



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae), en Girardot-Cundinamarca

Lucas Andrés Alcalá Espinosa

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico
Bogotá, Colombia

2014

Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae), en Girardot-Cundinamarca.

Lucas Andrés Alcalá Espinosa

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:
Magister en Infecciones y Salud en el Trópico.

Director (a):

Helena Luisa Brochero, MSc, PhD.

Línea de Investigación:

Entomología Médica

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico

Bogotá, Colombia

2014

A los que me han apoyado toda la vida y los que me la han alegrado con su llegada, mi mamita Teresa, mi hermano Fabian, mi sobrino Juan Esteban y mi hermosa Laura.

Agradecimientos

A las profes Helena Brochero y Martha Quiñones, por brindarme la confianza, tenerme en cuenta para hacer parte de esta investigación, y dedicarme tantas horas que finalizan con la construcción de este trabajo en una etapa tan importante de mi vida.

Al equipo de la Fundación Santa Fe de Bogotá-CEIS, especialmente a la Dra. Juliana Quintero por el apoyo, contar conmigo y permitir desarrollar mi tesis de grado en esta Institución.

A mis queridos profesores de la Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico, sobre todo a la profe Ligia I. Moncada.

A mis compañeros del LEMUN, los que desde el primer día en que puse los pies allí, me recibieron, acogieron e iniciaron de la mejor forma en todo esto llamado Entomología Médica: Lorena O, Manuela H, Gina H, Marco R, Camilo R, Juliana M, Mildred S, Edison S, Soraya S e Irene C; los que llegaron conmigo: Sofía D, Jesús E, Elizabeth R, Natali O, Lucía S; y los que llegaron después: Marcela C, Luz V, Mirley C, Adolfo V, David S, Alí de las S, Cesil S, Carlos M y Alexandra B.

A los que comenzaron esta historia académica conmigo, quienes me han enseñado a tener una mirada desde diversas perspectivas de la ciencia, mis compañeros Kolmogorov's de clase: Monica Mantilla, Olga L. Cabrera, Liliana J. Cortés, Audrey N. J. Gerena y Alejandro Ramírez.

A nuestra mano derecha en Girardot, Sandra Marta, por su guía, compañía e incondicionalidad las 24 horas los 7 días de la semana.

A los técnicos del programa de Enfermedades Transmitidas por Vectores de la Secretaría de Salud de Girardoty al Dr. Jaime Augusto Carrillo.

A la comunidad Girardoteña por permitirnos ingresar a sus hogares.

Resumen

Girardot, Cundinamarca es un municipio hiperendémico para dengue. Se determinó la productividad de su vector *Aedes aegypti* en una época de lluvia (Feb-May, 2011) y otra de sequía (Ago-Sept, 2011). Se estimaron los índices de pupas por persona (IPP), pupas por hectárea (IPH) y se estimó el tamaño corporal del insecto para cada tipo de sitio de cría usando estimación del tamaño del centroide. De todas las pupas recolectadas, los predios aportaron el 94% (n=7098) y los espacios públicos el 6% (n=456) en el período de lluvias, y el 98% (n=9138) y 2% (n=186) en sequía, para predios y espacios públicos, respectivamente. Los recipientes más productivos correspondieron a albercas y tanques bajos (lluvia=87%; sequía=96%). No se encontraron diferencias significativas para los valores de IPP entre conglomerados (valor-p: lluvia=0,354; sequía=0,457) ni entre temporadas (valor-p=0,526), como tampoco para IPH entre conglomerados (valor-p: lluvia y sequía=0,457) ni entre temporadas (valor-p=0,442). Se encontró que el tamaño del centroide está influenciado por la capacidad del almacenamiento de agua del recipiente (valor-p = 0,011) y la presencia de techo sobre este (valor-p= 0,012).

Esta última variable se encontró asociada con la cantidad de luz día que percibe cada criadero y puesto que la alberca que es el recipiente más productivo cuenta con dos tipos, uno que permite la exposición directa de la luz al espejo de agua que sustenta los inmaduros de la especie y otro que provee exposición directa y un área de sombra permanente, pueden estar contribuyendo a la producción de mosquitos más pequeños corporalmente lo que ha sido asociado con importancia epidemiológica; estos vectores pequeños también fueron encontrados en recipientes como tarros, vasijas y canecas. Deben plantearse diversas estrategias de control para formas inmaduras de *Aedes aegypti* y focalizarse hacia las albercas manteniendo la vigilancia entomológica permanente hacia sumideros de aguas lluvias y recipientes de baja capacidad.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, productividad, tamaño del centroide, espacio público, lluvias, sequia.

Abstract

Girardot-Cundinamarca is hyperendemic for dengue. It was proposed to determine the productivity of vector *Aedes aegypti* in rainy season (Feb-May, 2011) and dry season (Aug-Sept, 2011). Pupae per person index (PPI), pupae per hectare index (PPH) and vector size with centroid size were estimated. In wet season, premises contributed 94% (n=7098) and public spaces 6% (n=456) of total pupae, in dry season 98% (n=9138) and 2% (n=186) by premises and public spaces respectively. The most productive containers were lower tanks for washing purpose (*Albercas*) and water storage tanks (wet=87%; dry=96%). No significant differences between clusters PPI (p-value: wet season=0.354, dry season=0.457) neither between seasons (p-value=0.526) were found, neither PPH between cluster (p-value rain and dry season=0.457) nor between seasons (p-value=0.442). The centroid size is influenced by the container water capacity (p-value=0.011) and the roof over the container (p-value=0.012). The latter variable was found associated with the amount of light received by each breeding site and due to the lower tanks for washing purpose is the most productive container and it has two types, one that allows direct exposure of light over the water that sustains the immature species, and another one that provides direct exposure and an area of permanent shadow, it may be contributing to the production of smaller bodily mosquitoes which has been associated with epidemiological importance; these small vectors were also found in containers such as vessels, jars and cans. Various control strategies for immature *Aedes aegypti* should be considered, and focus to lower tanks for washing purpose maintaining permanent entomological surveillance to sewer and low-capacity containers.

Keywords: *Aedes aegypti*, productivity, centroid size, public space, wet season, dry season.

Contenido

	Pág.
Resumen	IX
Abstract.....	X
Lista de figuras.....	XII
Lista de tablas	XIII
Introducción.....	1
Marco teórico.....	5
El Dengue	5
El Dengue en Colombia.....	6
Vector del dengue	8
Vigilancia entomológica.....	9
Preguntas de investigación	11
Cuerpo de la hipótesis	13
Objetivos.....	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
1. Capítulo 1	17
Productividad del vector del dengue <i>Aedes aegypti</i> (L.) (Diptera: Culicidae) en predios de Girardot, Colombia.....	17
2. Capítulo 2	35
¿Contribuye el espacio público a la productividad del vector del dengue <i>Aedes aegypti</i> (Diptera, Culicidae) en Girardot, Colombia?	35
3. Capítulo 3	53
Estimación del tamaño corporal de poblaciones naturales de <i>Aedes aegypti</i> (L.) (Diptera: Culicidae) en Girardot, Cundinamarca, Colombia	53
4. Discusión general	69
5. Aspectos éticos	75
6. Conclusiones y recomendaciones	77
Conclusiones.....	77
Recomendaciones.....	78
7. Resultados indirectos	79
8. Bibliografía	81

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1: Áreas de riesgo de transmisión de dengue, 2011.....	5
Figura 2: Macroconglomerados ecoepidemiológicos para dengue en Colombia.	7
Figura 3: Municipios con el 70% de la carga de la enfermedad por regiones en Colombia 1999-2010.....	7
Figura 1-1: Tipos de alberca encontrados en la ciudad de Girardot, 2011.....	21
Figura 1-2: Agrupación de características de los recipientes con pupas y sin pupas en Girardot, 2011.	25
Figura 1-3: Contribuciones relativas de pupas de <i>Aedes aegypti</i> según cada categoría de criadero en 20 conglomerados de Girardot, 2011.	26
Figura 1-4: Representación de los índices pupa persona (IPP) para <i>Aedes aegypti</i> en lluvia y sequía en Girardot, 2011.....	28
Figura 2-1: Ubicación geográfica de Girardot en el departamento de Cundinamarca y los ubicación de los 20 sectores de estudio, 2011.	39
Figura 2-2: Tipos de alberca encontrados en la ciudad de Girardot.	40
Figura 2-3: Contribuciones relativas de pupas de <i>Aedes aegypti</i> por cada categoría de criadero en los espacios públicos de 20 sectores en Girardot, 2011.	43
Figura 3-1: Ubicación geográfica de Girardot en el departamento de Cundinamarca y los 20 conglomerados de estudio, 2011.	56
Figura 3-2: Tipos de alberca encontrados en la ciudad de Girardot.	57
Figura 3-3: Polígono trazado por medio de los 8 landmarks seleccionados para la medición del tamaño del centroide de <i>Ae. aegypti</i> en Girardot, 2011.....	58
Figura 3-4: Tamaño del centroide según temporadas climáticas (A), conglomerado (B), tipo de recipiente (C), capacidad del recipiente (D) y presencia de cubierta (E) en Girardot, 2011.....	60

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1: Indicadores para la vigilancia entomológica de <i>Aedes aegypti</i> en Colombia.	9
Tabla 1-1: Productividad de pupas de <i>Aedes aegypti</i> por categoría de sitio de cría en Girardot, 2011.	23
Tabla 1-2: Índices de pupa por persona y categorización del cambio de IPP entre temporadas, Girardot 2011.	27
Tabla 2-1. Productividad de pupas de <i>Aedes aegypti</i> según las categorías de sitio de cría en espacios públicos de Girardot, 2011.	42
Tabla 2-2: Índices de Pupa por Hectárea en los 20 sectores seleccionados en la ciudad de Girardot durante las temporadas de lluvia y sequía.	44
Tabla 2-3: Información entomológica según el tipo de espacio público inspeccionado en Girardot, 2011.	45
Tabla 3-1: Alas obtenidas para el cálculo del tamaño del centroide en Girardot, 2011.	59
Tabla 3-2. Relación entre el tamaño del centroide según la capacidad de los recipientes y la presencia de techo en Girardot, 2011.	61

Introducción

El dengue es una enfermedad transmitida mediante la picadura de hembras de mosquitos del género *Aedes* infectadas por alguno de los 4 serotipos del virus del dengue (DEN-1, DEN-2, DEN-3, DEN-4) perteneciente a la familia Flaviviridae (Back & Lundkvist, 2013), el cual también puede presentar ciclo selvático en primates no-humanos (Fagbami *et al.*, 1977; Kato *et al.*, 2013). En el mundo, unos 2,5 mil millones de personas (dos quintos de la población mundial) están en riesgo de contraer la enfermedad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que cada año pueden registrarse 50 millones de casos de dengue en todo el mundo. Solo en las Américas durante el 2013 se reportaron 2.3 millones de casos de los cuales 37.692 correspondieron a dengue severo con 1.280 muertes para una tasa de mortalidad de 0,05% (OPS, 2014).

En Colombia el principal vector del dengue es *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). El dengue genera riesgo a aproximadamente 25 millones de personas, representando un problema prioritario en salud pública debido a múltiples aspectos, entre ellos la re-emergencia e intensa transmisión viral con tendencia creciente; el comportamiento de ciclos epidémicos cada vez más cortos; la circulación simultánea de los cuatro serotipos y la alta infestación por el vector en más del 90% del territorio nacional situado por debajo de los 1.800 m.s.n.m. (INS, 2010). Contribuyen además a la complejidad de dengue, 1) factores macro ambientales como la temperatura ambiental entre 15-40°C, humedad moderada-alta, régimen de precipitación; 2) factores sociales como densidad poblacional elevada, patrones de asentamiento con urbanización no planificada, almacenamiento de agua, estado socioeconómico bajo; 3) factores del huésped como la edad y el grado de inmunidad; 4) del agente etiológico como los serotipos circulantes y nivel de viremia; 5) del vector como la abundancia y focos de proliferación, edad de hembras adultas, frecuencia de alimentación y susceptibilidad a la infección (Arunachalam *et al.*, 2010; MPS/INS/OPS, 2011). Durante el año 2011 en el cual se realizó esta investigación se presentaron en Colombia 32.755 casos de dengue

de los cuales 1.383 (4,2%) correspondieron a dengue grave con 42 muertes confirmadas para una letalidad del 3,04% (INS, 2011). El 50% de estos casos se concentraron en 18 de los 758 municipios con transmisión endémica de dengue, dentro de los cuales se encuentra Girardot, con una incidencia promedio de 572,6 (Padilla *et al.*, 2012).

Sin una vacuna para prevenir la enfermedad y un diagnóstico clínico de tanta complejidad, todas las estrategias se dirigen hacia controlar el vector. La productividad de *Aedes aegypti*, entendida como la cantidad de pupas de esta especie que se origina en un espacio determinado, se encuentra asociada a umbrales de transmisión de dengue (Focks *et al.*, 2000), la cual puede variar entre las temporadas de lluvia y de sequía a través del incremento o disminución de recipientes con agua que determinan los criaderos del insecto (Koenraadt *et al.*, 2008; Maciel-de-Freitas *et al.*, 2007). En estos sitios de cría se identifican algunos que son caracterizados por producir más mosquitos adultos a partir de dichas pupas (estado de desarrollo más próximo al mosquito adulto). Por tanto, su conteo en recipientes que constituyen criaderos para el vector (Focks, 2003; Romero-Vivas *et al.*, 2006) permite enfocar esfuerzos hacia el control del insecto lo que se traduce en una mayor eficacia con reducción de tiempo y costos (Tun-Lin *et al.*, 2009). Además, aspectos relacionados con el tamaño del insecto adulto que emerge directamente de estas pupas, se encuentra relacionado con la tasa de sobrevivencia, dispersión (Maciel-De-Freitas *et al.*, 2007) y susceptibilidad a la infección del virus dengue (Alto *et al.*, 2008). La determinación de productividad de insectos considerados vectores contribuye a identificar el riesgo de transmisión de la enfermedad en diferentes zonas dentro de un mismo ambiente urbano permitiendo orientar, desarrollar y evaluar estrategias de prevención y control sustentadas en el conocimiento de la bionomía de las poblaciones naturales del vector (Strickman & Kittayapong, 2003).

Las investigaciones relacionadas sobre la productividad de *Aedes aegypti* en Colombia son escasas y solo hasta el año 2011 han sido tenidas en cuenta como parte de la vigilancia entomológica rutinaria del país (MPS/INS/OPS, 2011). La toma de decisiones para el control del vector sigue estando basada en la presencia/ausencia de formas inmaduras que ha demostrado no ser la más adecuada para estimar los mosquitos adultos responsable de la transmisión (Focks, 2003). Por lo tanto contribuir al entendimiento de la dinámica de la transmisión del dengue a través del estudio de la productividad de poblaciones naturales en concordancia con las condiciones espaciales

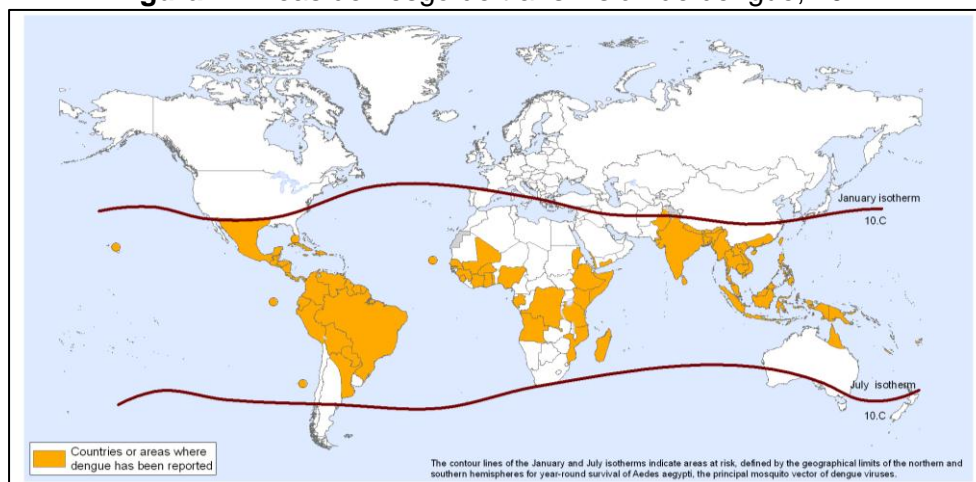
y temporales propias de cada localidad, fortalece la evidencia regional para la utilización estrategias de prevención y control focalizadas que permitan una mejor utilización de recursos.

Marco teórico

El Dengue

El dengue es la enfermedad viral transmitida por los mosquitos de más rápida propagación en el mundo: *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) y *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), ambos Diptera: Culicidae. En los últimos 50 años la incidencia de dengue ha aumentado 30 veces con la creciente expansión geográfica hacia nuevos países y, en la actual década, de áreas urbanas a rurales (Figura 1). Anualmente ocurre un estimado de 50 millones de infecciones por dengue y aproximadamente, 2,5 mil millones de personas viven en países con dengue endémico (OPS/OMS, 2010). Antes de 1970, solo nueve países habían sufrido epidemias de dengue grave. Sin embargo, en la última década la enfermedad es endémica en más de 100 países de las regiones de África, las Américas, el Mediterráneo Oriental, Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental. Las regiones más gravemente afectadas son el Asia Sudoriental y el Pacífico Occidental (WHO, 2013b).

Figura 1: Áreas de riesgo de transmisión de dengue, 2011.



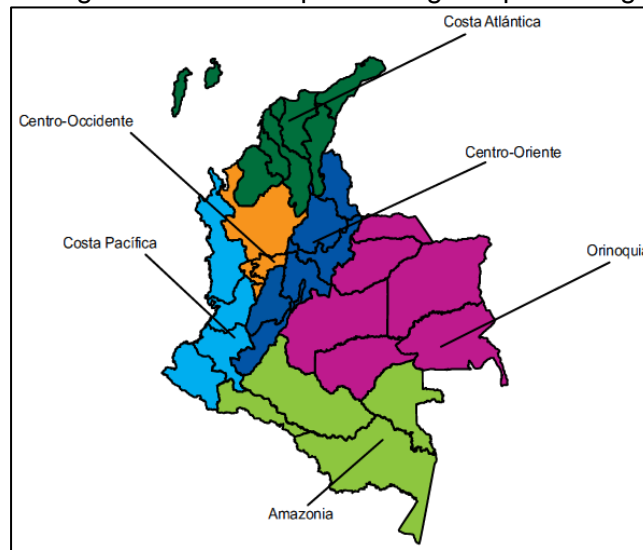
Fuente: Organización Mundial de la Salud. Disponible en http://gamapserver.who.int/mapLibrary/Files/Maps/Global_DengueTransmission_ITHRiskMap.png

La interrupción de la transmisión del dengue en gran parte de la Región de las Américas, fue el resultado de la campaña de erradicación del *Ae. aegypti* principalmente durante la década de 1960 y principios de la década de 1970. Sin embargo, no se mantuvieron las medidas de vigilancia y control del vector lo que permitió reinfestaciones del mosquito seguidas de brotes de dengue en el Caribe, en América Central y América del Sur, desde entonces la fiebre del dengue se ha propagado con brotes cíclicos que ocurren cada 3 a 5 años (OPS/OMS, 2010). El mayor brote de la región ocurrió en el 2010, cuando se notificaron 1'663.276 casos. De 2001 a 2010, más de 30 países de las Américas notificaron 8'038.934 casos de dengue y el número de muertes en ese periodo fue de 3.397, con una tasa de letalidad para la forma grave de 1,5% (Padilla *et al.*, 2012).

