes aegypti*: what comes next. *Microbes and infection*, 12(4), 272-279.
- Johansson, M. A., Powers, A. M., Pesik, N., Cohen, N. J., Staples, J. E. (2014). Nowcasting the spread of chikunguna virus in the Americas. *PloS one*, 9(8), e104915.
- John Hock Co. (2012). *Improved Prokopack Aspirator—Model 1419*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 desde http://johnwhock.com/wp-content/uploads/2012/11/instr_1419_Aspirator.pdf
- Kenneson, A., Beltrán-Aala, E., Borbor-Cordova, M. J., Polhemus, M. E., Ran, S. J., End, T. P., Stewart-Ibarra, A. M. (2017). Social-ecological factors and preventive actions decrease the risk of dengue infection at the household-level: Results from a prospective dengue surveillance study in Machala, Ecuador. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(12), e0006150.
- Kraemer, M. U., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mlne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., ... Hendrickx, G. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *elife*, 4, e08347.
- Maciel-de-Freitas, R., Eiras, Á. E., & Lourenço-de-Oliveira, R. (2006). Field evaluation of effectiveness of the BG-Sentinel, a new trap for capturing adult *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 101(3), 321-325.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Bender, K.S., Buckle, D.H., Stahl, D. A. (2014). *Brock. Biología de los microorganismos*. 14va Edición. Madrid: Pearson
- Maer, S. V., Tesh, R. B., Vasilakis, N. (2017). The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikunguna and zika fevers. *Acta tropica*, 166, 155-163.
- Maer, S. V., Tesh, R. B., Vasilakis, N. (2017). The emergence of arthropod-borne viral diseases: A global prospective on dengue, chikunguna and zika fevers. *Acta tropica*, 166, 155-163.
- Manrique-Saide, P., Uc, V., Prado, C., Carmona, C., Vadillo, J., Chan, R., ... & Arredondo-Jimenez, J. I. (2012). Storm sewers as larval habitats for *Aedes aegypti* and *Culex* spp. in a neighborhood of Merida, Mexico. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 28(3), 255-257.
- Marinho, R. A., Beserra, E. B., Bezerra-Gusmão, M. A., Porto, V. D. S., Olinda, R. A., dos Santos, C. A. (2016). Effects of temperature on the life cycle, expansion, and dispersion of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in three cities in Paraíba, Brazil. *Journal of Vector Ecology*, 41(1), 1-10.