El Dengue en Colombia

El dengue en Colombia representa un problema prioritario en salud pública debido a la reemergencia e intensa transmisión con tendencia creciente; el comportamiento de ciclos epidémicos cada dos o tres años; el aumento en la frecuencia de brotes de dengue grave; la circulación simultánea de diferentes serotipos; la reintroducción del serotipo tres; la infestación por *Ae. aegypti* de más de 90% del territorio nacional situado por debajo de los 2.200 msnm; la introducción de *Ae. albopictus* y la urbanización no planificada de la población por problemas de violencia, principalmente (INS, 2013). La tasa de incidencia de dengue ha sido fluctuante desde 1978 con tendencia al incremento a través del tiempo. De igual forma, desde el primer caso de dengue grave (hemorrágico) en Puerto Berrío, Antioquia en diciembre de 1989, se ha observado en el país una tendencia al rápido incremento en el número de casos, al pasar de 5,2 casos por 100.000 habitantes en la década de 1990 a 18,1 casos por 100.00 habitantes en los últimos cinco años. Esta situación se observa también en el comportamiento de la mortalidad, la cual pasó de 0,07 defunciones por 100.000 habitantes en los 90, a 0,19 defunciones por 100.000 habitantes en la presente década (INS, 2013). El 50% de la carga acumulada de la enfermedad en el país en el periodo 1999-2010 se focalizó en forma persistente en 18 municipios endémicos, donde existen 10'079.686 de personas. Además, la población en riesgo de los 53 municipios que concentran el 70% de la carga en el mismo periodo, es de 14'971.081 habitantes (Padilla *et al.*, 2012).

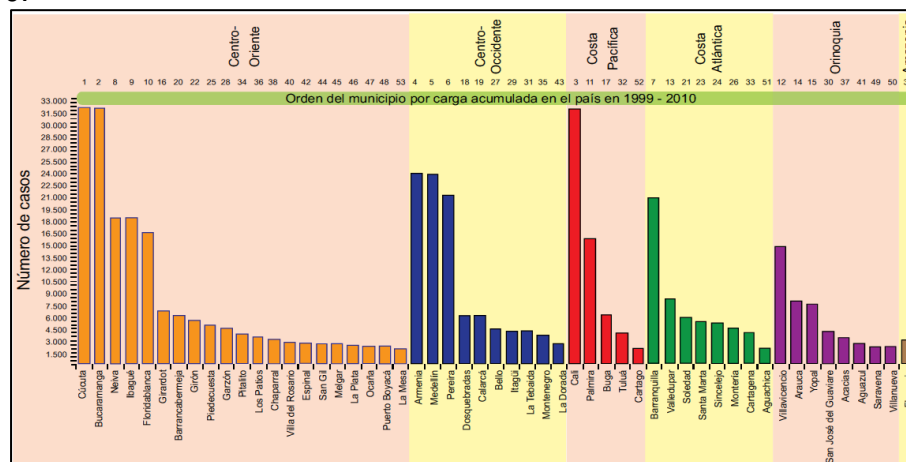
Figura 2: Macroconglomerados ecoepidemiológicos para dengue en Colombia.



Fuente: Dengue en Colombia: determinantes, epidemiología, estrategias de intervención y perspectivas (Padilla *et al.*, 2012).

En Colombia existen 6 regiones geográficas naturales con condiciones climáticas y ambientales, altitud, temperatura ambiente, humedad relativa y pluviosidad, cuyas características favorecen la reproducción y la proliferación de *Ae. aegypti*. Además, se encuentran factores demográficos, socioeconómicos, políticos y culturales, que determinan las causas inmediatas que interactúan y dinamizan la transmisión endémica del dengue que cada una de ellas. Estas regiones, o macroconglomerados ecoepidemiológicos de transmisión, son: Costa Atlántica, Costa Pacífica, Centro-Oriente, Centro-Occidente, Orinoquia y Amazonía (Figura 2).

Figura 3: Municipios con el 70% de la carga de la enfermedad por regiones en Colombia 1999-2010.



Fuente: Dengue en Colombia: determinantes, epidemiología, estrategias de intervención y perspectivas (Padilla *et al.*, 2012).

La creciente y desordenada urbanización que se ha venido presentando en las principales ciudades capitales situadas en áreas con condiciones adecuadas de transmisión y con mayor concentración de población, facilita la existencia y proliferación de criaderos potenciales del vector, mayor disponibilidad de poblaciones humanas vulnerables a la infección y al contacto hombre-vector-virus. El 70% del total de los casos acumulados en el país durante el periodo 1999-2010, se concentraron en 53 de los 758 municipios con transmisión endémica de la enfermedad, y si se analiza la distribución por regiones, el predominio se mantiene en las del centro-oriente y centro-occidente (Figura 3).

Vector del dengue

En el mundo se ha incriminado a *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* como vectores de dengue, sin embargo en Colombia la especie de importancia epidemiológica es *Ae. aegypti*. Esta es una especie del subgénero *Stegomyia* con características de hábitat domiciliario y altamente antropofílico (Chow *et al.*, 1993) que vive en ambientes urbanos y se reproduce principalmente en recipientes artificiales. *Ae. albopictus*, aunque no se ha incriminado en la transmisión del dengue en Colombia, se mantiene la vigilancia entomológica debido a su capacidad de mantener la prevalencia de la enfermedad (MPS/INS/OPS, 2011).

El ciclo de vida de los mosquitos *Aedes sp.*, comprende tres estados inmaduros de vida acuática (huevo, larva y pupa) y el adulto, de vida aérea. Los huevos son depositados en áreas oscuras o sombreadas de las paredes de recipientes con aguas generalmente limpias, aproximadamente luego de 3 días de la ingesta de sangre. Estos pueden resistir la desecación por periodos de tiempo de hasta un año y luego ser inundados para permitir la emergencia de una larva de primer estadio. Las larvas pasan por 4 estadios de desarrollo mudando el exoesqueleto entre cada uno con un periodo de desarrollo en promedio de 8 días y alimentándose de la materia orgánica. El estado de pupa no se alimenta y utiliza todos los recursos energéticos consumidos durante su estadio de larva en un período que puede durar 2 días. Finalmente el insecto eclosiona de la pupa alcanzando su desarrollo completo y es durante este estadio que las hembras adquieren importancia como vector, ya que una vez se encuentra fecundada y tiene la capacidad de

picar humanos en busca de sangre para madurar sus huevos, propicia la transmisión de virus dengue durante el contacto humano-vector (MPS/INS/OPS, 2011).

Vigilancia entomológica

La vigilancia entomológica tiene como propósito aportar información sobre las especies vectores presentes, su comportamiento, distribución, sensibilidad a insecticidas, eficacia y efectividad de las medidas de control realizadas a nivel local en cada región para la selección de intervenciones más oportunas (Brochero & Quinones, 2008). Para esto, es necesario determinar los índices de infestación de larvas, pupas y adultos de *Ae. aegypti* en los conglomerados poblacionales priorizados con respecto a la transmisión de dengue; identificar los criaderos más productivos de pupas para la estimación indirecta de la producción de la población de adultos de *Ae. aegypti*, realizar el monitoreo y evaluación pre y post intervención del control rutinario y contingencial realizadas para el control del vector; vigilar la sensibilidad y resistencia del vector a los insecticidas de uso en salud pública que contribuya al uso ético y racional del control químico vectorial; y recomendar según la evidencia entomológica disponible, las medidas de control más costo-efectivas y sostenibles (MPS/INS/OPS, 2011). En la tabla 1 se observan los indicadores para la vigilancia entomológica de *Ae. aegypti* definidos para Colombia:

Tabla 1: Indicadores para la vigilancia entomológica de *Aedes aegypti* en Colombia.

INDICADOR	CÁLCULO	INTERPRETACIÓN
Índice larval de vivienda	$\frac{\text{Casas infestadas con larvas}}{\text{Casas inspeccionadas}} \times 100$	Permite calcular la proporción de casas con larvas de <i>Aedes aegypti</i> en un conglomerado. Mide los niveles de población pero no considera el número de recipientes positivos ni su productividad.
Índice larval de depósito	$\frac{\text{Depósitos positivos con larvas}}{\text{Depósitos inspeccionados}} \times 100$	Permite calcular la proporción de depósitos con agua con presencia de larvas de <i>Aedes aegypti</i> en un conglomerado
Índice larval de Breteau	$\frac{\text{Número de Depósitos positivos con larvas}}{\text{Número de Casas inspeccionadas}} \times 100$	Calcula el número de depósitos con larvas por cada 100 casas. Establece una relación entre los recipientes positivos y las viviendas pero no se ajusta a la productividad de los depósitos.

Continuación tabla 1

Índice pupal de depósito	Depósitos positivos con pupas / Depósitos inspeccionados X 100	Permite calcular la proporción de depósitos con agua con presencia de pupas de <i>Aedes aegypti</i> en un conglomerado
Índice pupal de Breteau	Número de Depósitos positivos con pupas X 100/ Número de Casas inspeccionadas	Calcula el número de depósitos con pupas por cada 100 casas. Establece una relación entre los recipientes positivos y las viviendas pero no se ajusta a la productividad de los depósitos.
Índice de productividad de pupas por depósito	Número de pupas colectadas X factor de conversión	Se realiza el cálculo de productividad de pupas por cada depósito. Para criaderos con volúmenes menores a 20 litros (pequeños) o mayores de 20 litros con niveles de agua menores de 1/3 de su capacidad, se cuenta el número total de pupas y ese es el índice de productividad del depósito. Para criaderos con volúmenes mayores de 20 litros con niveles de agua entre 1/3 a 3/3 de su capacidad (medio lleno a lleno) se cuentan las pupas colectadas al pasar la malla una sola vez y se multiplica por el factor de conversión.
Mortalidad en pruebas de susceptibilidad y/o resistencia	Número de individuos expuestos muertos / Número de individuos expuestos X 100 Número de individuos control muertos / Número de individuos control X 100	Permite calcular la proporción de larvas o mosquitos de <i>Ae. aegypti</i> , que mueren en el bioensayo y permite conocer si la especie tiene algún grado de pérdida de susceptibilidad ante un ingrediente activo empleado en el control vectorial.
Índice de mosquitos	Casas infestadas con mosquitos / Casas inspeccionadas X 100	Permite calcular la proporción de casas con mosquitos de <i>Aedes aegyptien</i> un conglomerado. Mide los niveles de población del mosquito adulto y permite conocer los cambios en la infestación del vector posterior a una intervención, ante una emergencia.
Densidad de población de mosquitos en casas positivas	Número de mosquitos colectados / Número de casas positivas con mosquitos	Permite calcular el número de mosquitos adultos por casa positiva.
Mortalidad en Bioensayos con jaulas	Número de mosquitos expuestos muertos / Número de mosquitos expuestos X 100 Número de mosquitos control muertos / Número de mosquitos control X 100	Permite calcular la proporción de mosquitos de <i>Ae. aegypti</i> , que mueren en la vivienda durante la aplicación espacial de insecticidas desde la calle. Puede obtenerse información acerca del movimiento de los aerosoles en el área intervenida pero este método no debe considerarse sustituto para supervisar los efectos del rociado espacial sobre la población del vector. El objetivo del bio-ensayo es determinar el alcance del insecticida desde la calle al interior de la vivienda. Por lo que es comúnmente conocido como prueba de valoración biológica de insecticidas y equipos.

Fuente: Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión del dengue (MPS/INS/OPS, 2011).

Preguntas de investigación

- ¿Para un mismo tipo de recipiente, se encontrarán diferencias en la productividad de *Aedes aegypti* dependiendo de la época de lluvia versus época de sequía?
- ¿Se observarán diferencias significativas en los índices pupa persona IPP e índice pupa hectárea IPH estimados para época de lluvia con respecto a la época de sequía?
- ¿El tamaño corporal de los adultos de *Aedes aegypti* depende de las características propias de los recipientes que actúan como criaderos en Girardot?
- ¿Tendrá cada conglomerado evaluado en Girardot sus propias características de productividad y tamaño corporal para *Aedes aegypti*?
- ¿Contribuyen significativamente a la productividad de *Aedes aegypti* los criaderos ubicados en espacios públicos en Girardot?

Cuerpo de la hipótesis

- ✓ La productividad de los criaderos de *Aedes aegypti*, se encuentra influenciada por las altas y bajas precipitaciones propias de las épocas de lluvia y sequía, que tienen la capacidad de alterar el volumen de agua y el número de recipientes con agua, aptos para la cría del vector del dengue en Colombia.
- ✓ La productividad de *Aedes aegypti* se mantendrá constante en lluvia y sequía, pero será diferente entre espacios públicos y el domicilio, lo que generará diferentes relaciones de riesgo para la transmisión del dengue.
- ✓ Existe una relación entre la abundancia relativa de *Aedes aegypti* determinada por la productividad de criaderos y la población humana que cohabitan en cada conglomerado, lo que puede determinar variaciones en la competencia intraespecífica por la búsqueda de fuente sanguínea y por tanto, en la transmisión de virus dengue.
- ✓ La productividad de cada recipiente, determinará diferencias en el tamaño de *Aedes aegypti* en la ciudad de Girardot, independientemente de las condiciones macroambientales propias de cada criadero.
- ✓ Las características ecológicas, geográficas y urbanísticas propias de cada conglomerado determina la productividad de pupas de *Aedes aegypti* en Girardot y también el tamaño corporal de los mosquitos adultos.
- ✓ En los espacios públicos existen criaderos con condiciones necesarias para permitir la proliferación de *Aedes aegypti*.

.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) en la ciudad de Girardot-Cundinamarca, Colombia.

Objetivos Específicos

1. Determinar los índices *Stegomyia* tradicionales basados en larvas, índices de pupas por persona (IPP) y pupas por hectárea (IPH) para *Aedes aegypti* en Girardot durante las temporadas de lluvia y sequía.
2. Caracterizar los criaderos de *Aedes aegypti* que proporcionan más del 50% de las pupas del vector.
3. Estimar el tamaño corporal de *Aedes aegypti* en función de las características de sus criaderos en época de lluvia y de sequía en Girardot.

1. Capítulo 1

Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) en predios de Girardot, Colombia.

Alcalá L.A.¹, Quintero J.³, González C.³, Brochero H.L.²

¹Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico, Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

³Centro de Estudios e Investigación en Salud-CEIS, Fundación Santa Fe de Bogotá. Colombia.

Sometido a Revista Panamericana de Salud Pública.

RESUMEN

OBJETIVO: Determinar la productividad del vector *Aedes aegypti* en los predios de la ciudad de Girardot durante las temporadas de lluvia y sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se seleccionaron aleatoriamente 20 conglomerados, cada uno con 100 predios y respectivos espacios públicos; realizando dos encuestas entomológicas, una en época de lluvias (Febrero-Mayo, 2011) y otra en época de sequía (Agosto-Septiembre, 2011). A partir de larvas y pupas recuperadas en todos los recipientes con agua se estimaron los índices de pupas por persona (IPP) y tradicionales *Stegomyia*.

RESULTADOS: Los predios aportan en época de lluvia el 94% de pupas (n = 7 098) y en época de sequía el 98% (n = 9 138). Los recipientes más productivos correspondieron a recipientes grandes utilizados para labores domésticas y almacenamiento de agua en caso de cortes (albercas y tanques bajos). No se encontraron diferencias significativas para IPP entre conglomerados en temporada de lluvia (valor de p = 0,354) ni en sequía (valor de p = 0,457), tampoco entre temporadas (valor de p = 0,526).

CONCLUSIONES: Considerando los IPP, Girardot registra conglomerados con alta productividad a lo largo de todo el año. La productividad de *Aedes aegypti* es dependiente del tipo de recipiente. La vigilancia y control focalizado hacia albercas y tanques bajos, permitiría un uso racional de recursos. Sin embargo es importante incluir otros recipientes a ser vigilados especialmente durante la época de lluvias.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, productividad, dengue, Colombia.

Introducción

El principal transmisor de dengue en Colombia es *Aedes aegypti* (L.) (Díptera: Culicidae) (1), un mosquito fuertemente antropofílico (2), asociado a conglomerados humanos, por lo que sus sitios de cría están constituidos por depósitos de agua domésticos (3). Con el fin de focalizar las estrategias de control y optimizar los recursos utilizados para este propósito, se debe evaluar, en el tiempo y el espacio, los sitios de cría con mayor producción de pupas en poblaciones naturales del insecto (4, 5). En Colombia, la vigilancia entomológica se basa en determinar los índices de infestación *Stegomyia* a partir de la presencia/ausencia de larvas en los sitios de cría aptos para el insecto: índice de depósitos (ID), índice de viviendas (IV) e índice de Breteau (IB) (6). Es decir, que con una única larva de primer estadio encontrada en una vivienda, ésta se considera positiva para infestación por el vector, siendo la base para la toma de decisiones en control por las autoridades de salud. Sin embargo, las pupas de *Ae. aegypti* son el estadio inmediatamente anterior al adulto y presentan baja mortalidad (2% aproximadamente) (7), por lo que puede considerarse como indicador indirecto de la densidad de adultos (4, 5) y a su vez, del posible riesgo asociado con la transmisión de la enfermedad para una localidad en un tiempo (8, 9).

En este contexto, la contribución relativa de *Ae. aegypti* puede determinarse a través del conteo de pupas en sitios de cría que pueden ser agrupados en categorías de acuerdo con sus características, pudiendo así estimar la productividad específica de cada criadero (10). Así mismo, la estratificación de zonas con más riesgo potencial de transmisión de dengue (9) puede definirse usando el índice de pupas por persona (IPP) que tiene en cuenta la cantidad de pupas en las viviendas con respecto a su número de habitantes, y el índice de pupas por hectárea (IPH) que determina la densidad del insecto en un área

inspeccionada (11, 12), los cuales permiten evaluar la eficacia de estrategias de control dirigidas a formas inmaduras del insecto (4, 13).

Se presenta aquí los resultados de un estudio de corte transversal cuyo objetivo es estimar la productividad de criaderos de *Ae. aegypti* en Girardot, Cundinamarca durante una época de lluvias y otra de sequía.

Materiales y métodos

Sitio de estudio: El municipio de Girardot (4°18'N, 74°48'O) se encuentra ubicado en la región Andina de Colombia, en el departamento de Cundinamarca a 134 km de la capital del país, Bogotá, D.C. Registra una extensión de 29 km², una altitud de 289 m.s.n.m, una temperatura media anual de 33,3°C, una humedad relativa media anual de 66,38% y un régimen de lluvias bimodal (lluvia: Marzo-Mayo y Octubre-Noviembre) con precipitación media anual de 1 220 mm (14). Con 103 839 habitantes (15) Girardot es considerada un área hiper-endémica para dengue, siendo el municipio que aporta el 30,9% de los casos en Cundinamarca, además en el país, se encuentra entre los 18 municipios que acumularon el 50% de los casos entre los años 1999-2010 (1). Para el año de estudio (2011) se registraron 212 casos de dengue de los cuales 10 correspondieron a dengue grave (16).

Diseño del estudio y muestreo: Se realizó un estudio de corte transversal con dos inspecciones entomológicas, la primera en época de lluvias (Febrero-Mayo, 2011) y la segunda en época de sequía (Agosto-Septiembre, 2011). A partir de una cuadrícula con 200 celdas (25 ha/cu) numeradas ubicada sobre el mapa de la ciudad, se seleccionaron aleatoriamente 20 como áreas de muestreo utilizando el programa EpiInfo versión 6.04 (17), este tamaño de muestra utilizado en estudios como los de Kroeger *et al* (18) y Arunachalam *et al* (19), se calculó con el propósito de evaluar en una segunda etapa del estudio cualquier estrategia de control de vectores.

En campo se localizó la esquina inferior izquierda de cada celda con la ayuda de sistema de posicionamiento global (GPS), donde a partir del agrupamiento de viviendas más cercano (manzana), se inició la inspección entomológica en predios que incluyeron

casas, apartamentos y negocios comerciales hasta completar 100 que conformaron un conglomerado (20).

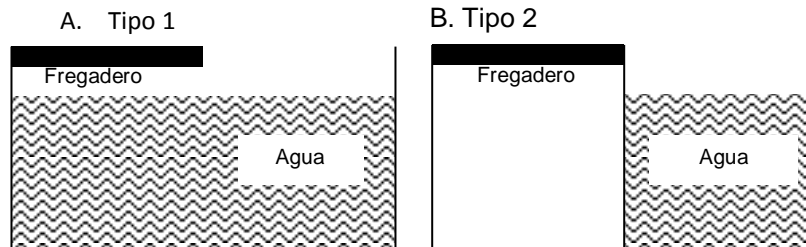
Instrumentos de recolección de datos: Se desarrolló un cuestionario de conglomerado que permitió describir con porcentajes el área de estudio en términos de servicios básicos de agua, luz y recolección de basura, desarrollo de calles, vías de acceso, hidrografía y vegetación. Se obtuvieron diariamente máximos y mínimos de temperatura y humedad relativa ambiental, usando 5 dispositivos datalogger ubicados a 1,5 metros de altura en el norte, sur, oriente, occidente y centro de la ciudad. Los datos de precipitación se obtuvieron de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR (21).

Inspecciones entomológicas: Se realizaron encuestas entomológicas en lluvia y sequía según los procedimientos operativos estándares propuestos por el Ministerio de la Protección Social de Colombia (6) y Focks (22). Dichas encuestas fueron realizadas por personal del programa del control de vectores de Girardot capacitados en todos los procedimientos. Previa realización de la encuesta se solicitó la firma de un consentimiento informado por parte de una persona adulta habitante permanente de la vivienda, a quien se le explicó el objeto del estudio. Una vez obtenida la autorización, se inspeccionaron todos los recipientes con agua presentes. Para recipientes con capacidad inferior o igual a 20 litros se contaron todas las pupas presentes, en tanto que para recipientes con capacidad superior a 20 litros se realizó una estimación indirecta del número total de pupas siguiendo la metodología propuesta por Romero-Vivas (23).

Descripción de los sitios de cría: Los recipientes inspeccionados se ubicaron en once categorías según su tipo: Tanques bajos; Tanques elevados; Albercas tipo 1; Albercas tipo 2 (Las albercas son depósitos artificiales para almacenar agua con varios usos domésticos, particularmente el lavado de ropa, figura 1-1); Tarros, vasijas, platones; Baldes y canecas pequeñas; Floreros; Llantas; Sumideros de agua; Latas, botellas, inservibles; y criaderos naturales. Además para cada uno se tuvo en cuenta características como el tiempo en días para el recambio de agua, ubicación en la vivienda, exposición del agua a la luz, capacidad, tipo de agua (lluvia o acueducto), si estaba cubierto con tapa hecha por el hombre; presencia de sedimento, estrategias de control de inmaduros encontradas al momento de la inspección y abundancia de larvas. El 10% del total de larvas y el total de pupas se dispusieron en condiciones de

semicampo con el propósito de obtener los mosquitos adultos emergidos para su posterior determinación taxonómica (24, 25).

Figura 1-1: Tipos de alberca encontrados en la ciudad de Girardot, 2011.



Análisis de la información: Los datos fueron ingresados en una base diseñada en Microsoft Excel 2007, posteriormente transferida al programa estadístico SPSS versión 20.0 para Windows (26). Inicialmente se realizó una exploración de los datos en búsqueda de inconsistentes, datos faltantes y extremos y luego se procedió al siguiente análisis estadístico.

Los índices entomológicos fueron calculados a nivel de conglomerado. El test de normalidad de los IPP se realizó a través de una prueba de Shapiro-Wilks teniendo en cuenta la cantidad de muestras ($n=20$). Para la comparación de los IPP entre las temporadas se realizó un test de Wilcoxon para pruebas pareadas o relacionadas. La comparación de los IPP entre conglomerados para cada temporada, se desarrolló con pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para grupos independientes. La categorización del cambio del IPP se realizó en términos de cuartiles y definición de atípicos según la distancia al rango intercuartil y se definió con base en la ecuación:

$$CIPP_i = |IPP_{lluvia-i} - IPP_{sequia-i}|$$

donde:

- $CIPP_i$: cambio del IPP del conglomerado i
- $IPP_{lluvia-i}$: IPP en la temporada de lluvia del conglomerado i
- $IPP_{sequia-i}$: IPP en la temporada de sequía del conglomerado i

Con el fin de determinar asociaciones entre las características de los recipientes de las viviendas de Girardot con respecto a las pupas de *Ae. aegypti*, se realizó un análisis de correspondencias múltiple mediante escalamiento óptimo de las contribuciones y el plano factorial de las variables del criadero como el tipo de recipiente, material, capacidad para almacenar agua, frecuencia de vaciamiento, presencia de materia orgánica como sedimento, exposición a la luz, presencia de larvicidas y presencia de larvas, entre otras. Para medir la validez del análisis se consideró la inercia que refleja el porcentaje de variabilidad explicada por las dimensiones escogidas para el análisis, que en este estudio correspondieron a dos dimensiones que explicaron el 74,8% de la variabilidad de los datos.

Aspectos éticos: El proyecto de investigación fue aprobado por Comité de Ética de la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza; así como por el Comité de Ética de la Fundación Santa Fe de Bogotá, Colombia.

Resultados

Ecosistema bajo estudio: Los conglomerados estuvieron representados por zonas urbanas con calles pavimentadas y en general, con buen suministro de servicios públicos. Se evidenció poca vegetación en los conglomerados ubicados en la zona centro de la ciudad por su carácter comercial, en tanto que en los ubicados en el perímetro se encuentra abundante vegetación por su cercanía a los ríos Bogotá y Magdalena. La recolección de basuras es al menos tres veces a la semana. Algunas de las viviendas en los conglomerados son de uso mixto residencial-comercial. La precipitación mostró valores altos en Febrero con 177,6 mm y Marzo con 1 589 mm, y los más bajos en Agosto y Septiembre, con 17,6 mm y 54 mm, respectivamente. La temperatura media ambiental más baja se presentó en época de lluvias (Abril) con 27,9 °C y la más alta en Agosto con 30,4 °C, en tanto que la humedad relativa mostró su pico más alto en Abril (70%) y más bajo en Agosto (55%).

Encuestas entomológicas: Se encontraron en lluvia y sequía respectivamente los siguientes resultados: 1 923 y 1 916 predios inspeccionados, 7 450 y 7 277 personas, índices *Stegomyia* de viviendas del 30% y 27%, índices *Stegomyia* de recipientes de

16% y 22%, índices *Stegomyia* de Breteau de 39 y 30, e índices pupa por persona de 1 y 1,3. El número neto de pupas de *Aedes aegypti* que se recolectaron correspondió a 6 445 con una relación macho: hembra de 1:1. No obstante, la estimación total de pupas para todos los recipientes de acuerdo con los factores de conversión utilizados (23) llega a 7 580 en temporada de lluvias y 9 361 en sequía.

Los predios aportan el 94% de pupas (n = 7 098) en época de lluvia y 98% (n = 9 138) en época de sequía, en tanto que el porcentaje restante se encontró relacionado a recipientes ubicados en los espacios públicos de cada conglomerado. Los recipientes más productivos correspondieron a alberca tipo 1, seguida por alberca tipo 2 y tanques bajos, lo que representó el 87% del total de pupas en temporada de lluvias y 96% en sequía.

El porcentaje de recipientes que producen las pupas de cada categoría, así como la cantidad de pupas por cada recipiente positivo, se observa en la tabla 1-1. En sequía, los recipientes con agua lluvia se redujeron en un 20%, particularmente los correspondientes a las categorías 5, 6 y 10 que solamente produjeron un 7% de pupas en lluvias y un 3% durante sequía.

Tabla 1-1: Productividad de pupas de *Aedes aegypti* por categoría de sitio de cría en Girardot, 2011.

Categoría de los recipientes^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Recipientes con agua^b												
Lluvia	322	47	1 062	517	665	984	458	98	39	312	18	4 522
Sequía	209	1	1 262	321	256	304	199	18	5	2	0	2 577
Recipientes con agua lluvia												
Lluvia (%) ^c	37 (11)	2 (4)	14 (1)	8 (2)	302 (45)	368 (37)	24 (5)	89 (91)	37 (95)	301 (96)	16 (89)	1 198 (26)
Sequía (%) ^c	32 (15)	0	6 (0)	0	39 (15)	75 (25)	1 (1)	12 (67)	1 (20)	1 (50)	0	167 (6)
Recipientes con larvas y pupas												
Lluvia (%) ^c	72 (22)	0	296 (28)	138 (27)	64 (10)	85 (9)	91 (20)	20 (20)	3 (8)	11 (4)	1 (6)	781 (17)
Sequía (%) ^c	48 (23)	1 (100)	367 (29)	84 (26)	33 (13)	14 (5)	30 (15)	4 (22)	2 (40)	1 (50)	0	584 (22)

Continuación tabla 1-1.

Recipientes con pupas

Lluvia (%) ^c	29 (9)	0	124 (12)	65 (13)	32 (5)	28 (3)	33 (7)	17 (17)	2 (5)	3 (1)	0	333 (7)
Sequía (%) ^c	27 (13)	0	123 (10)	41 (13)	9 (4)	9 (3)	7 (4)	3 (17)	2 (40)	0	0	221 (9)

Contribución relativa de pupas por categoría

Lluvia	9%	0%	48%	30%	3%	4%	3%	2%	0%	0%	0%	100%
Sequía	22%	0%	49%	25%	3%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	100%

Pupas por recipiente

Lluvia	22	0	28	32	8	9	6	10	11	7	0	2
Sequía	75	0	36	56	26	3	3	23	4	0	0	3.5

^a1) Tanques bajos; 2) Tanques elevados; 3) Albergas tipo 1; 4) Albergas tipo 2, 5) Tarros, vasijas, platos; 6) Baldes, canecas pequeñas; 7) Floreros; 8) Llantas; 9) Sumideros de agua; 10) Latas, botellas, insertables; 11) Criaderos Naturales.

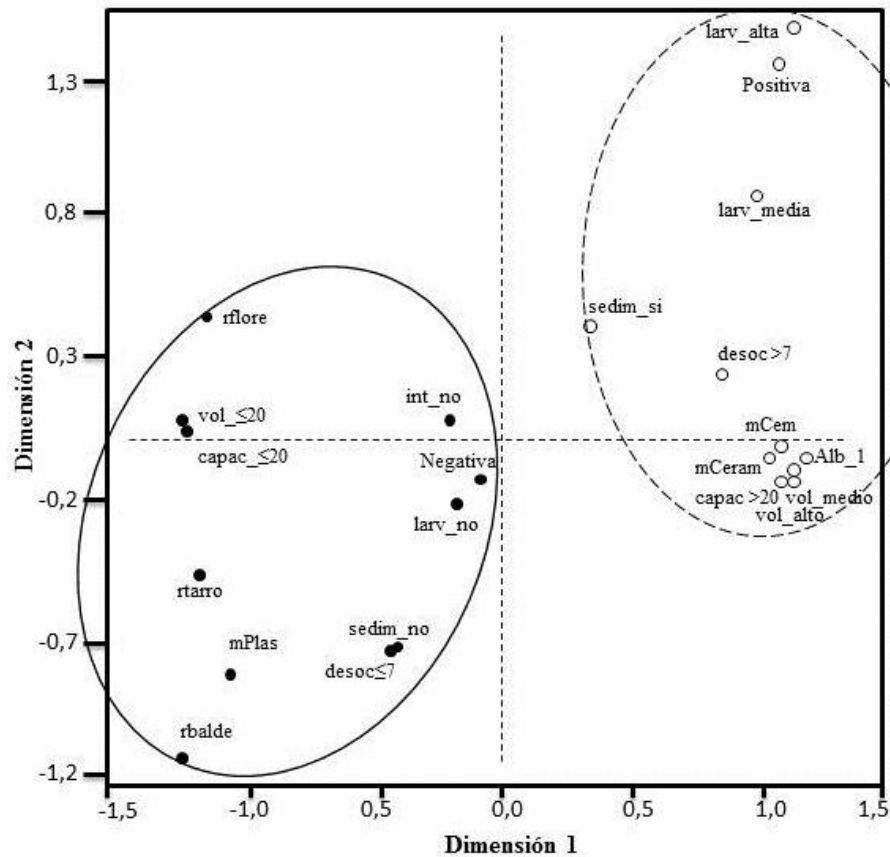
^b Agua proveniente del acueducto local o de la lluvia.

^c Porcentajes calculados tomando como denominador los recipientes con agua.

Características de los recipientes con pupas: La figura 1-2 muestra la agrupación de características de los recipientes con pupas y sin pupas con respecto a la productividad. Se evidencia que los recipientes con pupas registran una abundancia de larvas alta-media (75,5%, estadístico de prueba: 2 771, valor de $p = 0$), el material es generalmente de cemento o enchapado (67,5%), tienen sedimentos (91,7%, estadístico de prueba: 261,24, valor de $p = 0$), corresponden a albergas localizadas en el interior (44,6%) y en el exterior de la vivienda (19,1%), tienen una capacidad mayor a 20 litros (73,6%) y no registran recambio de agua en periodos inferiores a 7 días (87,7%).

En contraste, los recipientes sin pupas se caracterizan por no presentar larvas (87,2%), no han sido intervenidos (83,6%), son recipientes pequeños de máximo 20 L (50%) generalmente baldes (19,1%), tarros (13,4%) o floreros (9,4%), con recambios de agua en periodos inferiores a 7 días (59,4%), no presentan sedimentos (44%) y son en su mayoría de plástico (35,6%). El volumen de agua de nivel alto (3/3 de agua) que presentan los recipientes de las categorías 1, 3 y 4, se incrementa durante la época seca pasando del 41% al 56%.

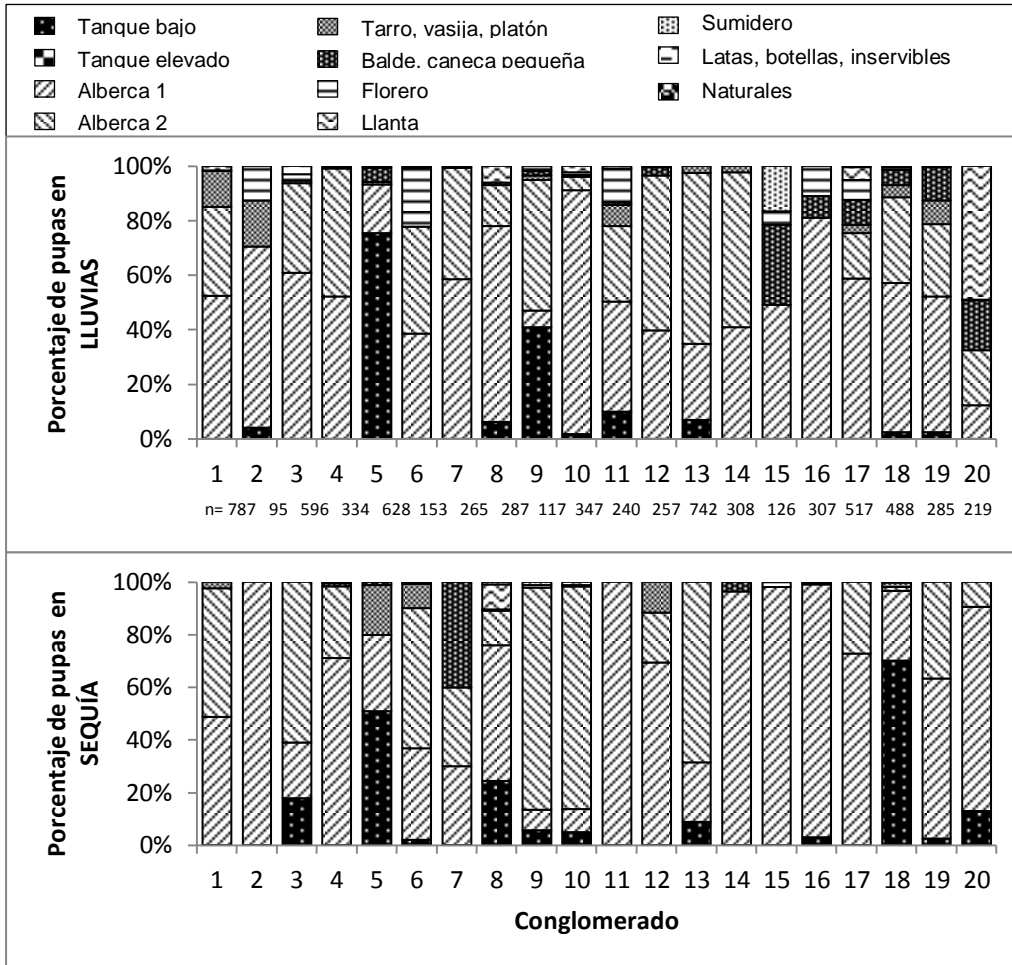
Figura 1-2: Agrupación de características de los recipientes con pupas y sin pupas en Girardot, 2011.