- Messina, J. P., Brad, O. J., Scott, T. W., Zou, C., Pigott, D. M., Duda, K. A., ... Simmons, C. P. (2014). Global spread of dengue virus types: mapping the 70 year history. *Trends in microbiology*, 22(3), 138-146.
- Ministerio de Salud Pública- MSP (2018). Gaceta Epidemiológica: Enfermedades transmitidas por vectores-Dengue. Ecuador, Semana epidemiológica 19/ 2018.
- Ministerio de Salud Pública- MSP (2018). Gaceta Epidemiológica: Enfermedades transmitidas por vectores- Fiebre chikungunya. Semana epidemiológica 19 /2018, Ecuador
- Ministerio de Salud Pública- MSP (2018). Gaceta Epidemiológica: Enfermedades transmitidas por vectores-Fiebre chikungunya y Zika: Semana Epidemiológica 01-52 /2017, Ecuador
- Ministerio de Salud Pública- MSP (2018). Gaceta Epidemiológica: Enfermedades transmitidas por vectores- Zika: Semana Epidemiológica 14 -2018, Ecuador
- Moa, J., Pimentel, R., Puello, J. (2014). Chikunguna: un reto para los servicios de salud de la República Dominicana. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 36, 331-335.
- Morrison, A. C., Zielinski-Gutierrez, E., Scott, T. W., & Rosenberg, R. (2008). Defining challenges and proposing solutions for control of the virus vector *Aedes aegypti*. *PLoS medicine*, 5(3), e68.
- Murra, N. E. A., Quam, M. B., Wilder-Smith, A. (2013). Epidemiology of dengue: past, present and future prospects. *Clinical epidemiology*, 5, 299.
- Mustafa, M. S., Rasotgi, V., Jain, S., Gupta, V. (2015). Discovery of fifth serotype of dengue virus (DENV-5): A new public health dilemma in dengue control. *Medical Journal Armed Forces India*, 71(1), 67-70.
- Nagao, S., Thavara, U., Chitnumsup, P., Tawatsin, A., Chansang, C., Campbell-Lendrum, D. (2003). Climatic and social risk factors for *Aedes* infestation in rural Thailand. *Tropical Medicine International Health*, 8(7), 650-659.
- Nightingale, R., Lippi, C. A., Ran, S. J., Borbor-Cordova, M. J., Cruz, M., Ortega, F., ... & Ibarra, A. M. S. (2017). Dengue fever and *Aedes aegypti* risk in the Galápagos Islands, Ecuador. *bioRxiv*, 113829.
- Olano, V. A. (2016). *Aedes aegypti* en el área rural: implicaciones en salud pública. *Biomedica*, 36(2), 169-173.
- Organización Mundial de la Salud-OMS. (2018). *Dengue dengue grave*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 desde <http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
- Ortiz, M. R., Le, N. K., Sharma, V., Hoare, I., Quishpe, E., Teran, E., ... & Izurieta, R. (2017). Post-earthquake Zika virus surge: Disaster and public health threat amid climatic conduciveness. *Scientific Reports*, 7(1), 15408.
- Pacheco Barzallo, D., Pacheco Barzallo, A., & Narvaez, E. (2018). The 2016 Earthquake in Ecuador: Zika Outbreak After a Natural Disaster. *Health security*, 16(2), 127-134.

- Paladines Vélez, G. A., Paladines Vélez, N. B. (2017). *Conocimientos, actitudes prácticas sobre el Chikunguna en la población de la parroquia Bartolomé Ruiz del cantón Esmeraldas. Cuenca 2015* (Bachelor's thesis).
- Pan American Health Organization-PAHO. (2018). *Description of the current epidemiological trends of dengue in the Americas*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 desde https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_contentview=articleid=4494Itemid=2481lang=en
- Pan American Health Organization-PAHO. (2018). *Zika cumulative cases*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 desde https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12390&Itemid=42090&lang=en
- Pan American Health Organization-PAHO. (2018). *Chikunguna: Data, Maps and Statistics*. Recuperado el 17 de mayo de 2018 desde https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_topicsview=readallcid=5927Itemid=40931lang=en
- Petersen, L. R., Jamieson, D. J., Powers, A. M., Honein, M. A. (2016). Zika virus. *New England Journal of Medicine*, 374(16), 1552-1563.
- Ponce, P., Morales, D., Argoti, A., Cevallos, V. E. (2017). First Report of *Aedes* (*Stegomia*) *albopictus* (Skuse)(Diptera: Culicidae), the Asian Tiger Mosquito, in Ecuador. *Journal of medical entomolog*, 55(1), 248-249.
- Powell, J. R. (2018). Mosquito-Borne Human Viral Diseases: Wh *Aedes aegypti*?. *The American journal of tropical medicine and hgiene*, 98(6):1563-1565.
- Powell, J. R., Tabachnick, W. J. (2013). Histor of domestication and spread of *Aedes aegypti*-A Review. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 108, 11-17.
- Ramos, M. M., Mohammed, H., Zielinski-Gutierrez, E., Haden, M. H., Lopez, J. L. R., Fournier, M., ... Banicki, A. A. (2008). Epidemic dengue and dengue hemorrhagic fever at the Texas–Mexico border: results of a household-based seroepidemiologic surge, December 2005. *The American journal of tropical medicine and hgiene*, 78(3), 364-369.
- Real-Cotto, J. J., Regato Arrata, M. E., Burgos épez, V. E., Cobeña, J., & Tarquino, E. (2017). Evolución del virus dengue en el Ecuador: Período 2000 a 2015. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 78, No. 1, pp. 29-35). UNMSM. Facultad de Medicina.
- Rey, J. R., y Lounibos, P. (2015). Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión de enfermedades. *Biomédica*, 35(2), 177-85.
- Romoser, W. S. Stoffolano, J. G. (1994). *The science of entomolog*. Tercera Edición. United States of America: Wm. C. Brown Communications.

- Ruiz-López, F., González-Mazo, A., Vélez-Mira, A., Gómez, G. F., Zuleta, L., Uribe, S., y Vélez-Bernal, I. D. (2016). Presencia de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. *Biomédica*, 36(2), 303-308.
- Russell, B. M., Ka, B. H., Shipton, W. (2001). Survival of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) eggs in surface and subterranean breeding sites during the northern Queensland dr season. *Journal of medical entomolog*, 38(3), 441-445.
- Salvatella, R. S. (1996). *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) su papel como vectores en las Américas. La situación de Uruguay. *Rev Med Uruguay*, 12, 28-36.
- Sarifah, N., Rusmatini, T., Djatie, T., Huda, F. (2008). Ovitrap ratio of *Aedes aegypti* larvae collected inside and outside houses in a communit surve to prevent dengue outbreak, Bandung, Indonesia, 2007. *Proc Assoc Southeast Asian Nations Congr Trop Med Parasitolol*, 3, 116-120.
- Scott, T. W., Naksathit, A., Da, J. F., Kittapong, P., Edman, J. D. (1997). A fitness advantage for *Aedes aegypti* and the viruses it transmits when females feed onl on human blood. *The American journal of tropical medicine and hgiene*, 57(2), 235-239.
- Service, MW. (2002). *Medical entomolog for students*. Segunda Edición. Cambridge UK: Cambridge Universit Press.
- Sivagnaname, N., & Gunasekaran, K. (2012). Need for an efficient adult trap for the surveillance of dengue vectors. *The Indian journal of medical research*, 136(5), 739.
- Song, B. H., un, S. I., Woolle, M., Lee, . M. (2017). Zika virus: histor, epidemiolog, transmission, and clinical presentation. *Journal of neuroimmunolog*, 308, 50-64.
- Stewart-Ibarra, A. M., Muñoz, Á. G., Ran, S. J., Aala, E. B., Borbor-Cordova, M. J., Finkelstein, J. L., ... Rivero, K. (2014). Spatiotemporal clustering, climate periodicit, and social-ecological risk factors for dengue during an outbreak in Machala, Ecuador, in 2010. *BMC infectious diseases*, 14(1), 610.
- Stewart-Ibarra, A. M., Ran, S. J., Kenneson, A., King, C. A., Abbott, M., Barbachano-Guerrero, A., ... End, T. P. (2018). The Burden of Dengue Fever and Chikunguna in Southern Coastal Ecuador: Epidemiolog, Clinical Presentation, and Phlogenetics from the First Two ears of a Prospective Stud. *The American Journal of Tropical Medicine and Hgiene*, 98(5), 1444–1459. <http://doi.org/10.4269/ajtmh.17-0762>
- Stoddard, S. T., Morrison, A. C., Vazquez-Prokopec, G. M., Soldan, V. P., Kochel, T. J., Kitron, U., ... Scott, T. W. (2009). The role of human movement in the transmission of vector-borne pathogens. *PLoS neglected tropical diseases*, 3(7), e481.
- Sudeep, A. B., Parashar, D. (2008). Chikunguna: an overview. *Journal of biosciences*, 33(4), 443.
- Sukehiro, N., Kida, N., Umezawa, M., Murakami, T., Arai, N., Jinnai, T., ... & Tsuda, . (2013). First report on invasion of ellow fever mosquito, *Aedes aegypti*, at Narita International Airport, Japan in August 2012. *Japanese journal of infectious diseases*, 66(3), 189-194.