Negativa (círculo continuo): sin pupas, **larv_no:** sin larvas, **rtarro:** recipientes categoría 5, **rbalde:** recipientes categoría 6, **rflore:** recipientes categoría 7, **capac_≤20:** recipiente menor o igual a 20 L, **vol_≤20:** volumen de agua menos que bajo, **int_no:** sin ningún método de intervención, **mPlas:** material plástico, **sedim_no:** sin sedimento, **desoc≤7:** recipiente desocupado hace 7 días o menos. **Positiva (círculo punteado):** con pupas, **larv_alta:** abundancia de larvas alta, **larv_media:** abundancia de larvas media, **Alb_1:** recipientes categoría 3, **capac>20:** recipientes mayores de 20 L, **vol_medio:** volumen de agua medio, **vol_alto:** volumen de agua alto, **mCem:** material cemento, **mCeram:** material cerámica o enchape, **sedim_si:** con sedimento, **desoc>7:** recipiente desocupado hace más de 7 días.

Recipientes productivos e índices pupales por conglomerado: La contribución relativa de pupas para cada categoría de recipiente en los 20 conglomerados se muestra en la figura 1-3. Las albercas producen porcentajes altos de pupas constantemente para todos los conglomerados. No obstante, otros recipientes registran productividades elevadas de pupas de *Ae. aegypti*: los tanques bajos en los conglomerados 5 (75%) y 9 (41%) durante las lluvias, y en los conglomerados 5 (51%) y 18 (70%) en sequía, las llantas en el conglomerado 20 (49%) y los baldes en los conglomerados 15 (29%) en lluvias y 7 (40%) en sequía.

Figura 1-3: Contribuciones relativas de pupas de *Aedes aegypti* según cada categoría de criadero en 20 conglomerados de Girardot, 2011.



No se encontraron diferencias significativas en los valores de IPP entre temporadas para todos los conglomerados objeto de estudio ($p=0,526$). Tampoco se encontraron diferencias entre conglomerados en lluvia ($p=0,354$) ni en sequía ($p=0,457$). La tabla 1-2 muestra los cambios del IPP entre temporadas para cada conglomerado, categorizado según los cuartiles definidos.

El 75% de los conglomerados ($n=15$) presentaron cambios en el IPP medio o bajo, demostrando en algunos casos que los valores del índice se mantienen por encima de la media (conglomerados 1, 5, 17, 10 y 18). Estos cambios temporales y su distribución a lo largo de los 20 conglomerados se puede observar en la figura 1-4, donde el tamaño del círculo evidencia el IPP acumulado entre las dos temporadas.

Tabla 1-2: Índices de pupa por persona y categorización del cambio de IPP entre temporadas, Girardot 2011.

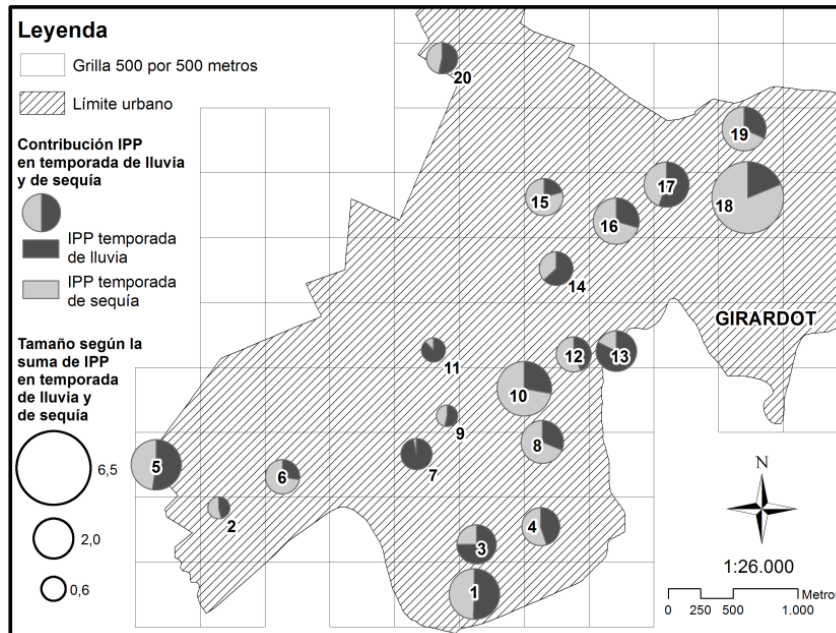
Conglo merado	LLUVIA			SEQUIA			Cambio del IPP entre temporadas	Categorización del cambio del IPP ^a
	Personas	Pupas	IPP	Personas	Pupas	IPP		
18	401	488	1,22	381	2008	5,27	4,05	muy alto (atípico)
10	333	347	1,04	353	956	2,71	1,67	alto
13	434	742	1,71	397	146	0,37	1,34	alto
7	223	265	1,19	259	10	0,04	1,15	alto
16	385	307	0,8	389	734	1,89	1,09	alto
15	354	126	0,36	318	441	1,39	1,03	medio
3	409	596	1,46	384	190	0,49	0,97	medio
19	372	285	0,77	357	589	1,65	0,88	medio
8	396	287	0,72	383	609	1,59	0,87	medio
6	372	153	0,41	364	391	1,07	0,66	medio
11	374	240	0,64	375	35	0,09	0,55	medio
14	343	308	0,9	326	172	0,53	0,37	medio
17	360	517	1,44	363	417	1,15	0,29	medio
12	382	257	0,67	370	326	0,88	0,21	medio
4	407	334	0,82	422	421	1	0,18	medio
5	373	628	1,68	381	583	1,53	0,15	bajo
20	333	219	0,66	339	192	0,57	0,09	bajo
2	340	95	0,28	343	114	0,33	0,05	bajo
1	479	787	1,64	447	715	1,6	0,04	bajo
9	380	117	0,31	326	89	0,27	0,04	bajo

^a Rangos del cambio del IPP: **muy alto (atípico)** > 2,35 ($Q_3 + 1,5RI$), donde el cuartil Q_3 equivale al percentil 75 y el rango intercuartil $RI = Q_3 - Q_1$; **alto** de 2,35 a 1,045 (Q_3 a Q_2), donde el cuartil Q_2 equivale al percentil 50; **medio** de 1,045 a 0,1725 (Q_2 a Q_1), donde el cuartil Q_1 equivale al percentil 25; **bajo** < 0,1725 (Q_1).

Discusión

La productividad de *Aedes aegypti* utilizando índices pupales y contribuciones relativas de recipientes específicos, es una herramienta útil para priorizar y enfocar esfuerzos de control contra el vector del dengue en Girardot. En Colombia son pocos los estudios realizados sobre la productividad de *Ae. aegypti* en regiones endémicas (10, 27), solo hasta el 2011 se comenzaron a tener en cuenta las pupas como parte de la vigilancia entomológica rutinaria (6).

Figura 1-4: Representación de los índices pupa persona (IPP) para *Aedes aegypti* en lluvia y sequía en Girardot, 2011.



Los valores de origen se encuentran en la tabla 1-2. El tamaño del círculo indica la suma de los índices de pupa por persona de las temporadas de lluvia (oscuro) y sequía (claro) para cada conglomerado. Por lo tanto la magnitud de los círculos evidencia la importancia de estos índices a lo largo de las dos épocas climáticas, además, la equidad en la proporción de las tonalidades indican la constancia en la producción de pupas.

Los valores de índices pupales encontrados en esta investigación, se encuentran dentro del rango de los hallados en otras zonas endémicas incluyendo Colombia, que pueden ir desde 0,02 hasta 7,63 (22), sin embargo contrastan entre temporadas ya que para Girardot fueron mayores en sequía. Aunque algunos estudios revelan que la presencia de nuevos criaderos productivos para el vector está asociada con el incremento en la precipitación (28, 29), observamos aumento de pupas en sequía que puede ser atribuido a prácticas de almacenamiento de agua modificadas y al escaso recambio de agua en estos recipientes. En los recipientes más productivos encontramos un incremento en los niveles de agua proveniente del acueducto local, que concuerda con la disminución en el número de recipientes utilizados para almacenar agua lluvia durante la época lluviosa, tales como los presentes en las categorías 5 y 6, lo que evidencia la relación entre las dinámicas sociales y medioambientales con la variación en las productividad del vector en áreas endémicas (30, 31). De manera general, durante la temporada de lluvias se observó que aumentan considerablemente los recipientes en las categorías 5, 6 y 10 no asociados con la productividad de la especie, por lo que los esfuerzos destinados al

impacto en la abundancia relativa y densidad del vector en zonas con riesgo de transmisión de dengue en Girardot, deberían estar enfocados hacia los recipientes de categorías 1, 3 y 4, y no necesariamente los denominados “inservibles”.

En otros países los estudios de productividad de *Ae. aegypti* según sus sitios de cría y de acuerdo con los cambios en las condiciones ecológicas que determinan las épocas de lluvia y sequía en un área geográfica determinada, han permitido realizar estrategias focalizadas en la intervención vectorial (18, 32) que demuestran también, los beneficios que representan para las ciudades con transmisión de dengue. En este sentido y puesto que existe una alta correlación entre el conteo de pupas y los adultos emergidos que actúan como vectores (33), los valores de los IPP pueden indicar umbrales de transmisión de dengue teniendo en cuenta aspectos como la temperatura ambiente y la seroprevalencia de anticuerpos en la población humana (8), además, estos valores toman mayor importancia cuando se comparan en diferentes momentos y lugares, es decir, en diferentes épocas climáticas y conglomerados humanos.

Girardot registra áreas geográficas con sitios de cría con alta productividad para *Ae. aegypti* durante todo el año (conglomerados 1, 5, 10, 17 y 18) y otras con cambios importantes en la producción de mosquitos adultos asociados con la estacionalidad. No obstante, la información sobre IPP unificada con las contribuciones relativas de recipientes específicos, que para el caso de Girardot correspondieron a albercas y tanques bajos, contribuye a la implementación de estrategias focalizadas que permitan una apropiada evaluación de su impacto, sin detrimento a la vigilancia entomológica que debe hacerse a otros recipientes con menor productividad para el insecto pero que debido a la presión de control pueden volverse más productivos (34). Además, debe reconocerse que en cada conglomerado pueden existir aspectos sociales que determinan la fluctuación de sitios de cría más aptos para el vector del dengue. En Girardot se observó que estratos socioeconómicos altos presentan menos sitios de cría productivos para *Ae. aegypti* debido a la mayor presencia de lavadoras y por lo tanto, menos almacenamiento de agua en albercas (30).

Los conglomerados objeto del presente estudio en Girardot se caracterizan por contar con acueducto, alcantarillado y recolección de basuras en forma regular. No obstante

está arraigada la costumbre de almacenar agua durante todo el año por temor al desabastecimiento debido al incremento de la población humana durante los fines de semana y eventos turísticos (30). En este contexto, aunque la frecuencia en el recambio de agua de los recipientes constituye un factor importante para la productividad de *Ae. aegypti*, estrategias educativas conducentes al lavado semanal de albercas y tanques bajos como estrategia que se ha demostrado eficiente para el control de formas inmaduras del insecto, sería poco factible en Girardot.

En los pocos tanques elevados inspeccionados no se encontraron pupas del insecto porque en su mayoría estaban tapados impidiendo la ovoposición del vector como igualmente sucede en otras áreas del país como lo reporta Padmanabha *et al* (27). Los criaderos correspondientes a sumideros de agua se encontraron con *Ae. aegypti* particularmente en época lluviosa, lo cual genera un importante riesgo de colonización por parte del insecto ante estrategias de control dirigidas a tanques bajos y albercas, o por acción del cambio climático como se ha observado en otras ciudades (35).

Con los resultados aquí obtenidos se sugiere para Girardot focalizar las intervenciones de control de *Ae. aegypti* hacia tanques bajos y albercas de los domicilios humanos durante todo el año, manteniendo la vigilancia entomológica en los sumideros de agua, baldes, vasijas, floreros y llantas. Estas acciones deben tenerse en cuenta en el contexto de la intersectorialidad, participación-acción comunitaria y transdisciplinariedad, las cuales confluyen alrededor del problema aportando desde sus diferentes perspectivas, complementan las estrategias seleccionadas y permiten potenciar los esfuerzos impactando positivamente no solamente la problemática del dengue sino otras necesidades de las comunidades. De esta forma, los procesos y beneficios pueden ser sostenibles y crecientes en el tiempo, generando mayor impacto sobre los problemas en salud pública de la ciudad.

Una limitación detectada en este estudio fue elevar la curva de aprendizaje de las personas encargadas en realizar la recolección de pupas. Dada la costumbre de registrar presencia/ausencia de larvas y por temor al tiempo necesario para contar pupas, fue necesario realizar un proceso de capacitación previo al inicio del trabajo de campo, donde se demostraron las ventajas metodológicas y alcances del proceso. Finalmente se

logró mayor adherencia y un convencimiento general de aporte a la salud pública de su ciudad.

Agradecimientos

Equipo de técnicos en Enfermedades Transmitidas por Vectores de la Secretaría de Salud de Girardot, Raúl Barrantes (q.e.p.d), Diógenes Tique, Álvaro Rodríguez, Leonardo Herrera, Álvaro Gómez, Jorge Urquijo, Jorge Caicedo, Orlando Portela, Juan Gaitán, Mario Latorre, Onofre Serrano, Luis A Betancourth y Roger Páez. A los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia y el Centro de Estudios e Investigación en Salud de la Fundación Santa Fe de Bogotá, Mauricio Fuentes por la elaboración de los mapas, Diana García, Diana Higuera, Tatiana García y Martha Macana. Al financiador, Programa Especial para la Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (TDR) de la Organización Mundial de la Salud (OMS). A Mónica Salinas por el apoyo en los análisis estadísticos. A Sandra Patricia Marta Lozano por su coordinación y apoyo durante el trabajo de campo.

Referencias

1. Padilla J, Rojas D, Sáenz R. Dengue en Colombia: determinantes, epidemiología, estrategias de intervención y perspectivas. 2012.
2. De Benedictis J, Chow-Shaffer E, Costero A, Clark GG, Edman JD, Scott TW. Identification of the people from whom engorged *Aedes aegypti* took blood meals in Florida, Puerto Rico, using polymerase chain reaction-based DNA profiling. *Am J Trop Med Hyg.* 2003 Apr;68(4):437-46.
3. Powell JR, Tabachnick WJ. History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2013;108 Suppl 1:11-7.
4. Maciel-de-Freitas R, Lourenco-de-Oliveira R. Does targeting key-containers effectively reduce *Aedes aegypti* population density? *Trop Med Int Health.* 2011 May 23.
5. Lenhart AE, Castillo CE, Oviedo M, Villegas E. Use of the pupal/demographic-survey technique to identify the epidemiologically important types of containers producing *Aedes aegypti* (L.) in a dengue-endemic area of Venezuela. *Ann Trop Med Parasitol.* 2006 Apr;100 Suppl 1:S53-S9.

6. MPS/INS/OPS. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión del dengue. Ministerio de la Protección Social, Instituto Nacional de Salud, Organización Panamericana de la Salud. Colombia. 2011.
7. Rueda LM, Patel KJ, Axtell RC, Stinner RE. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*. 1990 Sep;27(5):892-8.
8. Focks DA, Brenner RJ, Hayes J, Daniels E. Transmission thresholds for dengue in terms of *Aedes aegypti* pupae per person with discussion of their utility in source reduction efforts. *Am J Trop Med Hyg*. 2000 Jan;62(1):11-8.
9. Seng CM, Setha T, Nealon J, Socheat D. Pupal sampling for *Aedes aegypti* (L.) surveillance and potential stratification of dengue high-risk areas in Cambodia. *Trop Med Int Health*. 2009 Oct;14(10):1233-40.
10. Romero-Vivas CM, Arango-Padilla P, Falconar AK. Pupal-productivity surveys to identify the key container habitats of *Aedes aegypti* (L.) in Barranquilla, the principal seaport of Colombia. *Ann Trop Med Parasitol*. 2006 Apr;100 Suppl 1:S87-S95.
11. Focks D. A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. Geneva: World Health Organization; (Document WHO/TDR/IDE/Den/031). 2003.
12. Favaro EA, Dibo MR, Pereira M, Chierotti AP, Rodrigues-Junior AL, Chiaravalloti-Neto F. *Aedes aegypti* entomological indices in an endemic area for dengue in Sao Paulo State, Brazil. *Revista de Saúde Pública*. 2013;47:588-97.
13. Pilger D, Lenhart A, Manrique-Saide P, Siqueira JB, da Rocha WT, Kroeger A. Is routine dengue vector surveillance in central Brazil able to accurately monitor the *Aedes aegypti* population? Results from a pupal productivity survey. *Trop Med Int Health*. 2011 Sep;16(9):1143-50.
14. Camacho L, Díaz M, Valentín E. Metodología para la Cuantificación y Caracterización de las Aguas Combinadas Urbanas – Caso Ciudad de Girardot. XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología Sociedad Colombiana de Ingenieros Asociación Caucana de Ingenieros Corporación Autónoma Regional del Cauca. Disponible en http://www.docentes.una.edu.co/lacamachob/docs/A_MetCarAgCombUrbpdf. Acceso el 23 de Enero de 2012.
15. DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Proyecciones de población 2005-2020. Disponible en

http://www.danegovco/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72

. Acceso el 25 de Febrero de 2013.

16. SIVIGILA. Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Secretaría de Salud de Girardot. Unidad de Epidemiología. 2013.
17. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. Epi Info versión 6.04 . [programa de computación]. Atlanta, GA.1996.
18. Kroeger A, Lenhart A, Ochoa M, Villegas E, Levy M, Alexander N, *et al.* Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *BMJ*. 2006 May 27;332(7552):1247-52.
19. Arunachalam N, Tana S, Espino F, Kittayapong P, Abeyewickreme W, Wai KT, *et al.* Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bull World Health Organ*. 2010 Mar;88(3):173-84.
20. Troyo A, Fuller DO, Calderon-Arguedas O, Beier JC. A geographical sampling method for surveys of mosquito larvae in an urban area using high-resolution satellite imagery. *J Vector Ecol*. 2008 Jun;33(1):1-7.
21. CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Centro de Monitoreo Hidrológico y de Clima. Disponible en <http://www.car.gov.co/?idcategoria=12645>. Acceso el 11 de Noviembre de 2013.
22. Focks D. Multicountry study of *Aedes aegypti* pupal productivity survey methodology: findings and recommendations. Geneva: Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases. TDR/IRM. 2006;Den (06.1).
23. Romero-Vivas CM, Llinas H, Falconar AK. Three calibration factors, applied to a rapid sweeping method, can accurately estimate *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) pupal numbers in large water-storage containers at all temperatures at which dengue virus transmission occurs. *J Med Entomol*. 2007 Nov;44(6):930-7.
24. Rueda LM. Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera:Culicidae) associated with Dengue Virus Transmission. *ZOOTAXA*. 2004;589:1-60.
25. Tinker M. Clave práctica para las larvas de mosquitos neotropicales en recipiente. Bogotá, DC: Instituto Nacional de Salud. 1982;p.1-15.
26. IBM. IBM Corp. SPSS Statistics para Windows [programa de computación]. Versión 20.0. Armonk, NY. 2011.

27. Padmanabha H, Soto E, Mosquera M, Lord CC, Lounibos LP. Ecological links between water storage behaviors and *Aedes aegypti* production: implications for dengue vector control in variable climates. *Ecohealth*. 2010 Aug;7(1):78-90.
28. Vezzani D, Velazquez SM, Schweigmann N. Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires City, Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz*. 2004 Jun;99(4):351-6.
29. Wee LK, Weng SN, Raduan N, Wah SK, Ming WH, Shi CH, et al. Relationship between rainfall and *Aedes* larval population at two insular sites in Pulau Ketam, Selangor, Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 2013 Mar;44(2):157-66.
30. Quintero J, Carrasquilla G, Suarez R, Gonzalez C, Olano VA. An ecosystemic approach to evaluating ecological, socioeconomic and group dynamics affecting the prevalence of *Aedes aegypti* in two Colombian towns. *Cad Saude Publica*. 2009;25 Suppl 1:S93-103.
31. Suarez R, Gonzalez C, Carrasquilla G, Quintero J. An ecosystem perspective in the socio-cultural evaluation of dengue in two Colombian towns. *Cad Saude Publica*. 2009;25 Suppl 1:S104-14.
32. Kittayapong P, Thongyuan S, Olanratmanee P, Aumchareoun W, Koyadun S, Kittayapong R, et al. Application of eco-friendly tools and eco-bio-social strategies to control dengue vectors in urban and peri-urban settings in Thailand. *Pathog Glob Health*. 2012 Dec;106(8):446-54.
33. Focks DA, Chadee DD. Pupal survey: an epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: an example using data from Trinidad. *Am J Trop Med Hyg*. 1997 Feb;56(2):159-67.
34. Tun-Lin W, Lenhart A, Nam VS, Rebollar-Tellez E, Morrison AC, Barbazan P, et al. Reducing costs and operational constraints of dengue vector control by targeting productive breeding places: a multi-country non-inferiority cluster randomized trial. *Trop Med Int Health*. 2009 Sep;14(9):1143-53.
35. Gonzalez R, Suarez M. Sewers: The principal *Aedes aegypti* breeding sites in Cali, Colombia. *Am J Trop Med Hyg*. 1995;53(160).

2. Capítulo 2

¿Contribuye el espacio público a la productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) en Girardot, Colombia?

¹Alcalá L.A., ³Quintero J. ²Brochero H.L.

¹Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico, Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

²Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.

³Centro de Estudios e Investigación en Salud-CEIS, Fundación Santa Fe de Bogotá. Colombia.

Sometido a revista Biomédica.

Resumen

Introducción: Se desconoce si los espacios públicos en Girardot registran recipientes aptos para el desarrollo de *Aedes aegypti* y que tanto contribuyen a su abundancia.

Objetivo: Determinar la productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* en los espacios públicos de la ciudad de Girardot, en temporada de lluvia y sequía.

Materiales y métodos: Se seleccionaron aleatoriamente veinte sectores donde se identificaron larvas y se cuantificaron pupas de *Ae. aegypti* para determinar los índices de pupa por hectárea (IPH) e índices de recipientes (IR).

Resultados: Se estimaron 482 pupas en temporada de lluvias y 223 en sequía. Los recipientes más productivos para pupas en lluvias correspondieron a tarros, vasijas y llantas (81%, n=390), para la época seca correspondieron a tanques bajos, albercas tipo 2 (con el fregadero lateral al depósito de agua) y sumideros de agua (73%, n=163). El IR

fluctuó entre 3-71% en las dos temporadas. Los valores de IPH fluctuaron en la temporada de lluvia entre 0-6,1, en sequía fluctuaron entre 0-3 y no se encontraron diferencias significativas entre los IPH entre conglomerados (valor-p: lluvia y sequía=0,457) ni entre temporadas (valor -p=0,442). En cementerios solo se encontró una pupa, en zonas verdes y lotes abandonados, se encontraron 135 y 134 pupas respectivamente, preferencialmente en época de lluvias.

Conclusión: Aunque se ha encontrado que las viviendas en Girardot contribuyen significativamente a la productividad de pupas de *Ae. aegypti*, debe mantenerse la vigilancia entomológica hacia los espacios públicos, ya que han demostrado poseer condiciones suficientes para la reproducción del vector.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, productividad, dengue, lluvias, espacio público.

ABSTRACT

¿Does public spaces contribute to productivity of dengue vector *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in Girardot, Colombia?

Introduction: It's unknown if public spaces keep containers suitable for *Ae. aegypti* development, and thus, how much they contribute to the vector productivity in Girardot.

Objective: To determine the productivity of dengue vector *Ae. aegypti* in public spaces of Girardot during rainy and dry season.

Materials and methods: In 20 sectors randomly selected, *Ae. aegypti* larvae and pupae were identified to determine pupa per hectare index (PPH) and containers index (CI).

Results: 482 pupae were estimated in rainy season and 223 in dry season. In rainy season the most productive pupae containers were jars, vessels and tires (81%, n=390), in dry season corresponded to low tanks, tanks for washing purpose type 2 (with side sink to the water container) and sewers (73%, n=163). The IR fluctuated between 3-71% in the two seasons. The PPH values fluctuated in rainy season between 0-6.1, in dry season ranged from 0-3, no significant differences between clusters (p-value: rainy and dry=0,457) and between seasons (p-value=0,442) were found. In cemeteries only one pupa was found, while 135 and 134 pupae were originated respectively from green areas and desolate lots during the rainy season.

Conclusion: Although it has been found that the houses in Girardot contribute most *Ae. aegypti* pupae, entomological surveillance should be maintained to public spaces, because they have shown to have sufficient conditions for vector breeding.

Key words: *Aedes aegypti*, productivity, dengue, rain season, dry season, public space, Colombia.

Introducción

La presencia de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), principal vector de la enfermedad del dengue en Colombia, frecuentemente es ignorada en espacios públicos ya que poco se tienen en cuenta como hábitat alternativo para el mosquito. La vigilancia entomológica rutinaria se restringe por lo general a la búsqueda de sitios de cría dentro de las viviendas, promoviendo en ellas el control físico, la utilización de larvicidas y/o la aplicación de insecticidas de síntesis química, siendo ésta última la más utilizada durante los brotes epidémicos que cada vez son más recurrentes (1).

No obstante, los espacios públicos deben considerarse importantes ya que pueden ser refugio para los mosquitos que escapan a la presión de selección determinada por las intervenciones realizadas en las viviendas (2), por poseer condiciones ambientes favorables para la reproducción del vector como variedad de recipientes y espacios (3) y por contener vegetación circundante que puede generar microclimas para el reposo de los mosquitos o refugio ante condiciones abióticas estresantes o como fuente de alimento para las larvas y control de exposición a la luz (4). Realizar inspecciones entomológicas en búsqueda de criaderos de *Ae. aegypti*, en parques, cementerios, lotes abandonados y otros espacios públicos importantes en cada localidad, suministra información necesaria para vigilar la productividad del vector y los cambios en sus hábitos. Diversas experiencias han demostrado la importancia de los ambientes exteriores al hogar para la reproducción del *Ae. aegypti*, ya que pueden contar con las condiciones favorables para su cría e incluso han estudiado cambios en el comportamiento domiciliar y sus potenciales implicaciones epidemiológicas (5). En Venezuela (6), Argentina (7, 8), Colombia (9) y Perú (3) se encontraron criaderos aptos para la especie como axilas de plantas, elementos inservibles y sumideros de agua lluvia ubicados en colegios, tiendas de mercado y cementerios, siendo estos últimos, los más productivos.

Las pupas deben considerarse durante la identificación de criaderos (10), ya que al ser el estadio inmediatamente anterior al adulto y presentar una mortalidad baja (11), están directamente relacionados con la densidad de los mosquitos que transmiten la enfermedad (12, 13). Por lo tanto estimar la densidad del insecto en un lugar y momento determinado, brinda un acercamiento al posible riesgo asociado con la transmisión de la enfermedad (14, 15).

Para determinar la importancia de los espacios públicos en la abundancia relativa de las poblaciones naturales de *Ae.aegypti*, se evaluó la productividad del vector en los espacios públicos de Girardot (Colombia), una ciudad que se encuentra entre los 18 municipios que acumulan el 50% de los casos en Colombia (16). La investigación se realizó en dos momentos, uno en temporada de lluvia y otro en temporada de sequía determinando la contribución relativa de recipientes específicos y el índice de pupas por hectárea (IPH) acompañado del índice de recipientes (IR) utilizado comúnmente para *Stegomyia* (10).

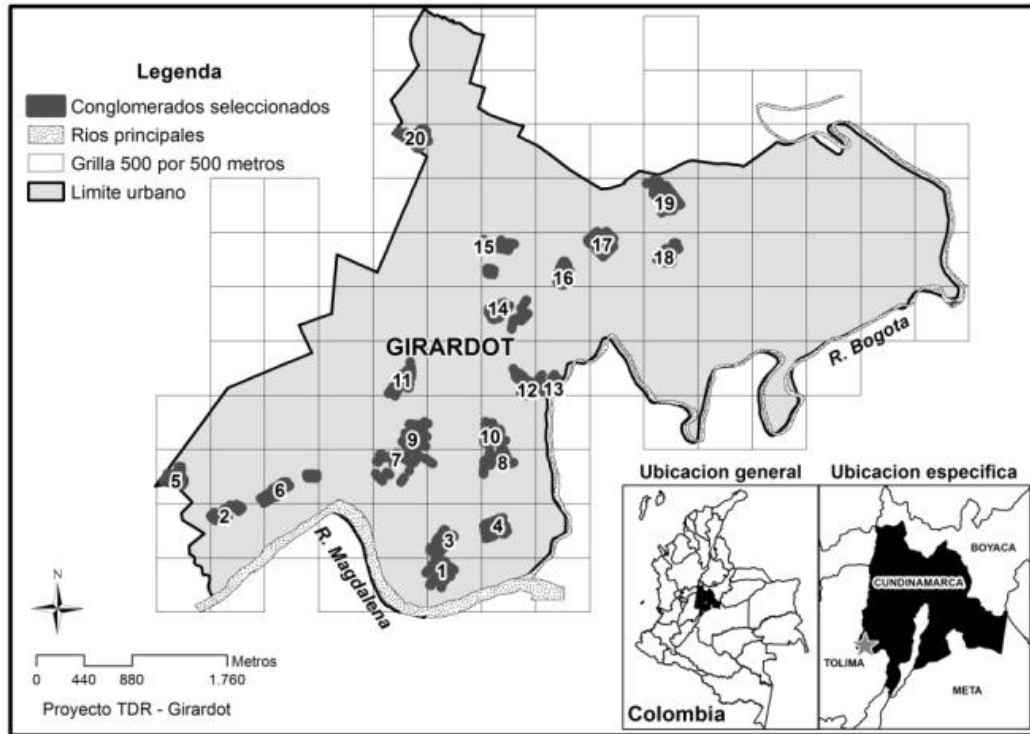
Materiales y métodos

Sitio de estudio: Girardot (4°18'N, 74°48'O) con una extensión de 29 km² y una altitud de 289 msnm, se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca, en la región Andina de Colombia a una distancia de 134 Km de Bogotá, D.C (Figura 2-1). Registra una temperatura media anual de 33,3°C, una humedad relativa media anual de 66,38% (17), y un régimen de lluvias bimodal con precipitación media anual de 1 220 mm (18). Con 103.839 habitantes (19), Girardot es considerada un área hiperendémica para dengue, siendo el municipio que aporta más el 30,9% de los casos para el departamento constituyendo riesgo de dengue no solo para sus pobladores sino para los visitantes debido a la característica de ciudad turística. Durante el año 2011 se registraron 212 casos de dengue, correspondiendo 10 para dengue grave (20).

Diseño del estudio y muestreo: Se realizó un estudio de corte transversal con dos inspecciones entomológicas, la primera en época de lluvias (Febrero-Mayo, 2011) y la segunda en época de sequía (Agosto-Septiembre, 2011). Utilizando el programa EpiInfo versión 6.04 (21), se seleccionaron aleatoriamente 20 sectores de estudio representados por 25 hectáreas cada uno. La selección se realizó a partir de una cuadrícula con 200 celdas la cual se numeró y ubicó sobre el mapa de la ciudad (Figura 2-1) y el tamaño de

muestra se calculó con el propósito de poder evaluar, en una segunda etapa del estudio, de estrategias de intervención y control para el vector del dengue *Ae. aegypti* (22, 23).

Figura 2-1: Ubicación geográfica de Girardot en el departamento de Cundinamarca y la ubicación de los 20 sectores de estudio, 2011.



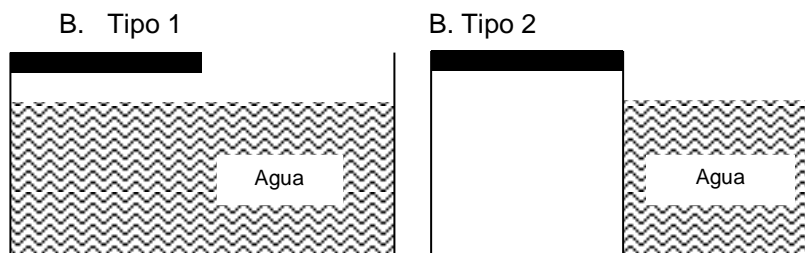
Todos los sectores de estudio se encontraron aledaños a conglomerados humanos. En campo y con la ayuda de sistema de posicionamiento global (GPS), se ubicó la esquina inferior izquierda de los sectores seleccionados para comenzar a hacer el recorrido en zig-zag en búsqueda de espacios públicos como parques o zona verdes, colegios, iglesias, cementerios, hospitales o centros de salud, estaciones de transporte, calles, lotes abandonados, etc.

Los datos ambientales de temperatura y humedad relativa se obtuvieron usando 5 dispositivos datalogger ubicados a 1,5 metros de altura desde el suelo y localizados en puntos específicos de las zonas norte, sur, oriente, occidente y centro de la ciudad. Los datos de precipitación se obtuvieron de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR (24).

Inspecciones entomológicas: Tanto en época de sequía como de lluvia, se inspeccionaron todos los espacios públicos en los 20 sectores seleccionados siguiendo los lineamientos propuestos por el Ministerio de la Protección Social (1) y Focks (25). Cada inspección se realizó por personal del programa municipal del control de vectores de Girardot quienes se capacitaron por el equipo de investigación en todos los procedimientos. Para recipientes con capacidad inferior o igual a 20 litros se realizó un conteo total de las pupas presentes, en tanto que para recipientes con capacidad superior a 20 litros se realizó una estimación indirecta del número total de pupas (26). En los cementerios se tomó una submuestra de 100 tumbas consecutivas tanto en bóveda como en suelo. El total de pupas se dispuso en condiciones de semicampo con el propósito de obtener los mosquitos emergidos. El total de mosquitos recuperados de las pupas y el 10% del total de larvas recolectados se determinaron taxonómicamente con base en caracteres morfológicos (27, 28).

Descripción de los sitios de cría: Los recipientes inspeccionados se ubicaron en once categorías según su tipo: Tanques bajos; Tanques elevados; Albercas tipo 1; Albercas tipo 2 (Las albercas son depósitos artificial para almacenar agua con varios usos domésticos, particularmente el lavado de ropa. Las tipo 1 se definieron por poseer el fregadero sobre el depósito de agua en tanto que las tipo 2 lo tienen lateral, Figura 2-2); Tarros, vasijas, platones; Baldes y canecas pequeñas; Floreros; Llantas; Sumideros de agua; Latas, botellas, inservibles; y Criaderos naturales. Para cada tipo de recipiente se evaluaron características como el tiempo en días para el recambio de agua, ubicación en la vivienda, exposición del agua a la luz, capacidad, tipo de agua (lluvia o acueducto), si estaba cubierto con tapas hecha por el hombre; presencia de sedimento, estrategias de control de inmaduros encontradas al momento de la inspección y abundancia de larvas.

Figura 2-2: Tipos de alberca encontrados en la ciudad de Girardot.



Análisis de la información: Los datos se ingresaron inicialmente en Microsoft Excel 2007 y una vez realizado el control de calidad de ingreso de los datos, se transfirió al programa estadístico SPSS versión 20.0 para Windows (29). Los índices entomológicos se calcularon para cada conglomerado. El test de normalidad de los IPH se realizó a través de una prueba de Shapiro-Wilks teniendo en cuenta la cantidad de muestras ($n=20$). Para la comparación de los IPH entre las temporadas se realizó un test de Wilcoxon para pruebas pareadas o relacionadas. La comparación de los IPH entre conglomerados para cada temporada, se desarrolló con pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para grupos independientes.

Resultados

Ecosistema de estudio: Los valores de precipitación mostraron los valores más altos en Febrero con 177,6 mm y Marzo con 158,9 mm, y los más bajos en Agosto y Septiembre, con 17,6 mm y 54 mm, respectivamente. La temperatura media ambiental más baja se presentó en época de lluvias (Abril) con 27,9 °C y la más alta en Agosto con 30,4 °C, en tanto que la humedad relativa mostró su pico más alto en Abril (70%) y más bajo en Agosto (55%).