- Terán, M., Coto, M. M. R., Leva, . R., & Lazcano, J. A. B. (2014). Evaluación de temefos priproxifeno en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) de Guaaquil, Ecuador. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 66(1).
- Teurlai, M., Menkès, C. E., Cavarero, V., Degallier, N., Descloux, E., Grangeon, J. P., ... Mangeas, M. (2015). Socio-economic and climate factors associated with dengue fever spatial heterogeneity: A worked example in New Caledonia. *PLoS neglected tropical diseases*, 9(12), e0004211.
- Thirion Icaza, J. (2003). *El mosquito Aedes aegypti el dengue en México*. D.F. México: Baer Environmental Science.
- Trueman, M., & d'Ozouville, N. (2010). Characterizing the Galapagos terrestrial climate in the face of global climate change. *Galapagos Research*, 67, 26-37.
- Vargas, M. (2016). *Viología médica*. Segunda Edición. Editorial El Manual Moderno (Colombia) SAS.
- Vasilakis, N., Cardoso, J., Hanle, K. A., Holmes, E. C., Weaver, S. C. (2011). Fever from the forest: prospects for the continued emergence of sylvatic dengue virus and its impact on public health. *Nature Reviews Microbiolog*, 9(7), 532.
- Vásquez, D., Palacio, A., Nuñez, J., Briones, W., Beier, J. C., Pareja, D. C., & Tamariz, L. (2017). Impact of the 2016 Ecuador earthquake on Zika virus cases. *American journal of public health*, 107(7), 1137-1142.
- Vazquez-Prokopec, G. M., Galvin, W. A., Kell, R., & Kitron, U. (2009). A new, cost-effective, battery-powered aspirator for adult mosquito collections. *Journal of medical entomolog*, 46(6), 1256-1259.
- Vogel, K. J., Brown, M. R., Strand, M. R. (2015). Ovar ecdsteroidogenic hormone requires a receptor tyrosine kinase to activate egg formation in the mosquito *Aedes aegypti*. *Proceedings of the National Academ of Sciences*, 201501814.
- Wahid, B., Ali, A., Rafique, S., Idrees, M. (2016). Zika: As an emergent epidemic. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 9(8), 723-729.
- Wahid, B., Ali, A., Rafique, S., Idrees, M. (2017). Global expansion of chikunguna virus: mapping the 64-year history. *International Journal of Infectious Diseases*, 58, 69-76.
- Walker, K. R., Williamson, D., Carrière, ., Rees-Castro, P. A., Haenchen, S., Haden, M. H., ... Ernst, K. C. (2018). Socioeconomic and Human Behavioral Factors Associated With *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Immature Habitat in Tucson, AZ. *Journal of medical entomolog*.
- Wang, E., Ni, H., Xu, R., Barrett, A. D., Watowich, S. J., Gubler, D. J., Weaver, S. C. (2000). Evolutionary relationships of endemic/epidemic and sylvatic dengue viruses. *Journal of virolog*, 74(7), 3227-3234.
- Weaver, S. C. (2013). Urbanization and geographic expansion of zoonotic arboviral diseases: mechanisms and potential strategies for prevention. *Trends in microbiolog*, 21(8), 360-363.
- Weaver, S. C. (2014). Arrival of chikunguna virus in the new world: prospects for spread and impact on public health. *PLoS neglected tropical diseases*, 8(6), e2921.