Encuestas entomológicas: En las 500 hectáreas inspeccionadas se encontraron 1637 recipientes de los cuales solo pudieron ser revisados 1375. Se recolectó un total de 629 pupas de *Ae. aegypti* con una relación macho:hembra 1:1 y siguiendo la estimación basada en factores de conversión (26), se calculó un total de 482 pupas en temporada de lluvias y 223 en sequía, para un IPH de 0,96 y 0,45, respectivamente. Los recipientes más productivos durante las lluvias correspondieron a tarros, vasijas y platonos y llantas (categorías 5 y 8) que produjeron el 81% de las pupas; mientras que en época de sequía se encontró que los tanques bajos, las albercas tipo 2 y los sumideros de aguas lluvias (categorías 1, 4 y 9) constituyeron los sitios de cría productivos para la especie representando el 73% del total recolectado. Del total de recipientes, el 12% en lluvia y el 22% en sequía presentaron inmaduros en forma de larvas, en tanto que el 4% en lluvias y el 6% en sequía contribuyen con pupas (Tabla 2-1).

Tabla 2-1. Productividad de pupas de *Aedes aegypti* según las categorías de sitio de cría en espacios públicos de Girardot, 2011.

Categoría de los recipientes^a	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Recipientes con agua^b												
Lluvia	57	10	7	6	124	42	252	46	162	348	31	1085
Sequía	44	5	8	4	134	9	26	9	34	6	11	290
Continuación tabla 2-1												
Recipientes con larvas												
Lluvia (%) ^c	10 (18)	0	2 (29)	1 (17)	22 (18)	7 (17)	7 (3)	32 (70)	0	13 (4)	6 (19)	133 (12)
Sequía (%) ^c	6 (14)	0	4 (50)	1 (25)	12 (9)	6 (67)	1 (4)	3 (33)	24 (71)	3 (50)	3 (27)	63 (22)
Recipientes con pupas												
Lluvia (%) ^c	1 (2)	0	0	0	8 (6)	3 (7)	2 (1)	15 (33)	8 (5)	0	1 (3)	38 (4)
Sequía (%) ^c	2 (5)	0	1 (13)	1 (25)	3 (2)	0	0	0	8 (24)	3 (50)	1 (9)	19 (6)
Contribución relativa de pupas por categoría de recipientes												
Lluvia	1%	0%	0%	0%	28%	4%	1%	53%	11%	0%	3%	100%
Sequía	19%	0%	3%	19%	4%	0%	0%	0%	35%	11%	9%	100%
Pupas por recipiente												
Lluvia	3	0	0	0	17	6	2	17	6	0	15	13
Sequía	21	0	7	42	3	0	0	0	10	8	21	12

^a 1) Tanques bajos; 2) Tanques elevados; 3) Albercas tipo 1; 4) Albercas tipo 2, 5) Tarros, vasijas, platonos; 6) Baldes, canecas pequeñas; 7) Floreros; 8) Llantas; 9) Sumideros de agua; 10) Latas, botellas, inservibles; 11) Criaderos Naturales.

^b Hace referencia a agua proveniente del acueducto local o de la lluvia.

^c Estos porcentajes se calcularon tomando como denominador los recipientes con agua.

Recipientes productivos e índices pupales por conglomerado: La contribución relativa de pupas para cada categoría de recipiente en los 20 sectores de estudio se muestra en la figura 2-3. Los espacios públicos de los sectores 1, 5, 13, 14, 16, 17 y 19 no generaron pupas de *Ae. aegypti* ni en época de sequía ni de lluvia; en tanto que los sectores 3, 4, 15 y 18 registran recipientes que constituyen sitios de cría aptos para la especie en ambas épocas, y los restantes tienen una asociación con la estacionalidad.

En época de lluvias, los valores de IPH registraron una mediana de 0,3 en tanto que para época de sequía correspondió a 0,05. Aunque no se encontraron diferencias

significativas cuando se compararon los valores de IPH entre conglomerados (valor-p: lluvia y sequía=0,457) ni entre temporadas (valor de p=0,442), se observó que los valores de IPH mostraron variación cuando se compararon para un mismo conglomerado en lluvia y en sequía. Por ejemplo, los conglomerados 3 y 18 registraron valores de IPH correspondientes a 4,2 y 6,1 en lluvias mientras que en sequía sus valores correspondieron a 0. No obstante, en el conglomerado 2 se incrementaron los valores de IPH, pasando de 0,3 en lluvias a 3 en sequía (Tabla 2-2).

Figura 2-3: Contribuciones relativas de pupas de *Aedes aegypti* por cada categoría de criadero en los espacios públicos de 20 sectores en Girardot, 2011.

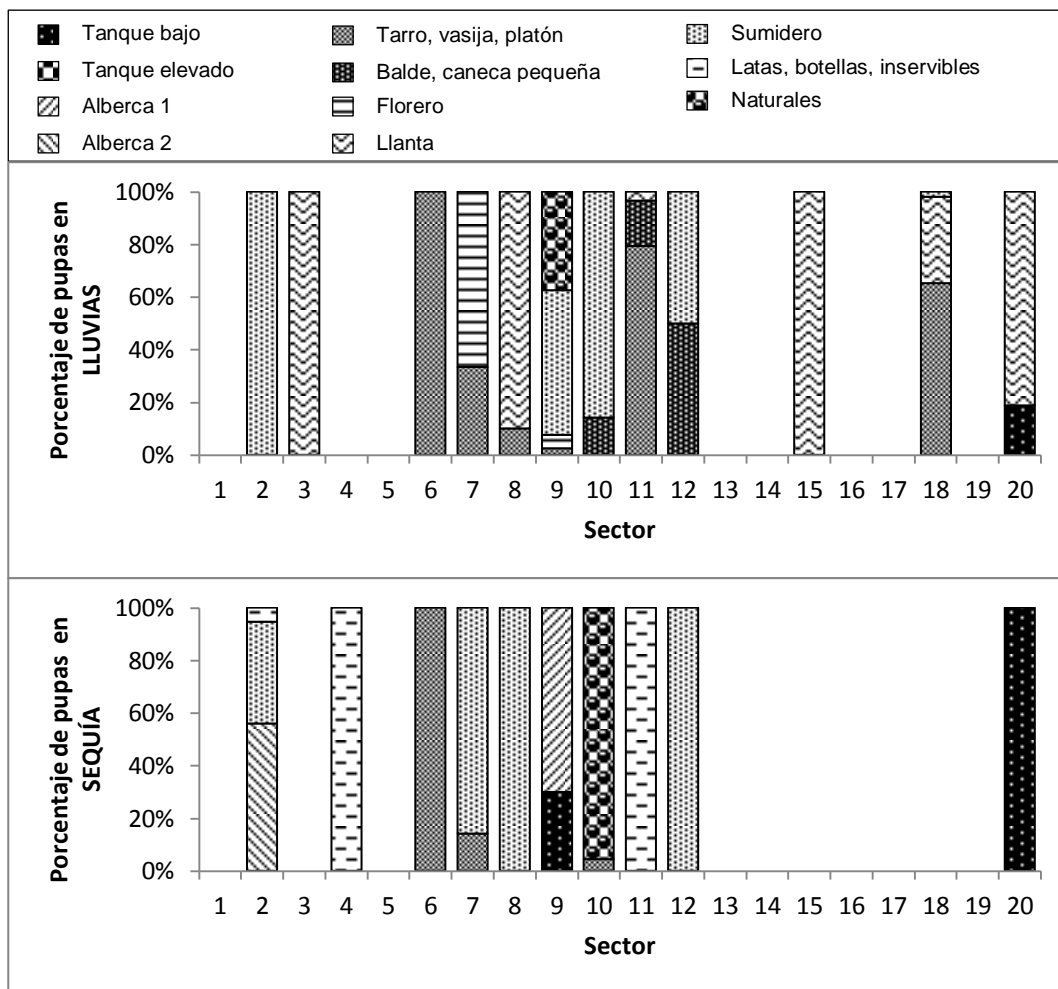


Tabla 2-2: Índices de Pupa por Hectárea en los 20 sectores seleccionados en la ciudad de Girardot durante las temporadas de lluvia y sequía

Sectores de muestreo	Valores de Índice Pupa Hectárea	
	Lluvia	Sequía
1	0	0
2	0,3	3
3	4,2	0
4	0	0,3
5	0	0
6	0,4	0,2
7	0,1	1,4
8	0,4	0,6
9	1,6	0,4
10	0,3	0,9
11	1,2	0,5
12	1	0,1
13	0	0
14	0	0
15	3	0
16	0	0
17	0	0
18	6,1	0
19	0	0
20	0,6	1,6
Mediana	0,3	0,05

El registro de datos dependió de la presencia de recipientes con agua, por lo tanto la época lluviosa fue la que más registró espacios públicos (n=122) y recipientes con agua (n=1085) disponibles para inspeccionar criaderos del insecto, en tanto que durante la época de sequía se encontró una disminución con 74 y 290 respectivamente (Tabla 2-3).

Discusión

La inclusión de los espacios públicos durante las rutinas de vigilancia entomológica en busca de criaderos de *Ae. aegypti* demuestra ser una estrategia necesaria debido a la presencia demostrada del vector en estos ambientes, con las condiciones necesarias para su proliferación que puede ser de importancia epidemiológica. En Colombia son escasos los estudios en espacios públicos (30) debido a su conocida antropofilia (31) y al imaginario que las contribuciones de los recipientes allí presentes son poco relevantes para la toma de decisiones en el control del insecto por lo que la vigilancia entomológica se concentra en viviendas. Sin embargo, en las condiciones de hiperendemicidad de algunas ciudades, debe mantenerse control sobre todos los espacios posibles de cría de los vectores de dengue, particularmente en áreas turísticas donde los espacios públicos concentran población humana susceptible que puede infectarse y contribuir a la dispersión de los serotipos virales de dengue a otras regiones del país.

Tabla 2-3: Información entomológica según el tipo de espacio público inspeccionado en Girardot, 2011.

Tipo de espacio público	Cantidad de espacios públicos		Recipientes con agua		Recipientes con larvas (%) ^a		Recipientes con pupas (%) ^a		Cantidad de pupas (%)	
	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía
Parque, zona verde	30	20	191	62	35 (18)	21 (34)	6 (3)	3 (5)	135 (28)	12 (5)
Colegio	20	14	137	24	18 (13)	7 (29)	6 (4)	4 (17)	24 (5)	64 (29)
Iglesia	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Cementerio	1	1	201	105	3 (1)	5 (5)	0	1 (1)	0	1 (0)
Hospital	2	1	27	1	10 (37)	1 (100) ^b	4 (15)	1 (100) ^b	10 (2)	15 (7)
Centro de Salud	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Estación de transporte	2	2	32	18	3 (9)	0	2 (6)	0	16 (3)	0
Calle	37	22	143	44	30 (21)	17 (39)	7 (5)	6 (14)	44 (9)	68 (30)
Lote abandonado	8	3	146	8	13 (9)	4 (50)	4 (3)	1 (13)	134 (28)	7 (3)
Varios	18	9	206	27	21 (10)	8 (30)	9 (4)	3 (11)	119 (25)	56 (25)
Total	122	74	1085	290	133 (12)	63 (22)	38 (4)	19 (7)	482 (100)	223 (100)

^a Estos porcentajes se calcularon tomando como denominador los recipientes con agua de cada tipo de espacio público.

^b Es necesario tener en cuenta que la cantidad de recipientes inspeccionados para esta categoría fue solo 1.

Los resultados aquí encontrados, evidencian una amplia disponibilidad de recipientes con condiciones aptas para que *Ae. aegypti* pueda reproducirse, ya que la estimación de un total de 705 pupas en las inspecciones entomológicas son una evidencia de que los espacios públicos pueden originar mosquitos adultos con la posibilidad de transmitir la enfermedad y por lo tanto, asociarlos al riesgo de contraerla (32), un valor adicional que potencializa eficazmente los seguimientos entomológicos que se basan en larvas. Llama la atención la gran variedad de sitios de crías aptos para la especie que se hallaron en los espacios públicos de Girardot, encontrándose albercas que son recipientes estrechamente asociados a viviendas y los que más contribuyen a la alta productividad para de las poblaciones naturales del vector del dengue en esta ciudad (33, 34) las cuales se utilizan permanentemente para el almacenamiento de agua en instituciones como colegios. Esta información debe ser tomada en cuenta por los programas de prevención, vigilancia y control ya que ante la fuerte presión de selección derivada de intervenciones de control focalizada en las viviendas, la población del vector encontraría refugio ideal en estos espacios, donde puede encontrarse concentración de población humana infantil en horas donde la actividad de picadura del mosquito es intensiva. Además, debe intensificarse la vigilancia entomológica en los sumideros de agua lluvia de Girardot, los cuales contribuyeron de manera importante a la producción de pupas en la ciudad, particularmente debida a que en otras ciudades como Cali en el Valle del Cauca, estos recipientes son altamente productivos para *Ae. aegypti* (30, 35). También vale la pena resaltar que aunque en Girardot los cementerios no registraron pupas del vector, debe mantenerse su vigilancia debido a que otros estudios han mostrado su importancia en la productividad de *Ae. aegypti*, donde suelen ser los lugares más infestados por vectores (6, 8).

La inspección entomológica realizada a las 25 hectáreas de cada uno de los 20 sectores en las dos temporadas, evidencia que la producción de pupas se concentra en algunos tipos de recipientes y que existe gran variedad de áreas donde el vector puede reproducirse. Encontrar sectores que no producen pupas en sus espacios públicos, plantea la necesidad de analizar los hogares cercanos que albergarían la población de *Ae. aegypti*. Aquellos sectores que concentran la producción de vectores en espacios públicos en lugares como parques, zonas verdes y lotes abandonados (56% de las pupas en lluvia), y colegios y calles (59% de las pupas en sequía), requieren de articulación interinstitucional, ya que aunque públicos, existen entidades allegadas que ejercen algún

control, por ejemplo el Ministerio de Educación sobre los colegios, las Empresas Públicas de Aseo sobre los parques y zonas verdes.

Se demuestra la oferta de criaderos y hábitat con que cuenta *Ae. aegypti* para desarrollarse en Girardot, además, el cambio en la productividad de pupas para un mismo tipo de recipiente y para un mismo espacio público según la temporada, manifiesta la plasticidad del vector para lograr su sobrevivencia ante ambientes muchas veces hostiles. Tener en cuenta los espacios públicos durante la vigilancia entomológica para *Ae. aegypti*, debe convertirse en necesidad de las instituciones encargadas de la prevención y control del dengue en ciudades endémicas. Aunque la domiciliación del mosquito en Colombia parece que se ha mantenido, la frecuente presión ejercida sobre las poblaciones de vectores a través de la utilización de larvicidas de síntesis química en cuerpos de agua domésticos de forma regular, sumado a la aplicación de insecticidas como medida de choque fuertemente dirigidas a conglomerados humanos, podría desencadenar un desplazamiento de las poblaciones del insecto para la colonización de recipientes que posiblemente sean más difíciles de detectar y controlar ubicados en espacios públicos. Esta información debe ser tenida en cuenta junto con la proveniente de las viviendas y los sectores habitados, como base para la evaluación y seguimiento de eventuales estrategias de intervención de vectores que tengan por objetivo reducir las poblaciones de *Ae. aegypti* como estrategia para el control del dengue.

Agradecimientos

Equipo de técnicos en Enfermedades Transmitidas por Vectores de la Secretaría de Salud de Girardot, Raúl Barrantes (q.e.p.d), Diógenes Tique, Álvaro Rodríguez, Leonardo Herrera, Álvaro Gómez, Jorge Urquijo, Jorge Caicedo, Orlando Portela, Juan Gaitán, Mario Latorre, Onofre Serrano, Luis A Betancourth y Roger Páez. A los investigadores de la Universidad Nacional de Colombia y el Centro de Estudios e Investigación en Salud de la Fundación Santa Fe de Bogotá, Mauricio Fuentes por la elaboración de los mapas, Diana García, Diana Higuera, Tatiana García y Martha Macana. Al financiador, Programa Especial para la Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (TDR) de la Organización Mundial de la Salud (OMS). A Mónica Salinas por el apoyo en los análisis estadísticos. A Sandra Patricia Marta Lozano por su coordinación y apoyo durante el trabajo de campo.

Referencias

1. MPS/INS/OPS. Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión del dengue. Ministerio de la Protección Social. Instituto Nacional de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Colombia. 2011.
2. Quiroz-Martinez H, Garza-Rodriguez MI, Trujillo-Gonzalez MI, Zepeda-Cavazos IG, Siller-Aguillon I, Martinez-Perales JF, *et al.* Selection of oviposition sites by female *Aedes aegypti* exposed to two larvicides. *J Am Mosq Control Assoc.* 2012 Mar;28(1):47-9.
3. Guagliardo S, Rinaldi P, Jones B, Morrison A, Astete H, Kitron U, *et al.* Quantifying the contribution of public spaces for exposure risk to *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. 60th Annual Meeting The American Society of Tropical Medicine and Hygiene Philadelphia, PA USA. 2011;LB-2129.
4. Vezzani D, Albicocco AP. The effect of shade on the container index and pupal productivity of the mosquitoes *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* breeding in artificial containers. *Med Vet Entomol.* 2009 Mar;23(1):78-84.
5. Saifur RG, Dieng H, Hassan AA, Salmah MR, Satho T, Miake F, *et al.* Changing domesticity of *Aedes aegypti* in northern peninsular Malaysia: reproductive consequences and potential epidemiological implications. *PLoS One.* 2012;7(2):e30919.
6. Abe M, McCall PJ, Lenhart A, Villegas E, Kroeger A. The Buen Pastor cemetery in Trujillo, Venezuela: measuring dengue vector output from a public area. *Trop Med Int Health.* 2005 Jun;10(6):597-603.
7. Mangudo C, Aparicio JP, Gleiser RM. Tree holes as larval habitats for *Aedes aegypti* in public areas in Aguaray, Salta province, Argentina. *J Vector Ecol.* 2011 Jun;36(1):227-30.
8. Vezzani D, Schweigmann N. Suitability of containers from different sources as breeding sites of *Aedes aegypti* (L.) in a cemetery of Buenos Aires City, Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz.* 2002 Sep;97(6):789-92.
9. González R, Suarez M. Sewers: The principal *Aedes aegypti* breeding sites in Cali, Colombia. *Am J Trop Med Hyg.* 1995;53(160).