- Weaver, S. C., Forrester, N. L. (2015). Chikunguna: Evolutionar histor and recent epidemic spread. *Antiviral research*, 120, 32-39.
- Weaver, S. C., Lecuit, M. (2015). Chikunguna virus and the global spread of a mosquito-borne disease. *New England Journal of Medicine*, 372(13), 1231-1239.
- Weaver, S. C., Costa, F., Garcia-Blanco, M. A., Ko, A. I., Ribeiro, G. S., Saade, G., ... Vasilakis, N. (2016). Zika virus: Histor, emergence, biolog, and prospects for control. *Antiviral research*, 130, 69-80.
- Xi, Z., Ramirez, J. L., Dimopoulos, G. (2008). The *Aedes aegypti* toll pathwa controls dengue virus infection. *PLoS pathogens*, 4(7), e1000098.
- Yactayo, S., Staples, J. E., Millot, V., Cibrelus, L., Ramon-Pardo, P. (2016). Epidemiolog of Chikunguna in the Americas. *The Journal of infectious diseases*, 214(suppl_5), S441-S445.
- Zúñiga, M. D. (2015). *Estudio piloto de la variación genética del mosquito Aedes aegypti (Diptera: Culicidae) en Ecuador, vector principal del virus del dengue del virus del chikunguna* (Bachelor's thesis, Quito: USFQ, 2015).

12. TABLAS

Tabla 1. Modelos anidados GLMM para analizar los datos de abundancia de los mosquitos *Ae. aegypti* adultos

Modelo	Diseño del modelo	Efecto fijo a medir significancia
1	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR)+MES+ISLA+TRAP+scale(HUMR)+scale(RNF)+scale(TEMP),family=negative.binomial)	Mes, isla, tipo de trampa, humedad relativa, precipitación y temperatura
2	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR)+MES+ISLA+TRAP+scale(HUMR)+scale(RNF),family=negative.binomial)	Mes, isla, tipo de trampa, humedad relativa y precipitación
3	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR)+MONTH+ISLA+TRAMPA+scale(HUMR),family=negative.binomial)	Mes, isla, tipo de trampa y humedad relativa
4	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR)+MONTH+ISLA+TRAMPA,family=negative.binomial)	Mes, isla y tipo de trampa
5	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR)+MONTH+ISLA,family=negative.binomial)	Mes e isla
6	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR)+MONTH,family=negative.binomial)	Mes
7	glmer.nb(TOTAL~(1 BARRIO)+(1 DAY)+(1 COLLECTOR),family=negative.binomial)	Ninguno

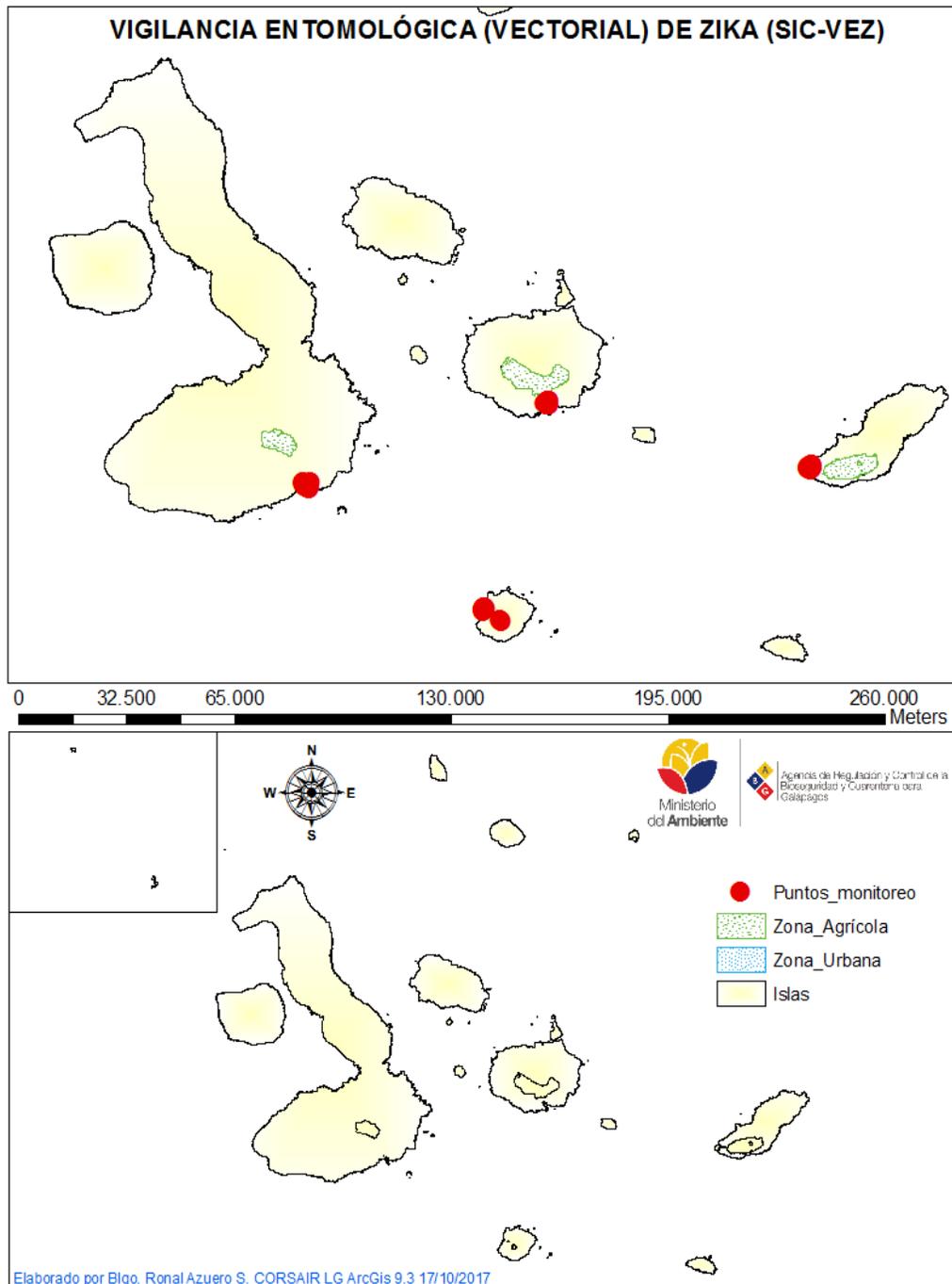
En rojo se muestra el modelo que mejor explica la variable de respuesta analizada

Tabla 2. Datos de la precipitación y temperatura promedio de los días muestreados y número de *Aedes aegypti* adultos capturados en Santa Cruz y en San Cristóbal en relación a los meses de estudio.

Mes	# de <i>Ae. aegypti</i>	RNF	°T
Agosto	57	0,0051	22
Noviembre	162	0,0013	19,13
Marzo	75	0,0107	23,84

Los datos de precipitación se hallan en la columna titulada RNF y están expresados en (mm). Los datos de temperatura corresponden a la columna °T y se hallan en °C.