10. Focks D.A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. Geneva: World Health Organization; (Document WHO/TDR/IDE/Den/031). 2003.
11. Rueda LM, Patel KJ, Axtell RC, Stinner RE. Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). J Med Entomol. 1990 Sep;27(5):892-8.
12. Maciel-de-Freitas R, Lourenco-de-Oliveira R. Does targeting key-containers effectively reduce *Aedes aegypti* population density? Trop Med Int Health. 2011 May 23.
13. Lenhart AE, Castillo CE, Oviedo M, Villegas E. Use of the pupal/demographic-survey technique to identify the epidemiologically important types of containers producing *Aedes aegypti* (L.) in a dengue-endemic area of Venezuela. Ann Trop Med Parasitol. 2006 Apr;100 Suppl 1:S53-S9.
14. Focks DA, Brenner RJ, Hayes J, Daniels E. Transmission thresholds for dengue in terms of *Aedes aegypti* pupae per person with discussion of their utility in source reduction efforts. Am J Trop Med Hyg. 2000 Jan;62(1):11-8.
15. Seng CM, Seta T, Nealon J, Socheat D. Pupal sampling for *Aedes aegypti* (L.) surveillance and potential stratification of dengue high-risk areas in Cambodia. Trop Med Int Health. 2009 Oct;14(10):1233-40.
16. Padilla J, Rojas D, Sáenz R. Dengue en Colombia: determinantes, epidemiología, estrategias de intervención y perspectivas. 2012.
17. Girardot. Girardot tiene con que! Sitio web oficial del municipio de Girardot en Cundinamarca Consultado en Internet el 23 de Enero de 2012 en la página <http://girardot-cundinamarcagovco/nuestromunicipioshtml?apc=mlxx-1-&m=f>. 2012.
18. Camacho L, Díaz M, Valentín E. Metodología para la Cuantificación y Caracterización de las Aguas Combinadas Urbanas – Caso Ciudad de Girardot. XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología Sociedad Colombiana de Ingenieros Asociación Caucana de Ingenieros Corporación Autónoma Regional del Cauca Consultado de internet el 23 de Enero de 2012 de la página http://www.docentes.una.edu.co/lacamachob/docs/A_MetCarAgCombUrbpdf 2006.

19. DANE. Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Proyecciones de población 2005-2020. Consultado de internet el 25 de Febrero de 2013 en la página http://www.danegov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72 2013.
20. SIVIGILA. Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Secretaría de Salud de Girardot. Unidad de Epidemiología. 2013.
21. CDC. Centers for Disease Control and Prevention. Epi Info versión 6.04 . [programa de computación]. Atlanta, GA. USA.1996.
22. Kroeger A, Lenhart A, Ochoa M, Villegas E, Levy M, Alexander N, *et al.* Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *BMJ*. 2006 May 27;332(7552):1247-52.
23. Arunachalam N, Tana S, Espino F, Kittayapong P, Abeyewickreme W, Wai KT, *et al.* Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bull World Health Organ*. 2010 Mar;88(3):173-84.
24. CAR. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Centro de Monitoreo Hidrológico y de Clima. Descargado de la página <http://www.car.gov.co/?idcategoria=12645>. 2013.
25. Focks D, Villegas E, Romero-Vivas CM, Midega J, Bisset J, Morrison A, *et al.* Multicountry study of *Aedes aegypti* pupal productivity survey methodology: findings and recommendations. Geneva: Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases. TDR/IRM. 2006;Den (06.1).
26. Romero-Vivas CM, Llinas H, Falconar AK. Three calibration factors, applied to a rapid sweeping method, can accurately estimate *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) pupal numbers in large water-storage containers at all temperatures at which dengue virus transmission occurs. *J Med Entomol*. 2007 Nov;44(6):930-7.
27. Rueda LM. Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera:Culicidae) associated with Dengue Virus Transmission. *ZOOTAXA*. 2004;589:1-60.
28. Tinker M. Clave práctica para las larvas de mosquitos neotropicales en recipiente. Bogotá, DC: Instituto Nacional de Salud. 1982;p.1-15.

29. IBM. IBM Corp. SPSS Statistics para Windows [programa de computación]. Versión 20.0. Armonk, NY2011.
30. González R, Gamboa F, Perafán O, Suárez MF, Montoya J. Experiencia de un análisis entomológico de criaderos de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* en Cali, Colombia. Revista Colombiana de Entomología. 2007;33:148-56.
31. De Benedictis J, Chow-Shaffer E, Costero A, Clark GG, Edman JD, Scott TW. Identification of the people from whom engorged *Aedes aegypti* took blood meals in Florida, Puerto Rico, using polymerase chain reaction-based DNA profiling. Am J Trop Med Hyg. 2003 Apr;68(4):437-46.
32. Focks DA, Chadee DD. Pupal survey: an epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: an example using data from Trinidad. Am J Trop Med Hyg. 1997 Feb;56(2):159-67.
33. Alcalá L, Quintero J, Gonzalez C, Brochero H. Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) en predios de Girardot, Colombia. Sometido a Rev Panam Salud Publica. 2014.
34. Quintero J, Carrasquilla G, Suarez R, Gonzalez C, Olano VA. An ecosystemic approach to evaluating ecological, socioeconomic and group dynamics affecting the prevalence of *Aedes aegypti* in two Colombian towns. Cad Saude Publica. 2009;25 Suppl 1:S93-103.
35. Morales CA, Cuadros ME, Orobio E, Vargas H. Programa de control del dengue en Cali, 1998-2010, logros y retos. Biomedica. 2011;3:23-205.

3. Capítulo 3

Estimación del tamaño corporal de poblaciones naturales de *Aedes aegypti* (L.)
(Diptera: Culicidae) en Girardot, Cundinamarca, Colombia

Alcalá L.A.¹, Brochero H.L.², Sarmiento C³.

¹*Maestría en Infecciones y Salud en el Trópico, Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.*

²*Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.*

³*Laboratorio de Sistemática y Biología comparada de insectos-ICN. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.*

RESUMEN

INTRODUCCION: Las formas inmaduras de *Aedes aegypti* se desarrollan en aguas limpias almacenadas en recipientes domésticos cuyas características determinan su desarrollo y el tamaño corporal de los mosquitos adultos, factor importante en la capacidad vectorial de la especie.

OBJETIVO: Estimar el tamaño corporal de poblaciones naturales de *Ae. aegypti* de Girardot en concordancia con las características del criadero y las temporadas de lluvia y sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS: Se seleccionó una muestra de mosquitos emergidos de pupas provenientes de recipientes inspeccionados en predios durante las épocas de lluvia y sequía en Girardot. Se realizó el montaje permanente del ala derecha de cada ejemplar a las cuales se fotografiaron usando la misma escala. Se definieron ocho landmark para formar un polígono en cada ala con el propósito de determinar el tamaño del centroide como estimador indirecto del tamaño corporal de las poblaciones naturales de *Ae. aegypti*. Se realizaron análisis no balanceados para determinar cuáles características del recipiente estaban influenciando el tamaño de las poblaciones del insecto.

RESULTADOS: Se midieron 736 alas de *Ae. aegypti* de mosquitos adultos emergidos de 10 tipos de recipientes. No se encontraron diferencias en el tamaño entre temporadas de lluvia y sequía (valor de $p=0,265$), tampoco cuando se analizó según el tipo de recipiente (valor de $p= 0,214$), sin embargo la capacidad de almacenamiento de agua $\leq 20L$ o $>20L$, y la presencia de cubierta (techo) sobre el recipiente influenciaron el tamaño del centroide (valores de $p=0,011$ y $p=0,012$ respectivamente).

CONCLUSIÓN: Girardot presenta recipientes domésticos que producen poblaciones naturales de *Ae. aegypti* con diferentes tamaños corporales. Esta información puede complementar las estrategias de control dirigidas a recipientes específicos que produzcan mosquitos con tamaños corporales asociados a mejor capacidad vectorial.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, tamaño del centroide, Colombia, morfometría, ala.

Introducción

Aedes aegypti (L.) (Díptera: Culicidae), un mosquito que tiene como preferencia alimenticia la sangre humana (De Benedictis *et al.*, 2003) es el transmisor de la enfermedad del dengue en Colombia (MPS/INS/OPS, 2011). Estos vectores emergen de las pupas que se desarrollan en recipientes que almacenan agua limpia al interior de viviendas de conglomerados humanos ubicados por debajo de los 2.200 metros sobre el nivel del mar (Suarez & Nelson, 1981). En las poblaciones naturales de *Ae. aegypti* aspectos como el tamaño corporal ha sido asociado con el rango de vuelo y sobrevivencia (Maciel-De-Freitas *et al.*, 2007), cantidad de huevos por cada ovipostura (Briegel *et al.*, 2002); cambios en el comportamiento de hematofagia (Scott *et al.*, 2000); susceptibilidad a la infección y diseminación de virus dengue (Alto *et al.*, 2008). Algunas investigaciones han estimado el tamaño del vector a través de la longitud del ala (Mohammed & Chadee, 2011; Tun-Lin *et al.*, 2000) o utilizando morfometría geométrica por medio de landmarks que permiten la conformación de un polígono a través del cual puede determinarse el tamaño corporal con base en el tamaño del centroide (Jirakanjanakit *et al.*, 2007) debido a que la longitud alar y el tamaño del centroide se encuentran directamente relacionadas (Morales Vargas *et al.*, 2010). El municipio de Girardot ubicado en el departamento de Cundinamarca, a 134 km de Bogotá, capital de Colombia es considerado hiperendémico para dengue. Se desconoce el tamaño corporal de las poblaciones naturales de *Ae. aegypti* y la influencia de factores ambientales

determinados por sus sitios de cría. Esta información puede complementar las estrategias de control dirigidas a recipientes específicos en Girardot que produzcan mosquitos con tamaños corporales asociados con mejor capacidad vectorial (Maciel-De-Freitas, 2010).

Materiales y métodos

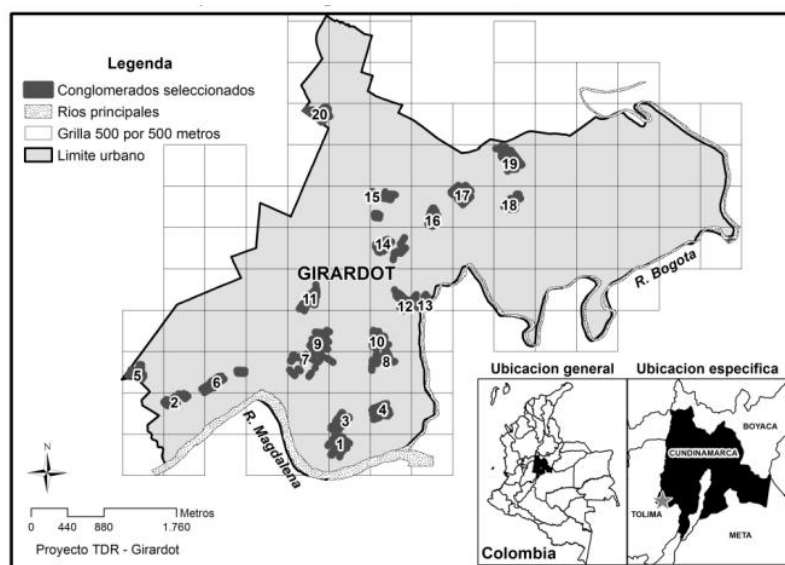
Sitio de estudio: Girardot (4°18'N, 74°48'O) es un municipio ubicado en el departamento de Cundinamarca, presenta una extensión de 29 km²; una altitud de 289 msnm; con una temperatura media anual de 33,3°C, humedad relativa media anual de 66,38% y un régimen de lluvias bimodal con precipitación media anual de 1.220 mm (Camacho *et al.*, 2006). Con 103.839 habitantes (DANE, 2013), Girardot es una ciudad turística donde la transmisión del dengue se considera hiperendémica aportando el 30,9% de los casos en Cundinamarca e incluido entre los 18 municipios del país que acumularon el 50% de los casos entre los años 1999-2010 (Padilla *et al.*, 2012). Para el año de estudio 2011 se registraron 212 casos de dengue de los cuales 10 correspondieron a dengue grave (SIVIGILA, 2013).

Diseño del estudio y muestreo: Se desarrolló un estudio de corte transversal con dos inspecciones entomológicas, la primera en época de lluvias (Febrero-Mayo, 2011) y la segunda en época de sequía (Agosto-Septiembre, 2011) siguiendo un muestreo por selección aleatoria en 20 conglomerados con 100 predios cada uno (Figura 3-1), los cuales se seleccionaron utilizando el programa EpiInfo versión 6.04 (CDC, 1996). Este tamaño de muestra se calculó así para poder evaluar estrategias de control de vectores en etapas posteriores, tal como lo han realizado en investigaciones de México, Venezuela y algunos países Asiáticos (Arunachalam *et al.*, 2010; Kroeger *et al.*, 2006). En campo se localizó la esquina inferior izquierda de cada celda con la ayuda de sistema de posicionamiento global (GPS), donde a partir del agrupamiento de viviendas más cercano (manzana), se inició la inspección entomológica en predios que incluyeron casas, apartamentos y negocios comerciales hasta completar 100 predios que conformaron un conglomerado (Troyo *et al.*, 2008).

Instrumentos de recolección de datos: Los datos de temperatura y humedad relativa ambiental se obtuvieron con dispositivos datalogger ubicados a 1,5 metros de altura

desde el suelo y localizados en las zonas norte, sur, oriente, occidente y centro de la ciudad de Girardot; en tanto que los datos de precipitación se obtuvieron de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca-CAR (CAR, 2013). Además se diseñó un cuestionario entomológico donde en campo se consignaron los datos relacionados con presencia de larvas, conteo de pupas y características de los recipientes con agua. Los datos relacionados con el tamaño del centroide se diligenciaron en formatos digitales que permitieron ubicar la procedencia de los individuos analizados.

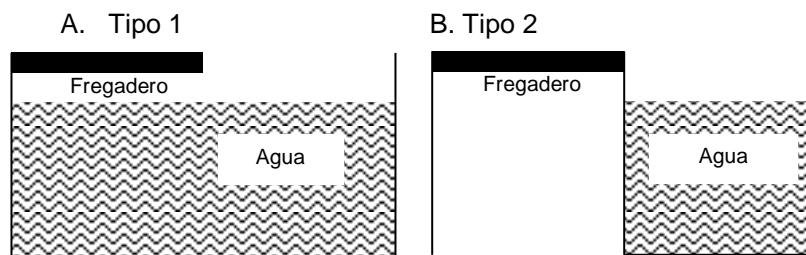
Figura 3-1: Ubicación geográfica de Girardot en el departamento de Cundinamarca y los 20 conglomerados de estudio, 2011.



Inspecciones entomológicas: El grupo de técnicos del programa del control de vectores de Girardot, inspeccionó todos los recipientes en las temporadas de lluvia y sequía según los procedimientos operativos estándares propuestos por el Ministerio de la Protección Social de Colombia (MPS/INS/OPS, 2011; Focks *et al.*, 2006). La obtención de pupas se realizó siguiendo la metodología propuesta por Romero-Vivas *et al.*, (2007) que permitió determinar la productividad de *Ae. aegypti* en viviendas (Alcalá *et al.*, 2014a) y espacios públicos (Alcala *et al.*, 2014b) estimando la cantidad de pupas en recipientes específicos. El total de pupas se dispuso en condiciones de semicampo con el propósito de recuperar los mosquitos adultos emergidos, los cuales se sacrificaron en frío a 0°C durante 30 min y se determinaron taxonómicamente usando caracteres morfológicos (Rueda, 2004).

Descripción de los sitios de cría: Los recipientes inspeccionados se ubicaron en once categorías según su tipo: Tanques bajos; Tanques elevados; Albercas tipo 1; Albercas tipo 2 (Las albercas son depósitos artificial para almacenar agua con varios usos domésticos, particularmente el lavado de ropa, Figura 3-2); Tarros, vasijas, platonos; Baldes y canecas pequeñas; Floreros; Llantas; Sumideros de agua; Latas, botellas, inservibles; y Criaderos naturales. Para cada recipiente se tuvieron en cuenta características como el tiempo en días para el recambio de agua, ubicación en la vivienda, exposición del agua a la luz, capacidad, tipo de agua (lluvia o acueducto), si estaba cubierto con tapa hecha por el hombre; presencia de sedimento, estrategias de control de inmaduros encontradas al momento de la inspección y abundancia de larvas.

Figura 3-2: Tipos de alberca encontrados en la ciudad de Girardot.

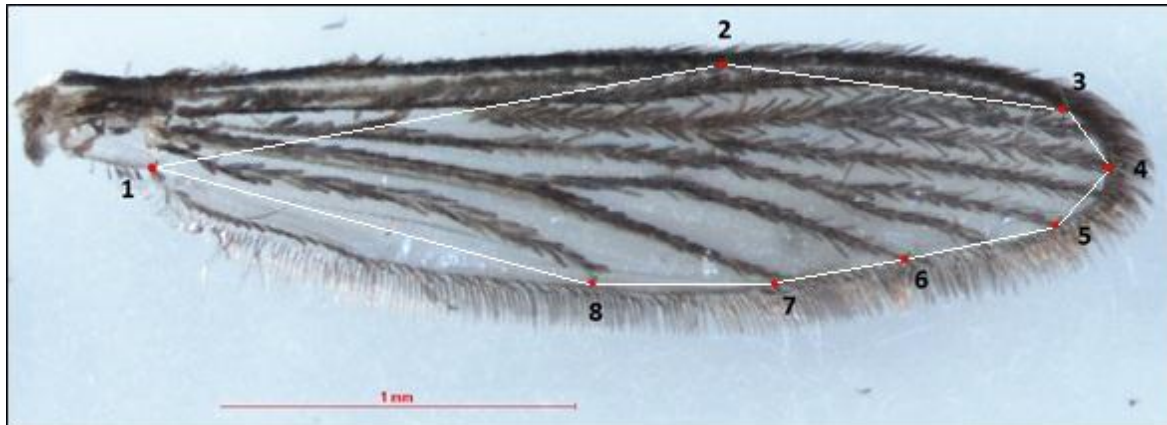


Montaje y medición de alas: Se seleccionaron aleatoriamente 3 individuos hembra para cada recipiente. Usando pinzas entomológicas y bajo estereomicroscopio, se disecó el ala derecha de cada individuo, la cual fue montada en posición dorsal entre lámina y laminilla rotulada con los datos de recolección en campo. Cada ala se adhirió con pegante líquido de papel y agua mezclados en proporción 1:3, dejándose secar durante 45 minutos previo a cubrirse con laminilla. Para cada mosquito se realizaron fotografías con el software para cámaras digitales NIS-Elements (Nikon, 2010) donde se insertó una medida de referencia usada como escala. Usando el software de libre acceso tpsDig (Rohlf, 2010a) cada muestra se delimitó con 8 landmark siempre en el mismo orden y formando un polígono que cubrió todo el área alar (Figura 3-3). El cálculo del tamaño del centroide para cada ala se realizó a través del programa tpsRelative warps (Rohlf, 2010b).

Análisis de la información: Se obtuvo un dato promedio del tamaño del centroide por cada criadero con pupas los cuales se analizaron según el tipo de recipiente y la

temporada climática. Para cada característica de los recipientes se realizó una prueba estadística de ANOVA no balanceado, dado que la muestra no fue igual en los recipientes en lluvia y sequía. Para el análisis de las características asociadas a cada sitio de cría se ingresó únicamente la información correspondiente a los recipientes donde se recolectaron pupas.