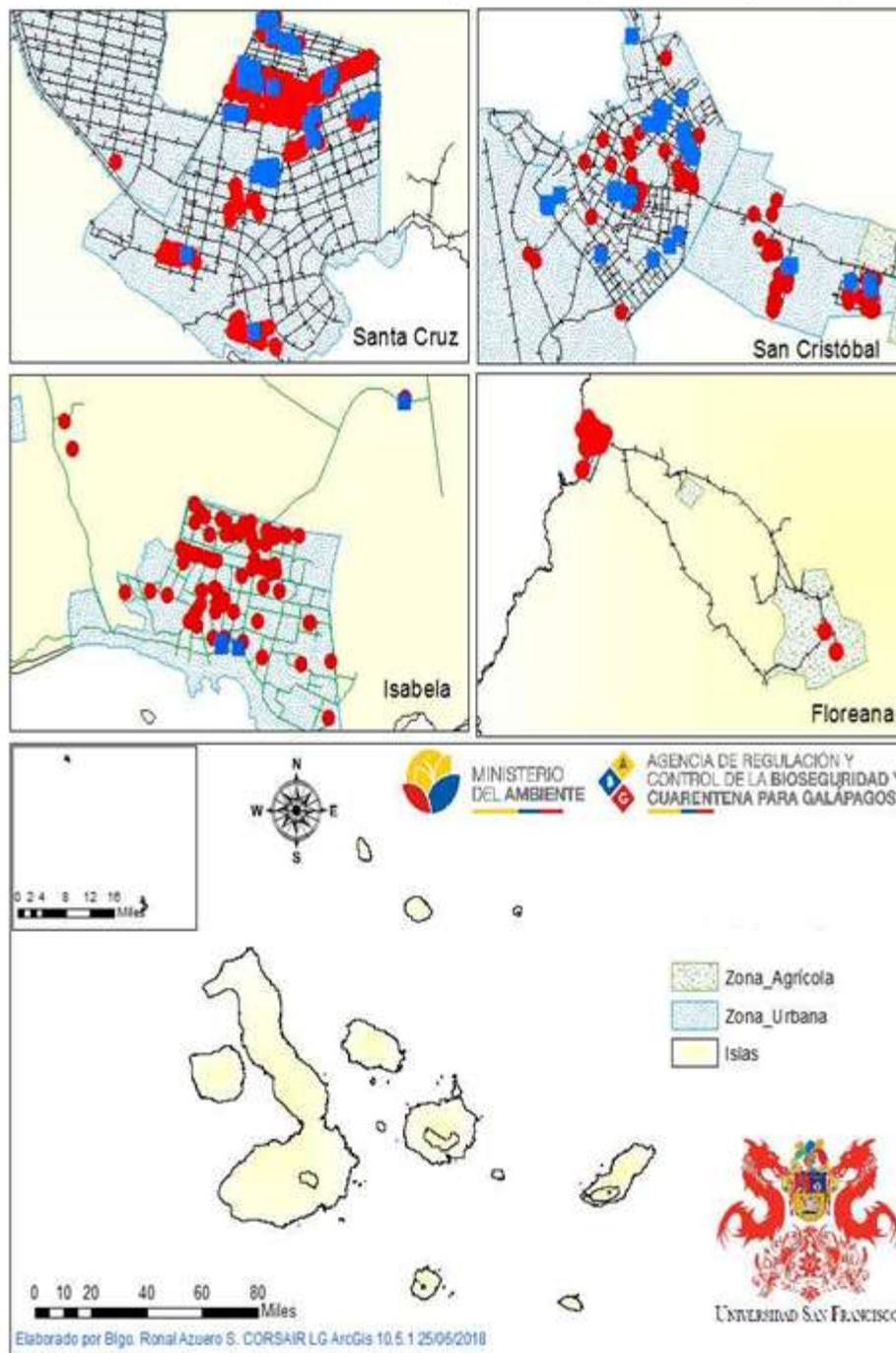
13. FIGURAS:



Fuente: Blgo. Ronal Azuero-ABG, 2017

Figura 1. Localidades de muestreo en las cuatro zonas urbanas de las islas Galápagos: Santa Cruz, San Cristóbal, Isabela y Floreana. Los dos puntos de la Isla Floreana representan las zonas de muestreo agrícola y urbana.

VIGILANCIA ENTOMOLÓGICA (VECTORIAL) DE AEDES (SIC-VEZ)



- Puntos muestreados positivos para *Ae. aegypti*
- Puntos muestreados

Fuente: Blgo. Ronal Azuero-ABG, 2018

Figura 2. Puntos muestreados a lo largo del estudio 2017-2018 y coordenadas positivas para la presencia de *Aedes aegypti* en tres islas de Galápagos.

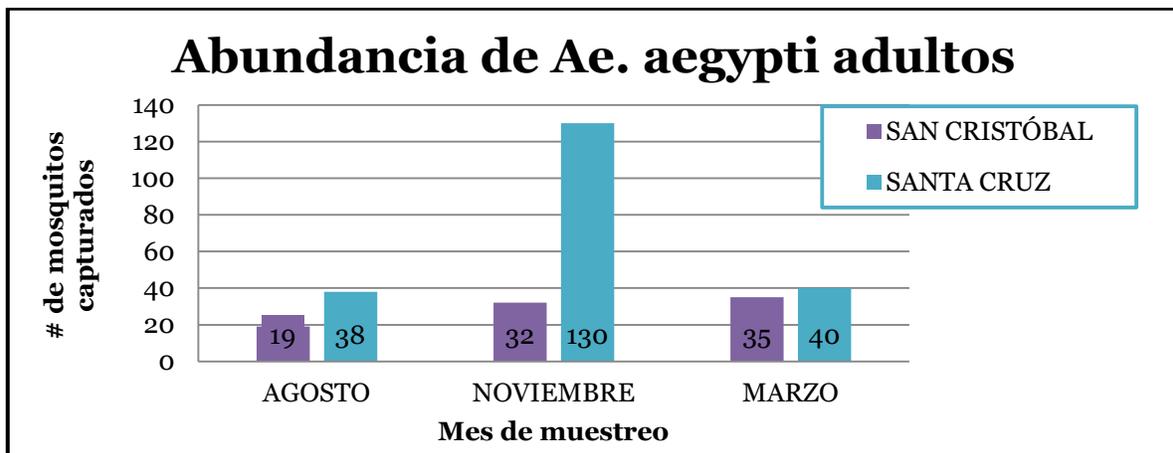


Figura 3. Abundancia total de mosquitos *Aedes aegypti* adultos en Santa Cruz y San Cristóbal en relación al período de monitoreo entomológico.

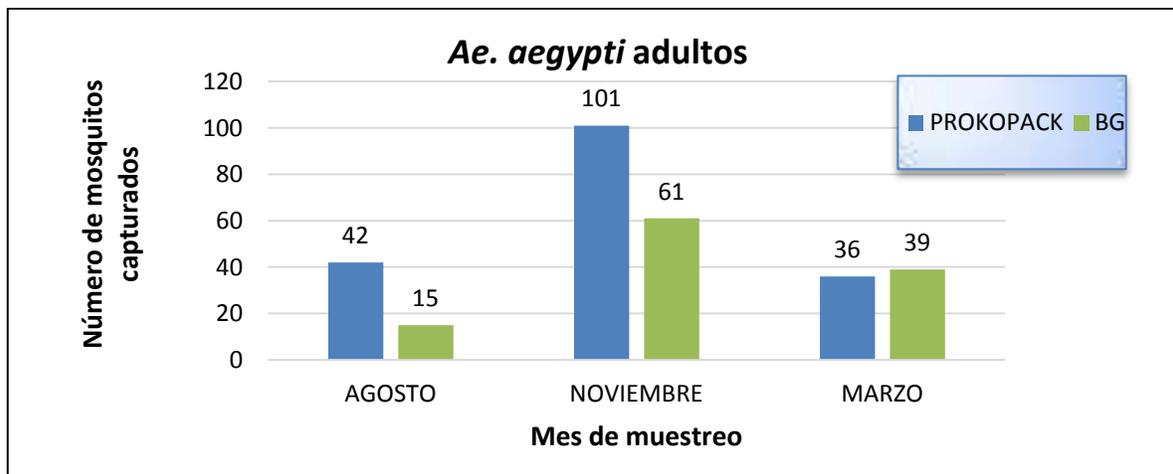


Figura 4. Mosquitos *Aedes aegypti* adultos capturados por trampa BG-Sentinel y Prokopack-1419 en relación al período de monitoreo entomológico.

14. ANEXOS



Fuente: Renato León, 2018

Anexo A. Metodología de colecta de *Aedes aegypti* con trampas BG-Sentinelas y Prokopacks en la parte superior; aspirador manual y de estadios inmaduros en la parte media, y en la parte inferior desarrolladores de estadios inmaduros.



Anexo B. *Aedes aegypti* adultos identificados: De izquierda a derecha: hembra no alimentada, hembra alimentada, tórax de un macho mostrando la mancha en forma de lira que caracteriza al *Aedes aegypti* y vista lateral de un macho.