Figura 3-3: Polígono trazado por medio de los 8 landmarks seleccionados para la medición del tamaño del centroide de *Ae. aegypti* en Girardot, 2011.



Resultados

Aspectos ambientales: La precipitación mostró los valores más altos en Febrero con 177,6 mm y Marzo con 158,9 mm, mientras que los más bajos en Agosto y Septiembre, con 17,6 mm y 54 mm, respectivamente. La temperatura media ambiental más baja se presentó en época de lluvias (Abril) con 27,9 °C y la más alta en Agosto con 30,4 °C, en tanto que la humedad relativa mostró su pico más alto en Abril (70%) y más bajo en Agosto (55%).

Encuestas entomológicas: En lluvia y sequía se encontraron un total de 4.522 y 2.577 recipientes, respectivamente, de los cuales 333 presentaron pupas de *Ae. aegypti* en época de lluvia (7%) y 221 en época de sequía (8%). Sin embargo, para el análisis se contó solamente con la información de 211 recipientes en lluvia y 163 en sequía debido a que en algunos recipientes todos los mosquitos emergidos correspondieron a machos o no se logró la obtención de mosquitos adultos.

***Aedes aegypti* analizados:** Se midieron un total de 736 alas de individuos de poblaciones naturales de *Ae. aegypti* de los cuales se obtuvieron 375 datos del tamaño promedio del centroide correspondientes a igual número de recipientes (Tabla 3-1). Para los análisis se eliminaron los datos de los recipientes pertenecientes a tanques altos, sumideros de agua y latas, inservibles (n=5), ya que no presentaron mosquitos adultos en alguna de las dos temporadas. De todos los tipos de recipientes que se inspeccionaron, las albercas tipo 1 representaron los recipientes con más alas analizadas debido a que constituyó el sitio de cría más productivo para *Ae. aegypti* en Girardot, proporcionando por tanto, mayor abundancia de individuos adultos. Las albercas son depósitos artificiales para almacenar agua con varios usos domésticos, particularmente el lavado de ropa.

Tabla 3-1: Alas obtenidas para el cálculo del tamaño del centroide en Girardot, 2011.

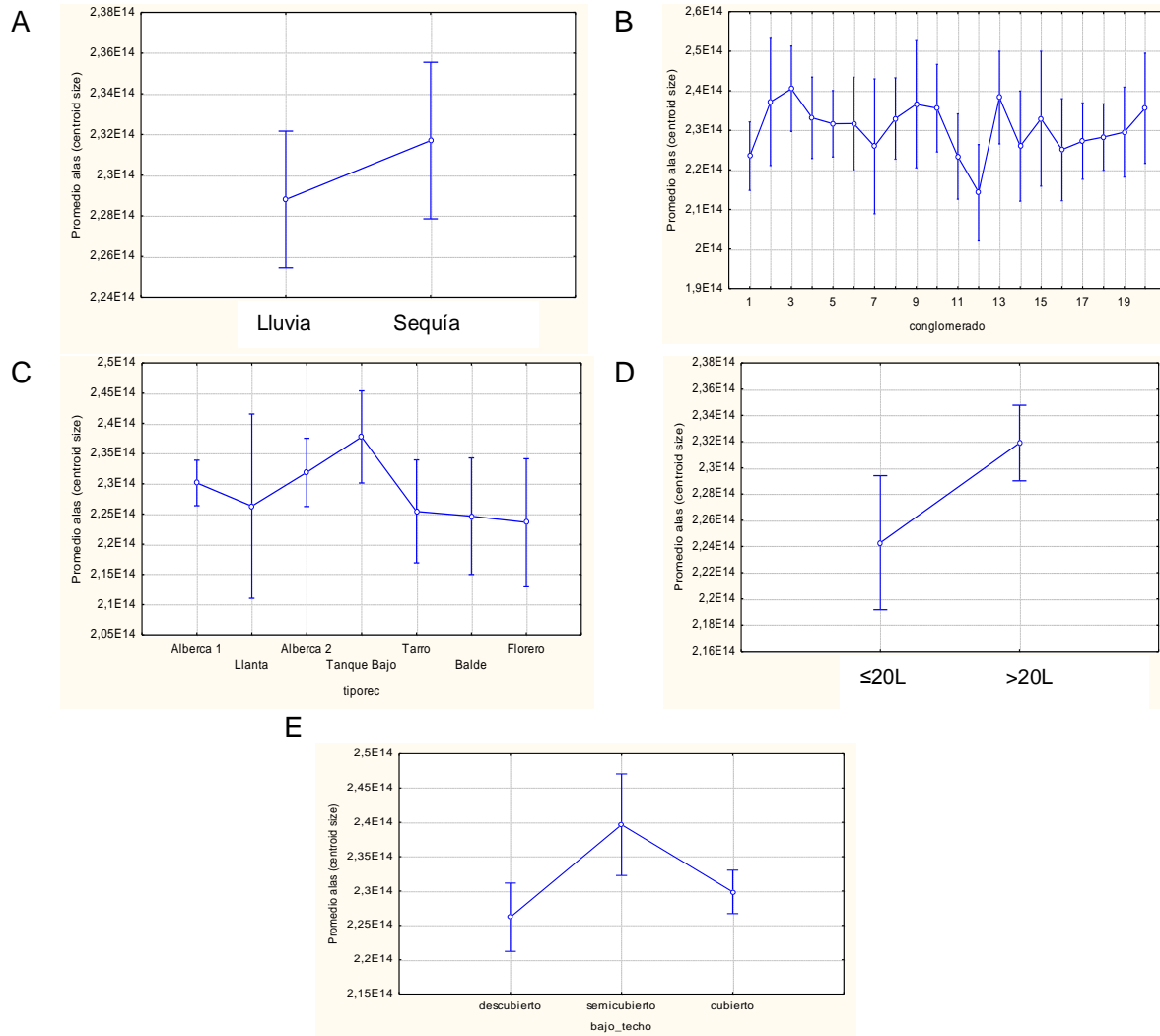
Tipos de recipiente	Alas medidas		Datos para análisis	
	Lluvia	Sequia	lluvia	sequia
Tanque bajo	28	51	17	25
Tanque alto	0	1	0	1*
Alberca tipo 1	156	178	82	84
Alberca tipo 2	79	71	41	33
Tarro, vasija, platón	48	17	25	7
Balde, caneca pequeña	34	9	18	7
Florero	30	7	17	4
Llanta	13	7	7	3
Sumidero de agua	4	0	2*	0
Latas, inservibles	3	0	2*	0
Total general	395	341	211	164

*Eliminados para el análisis por no contar con datos en una de las dos temporadas.

Tamaño del centroide: Los tamaños del centroide oscilaron para la época de lluvias entre 1,59 y 2,87 mientras que en época de sequía el valor mínimo fue 1,75 y el máximo de 2,81. El análisis de varianza no balanceado reveló que no existen diferencias en el tamaño del centroide asociadas con la estacionalidad lluvias-sequia (valor de $p=0,265$); debidas a los conglomerados (valor de $p = 0,32$) o al tipo de recipientes (valor de $p = 0,214$). Sin embargo, de las características de los recipientes evaluadas, se encontró diferencia significativa (valor de $p = 0,011$) entre los recipientes que presentaron capacidades de agua menores o iguales a 20 litros (n=88), y los mayores a 20 litros

(n=282); como también en recipientes con presencia de cubierta total (n=234), parcial (n=42) y descubiertos (n=94) (valor de $p = 0,012$), (Figura 3-4).

Figura 3-4: Tamaño del centroide según temporadas climáticas (A), conglomerado (B), tipo de recipiente (C), capacidad del recipiente (D) y presencia de cubierta (E) en Girardot, 2011.



La relación entre el tamaño del centroide según la capacidad del recipiente y la presencia de cubierta se pueden observar en la tabla 3-2. Se encuentran los valores promedio totales y las intersecciones, donde se destacan como valor mayor a los mosquitos provenientes de recipientes > 20 L bajo techo semicubierto, y como menor a los vectores provenientes de recipientes ≤ 20 L bajo techo con cubierta total.

Discusión

La importancia del tamaño de los vectores de dengue en Colombia ha sido muy poco investigada. Los resultados aquí obtenidos demostraron que el tamaño de *Ae. aegypti*, asociado con la capacidad de transmitir virus dengue, depende de las condiciones del entorno propio de cada conglomerado evaluado en Girardot, las cuales se encuentran influenciadas por los comportamientos y dinámicas sociales humanas que contribuyen a la generación de sitios de cría diversos estrechamente asociados con el domicilio.

Tabla 3-2. Relación entre el tamaño del centroide según la capacidad de los recipientes y la presencia de techo en Girardot, 2011.

bajo_techo	Tamaño promedio del centroide (n)	
	≤ 20 L	> 20 L
cubierto	2,22E+14 (30)*	2,32E+14 (204)
descubierto	2,25E+14 (47)	2,27E+14 (47)
semicubierto	2,28E+14 (11)	2,44E+14 (31)
Promedio	2,24E+14 (88)	2,32E+14 (282)

*Corresponde al promedio del tamaño del centroide con menor valor.

En Girardot no se encontró diferencia significativa en el tamaño corporal de *Ae. aegypti* asociado con las épocas de lluvia y sequía a pesar que los factores abióticos evidenciaron valores de variación para la temperatura ambiental, la humedad relativa y la precipitación en cada temporada. No obstante, aunque se ha evidenciado que estas variables aunadas a la disponibilidad de alimento durante los estadios larvarios de las poblaciones naturales determinan el tamaño corporal de los mosquitos adultos emergidos de éstas (Mohammed & Chadee, 2011; Padmanabha *et al.*, 2011) la variación en los valores de temperatura durante la recolección de *Ae aegypti* en Girardot fluctuó en 2,3°C, muy por debajo de los 6-10°C reportados para evidenciar cambios significativos en el tamaño corporal de las poblaciones del insecto. No obstante, debe tenerse en cuenta que la variación de factores abióticos como la temperatura si determina el período de incubación extrínseca de los virus dengue, dado que puede reducir el tiempo hasta en 5 días con incrementos en temperatura ambiente de 2 a 5 °C (Watts *et al.*, 1987).

No se encontró variación significativa del tamaño corporal de las poblaciones del vector entre conglomerados, algunos de los cuales históricamente han sido asociados en Girardot como zonas de alta transmisión de dengue según el reporte de casos al sistema

de vigilancia. Pareciera también que la estructura de cada conglomerado en términos de su urbanismo, número de habitantes y microhábitats ecológicos aptos para el insecto, no está influenciado las características intrínsecas de cada recipiente y por tanto, poca influencia puede tener en el tamaño corporal, pues estos aspectos sí son considerados importantes para la enfermedad en términos de dispersión del vector y población expuesta a la enfermedad (Hemme *et al.*, 2010; Padmanabha *et al.*, 2012).

Los siete tipos de recipientes tampoco mostraron diferencias significativas en el tamaño corporal de *Ae. aegypti* (valor de $p = 0,214$), sin embargo, al agruparlos según su capacidad ≤ 20 L y >20 L (valor de $p = 0,011$) y presencia de cubierta total, parcial o sin cubierta (valor de $p = 0,012$) estuvieron asociadas con el tamaño del vector. La presencia de cubierta tipo techo puede estar determinando la cantidad de luz día que recibe cada criadero y por tanto regula su temperatura y humedad relativa, lo que incide en la dinámica de transmisión del dengue a través del aumento de la presencia del vector en criaderos protegidos del sol (Crepeau *et al.*, 2013; Vezzani & Albicocco, 2009), y la generación de vectores más pequeños.

Mosquitos *Ae. aegypti* de menor tamaño corporal han sido descritos como mejores transmisores de dengue debido a las condiciones que poseen de infectarse rápidamente con el virus dengue (Alto *et al.*, 2008) y por aumentar su actividad de picadura elevando así su capacidad como vectores (Scott *et al.*, 2000). Por lo tanto, los recipientes menores o iguales de 20 litros específicamente los ubicados totalmente bajo algún techo que los proteja de la exposición directa de los rayos de luz, estarían originando mosquitos con capacidad de transmitir más fácilmente el virus dengue a través de los recipientes tipo llanta, tarro, balde y florero. Sin embargo, los recipientes tipo alberca constituyeron los criaderos más productivos para *Ae. aegypti* en Girardot durante todo el año y en éstos se encontró un tipo que permite la exposición directa de la luz al espejo de agua que sustenta los inmaduros de la especie (Alberca 2) y otro que provee tanto un área de exposición directa como un área de sombra permanente (Alberca 1). Por tal razón, además de la productividad, éstas últimas pueden estar contribuyendo a la producción de mosquitos más pequeños corporalmente lo que ha sido asociado con importancia epidemiológica.

Los resultados demuestran que la capacidad del vector de transmitir la enfermedad en municipios endémicos, se puede potenciar por las condiciones que las comunidades

proveen a los criaderos de mosquitos. Estas condiciones son producto de las adaptaciones que las personas desarrollan en ambientes de altas temperaturas, donde la necesidad de crear espacios con protección de la radiación solar es fundamental, además, la cultura de almacenamiento de agua en innumerables depósitos en ciudades donde el desabastecimiento es recurrente, continua siendo un punto clave en la dinámica de la transmisión del dengue (Caprara *et al.*, 2009).

Dado que los esfuerzos contra el dengue se dirigen a reducir la presencia del vector, las estrategias de prevención y control pueden ser más eficientes en la medida que indaguen igualmente sobre aspectos biológicos complementarios que se encuentren relacionados con las poblaciones naturales de *Ae. aegypti* presentes en ecosistemas endémicos. Estos pueden brindar información adicional sobre el insecto y su composición genética, hábitos comportamentales entre otros, que comúnmente no se tienen en cuenta en las políticas y lineamientos propuestos por las entidades gubernamentales para impactar la enfermedad en zonas con transmisión permanente.

Agradecimientos

Al Centro de Estudios e Investigación de Salud de la Fundación Santa Fe de Bogotá (CEIS-FSFB) y al Programa Especial para la Investigación y Entrenamiento en Enfermedades Tropicales (TDR) de la Organización Mundial de la Salud (OMS) por la financiación para el desarrollo de las encuestas entomológicas.

Referencias

Alcalá, L., Quintero, J., Gonzalez, C., & Brochero, H. (2014a). Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Díptera: Culicidae) en predios de Girardot, Colombia. Sometido a Rev Panam Salud Publica, Marzo 2014.

Alcala, L., Quintero, J., & Brochero, H. (2014b). ¿Contribuye el espacio público a la productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Díptera: Culicidae) en Girardot, Colombia? Sometido a Rev Biomédica, Abril 2014.

Alto, B. W., Reiskind, M. H., & Lounibos, L. P. (2008). Size alters susceptibility of vectors to dengue virus infection and dissemination. *Am J Trop Med Hyg*, 79(5), 688-695.

Arunachalam, N., Tana, S., Espino, F., Kittayapong, P., Abeyewickreme, W., Wai, K. T., Petzold, M. (2010). Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bull World Health Organ*, 88(3), 173-184.

Briegel, H., Hefti, M., & DiMarco, E. (2002). Lipid metabolism during sequential gonotrophic cycles in large and small female *Aedes aegypti*. *J Insect Physiol*, 48(5), 547-554.

Camacho, L., Díaz, M., & Valentín, E. (2006). Metodología para la Cuantificación y Caracterización de las Aguas Combinadas Urbanas – Caso Ciudad de Girardot. XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Asociación Caucana de Ingenieros. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Consultado de internet el 23 de Enero de 2012 de la página http://www.docentes.unal.edu.co/lacamachob/docs/A_MetCarAgCombUrb.pdf

Caprara, A., Lima, J. W., Marinho, A. C., Calvasina, P. G., Landim, L. P., & Sommerfeld, J. (2009). Irregular water supply, household usage and dengue: a bio-social study in the Brazilian Northeast. *Cad Saude Publica*, 25 Suppl 1, S125-136.

CAR. (2013). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Centro de Monitoreo Hidrológico y de Clima. Descargado de la página <http://www.car.gov.co/?idcategoria=12645>.

CDC. (1996). Centers for Disease Control and Prevention. Epi Info versión 6.04. [programa de computación]. Atlanta, GA. USA.

Crepeau, T. N., Healy, S. P., Bartlett-Healy, K., Unlu, I., Farajollahi, A., & Fonseca, D. M. (2013). Effects of Biogents Sentinel Trap field placement on capture rates of adult Asian tiger mosquitoes, *Aedes albopictus*. *PLoS One*, 8(3), e60524.

DANE. (2013). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Proyecciones de población 2005-2020. Consultado de internet el 25 de Febrero de 2013 en la página http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72.

De Benedictis, J., Chow-Shaffer, E., Costero, A., Clark, G. G., Edman, J. D., & Scott, T. W. (2003). Identification of the people from whom engorged *Aedes aegypti* took blood meals in Florida, Puerto Rico, using polymerase chain reaction-based DNA profiling. *Am J Trop Med Hyg*, 68(4), 437-446.

Focks, D., Villegas, E., Romero-Vivas, C. M., Midega, J., Bisset, J., Morrison, A., Arredondo-Jimenez, J. I. (2006). Multicountry study of *Aedes aegypti* pupal productivity survey methodology: findings and recommendations. Geneva: Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases. TDR/IRM, Den (06.1).

Hemme, R. R., Thomas, C. L., Chadee, D. D., & Severson, D. W. (2010). Influence of urban landscapes on population dynamics in a short-distance migrant mosquito: evidence for the dengue vector *Aedes aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis*, 4(3), e634.

Jirakanjanakit, N., Leemingsawat, S., Thongrunkiat, S., Apiwathnasorn, C., Singhaniyom, S., Bellec, C., & Dujardin, J. P. (2007). Influence of larval density or food variation on the geometry of the wing of *Aedes (Stegomyia) aegypti*. *Trop Med Int Health*, 12(11), 1354-1360.

Kroeger, A., Lenhart, A., Ochoa, M., Villegas, E., Levy, M., Alexander, N., & McCall, P. J. (2006). Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *BMJ*, 332(7552), 1247-1252.

Maciel-De-Freitas, R. (2010). A review on the ecological determinants of *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) vectorial capacity. *Oecologia Australis*, 14(3), 726-736.

Maciel-De-Freitas, R., Codeco, C. T., & Lourenco-De-Oliveira, R. (2007). Body size-associated survival and dispersal rates of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro. *Med Vet Entomol*, 21(3), 284-292.

Mohammed, A., & Chadee, D. D. (2011). Effects of different temperature regimens on the development of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Acta Trop*, 119(1), 38-43.

Morales Vargas, R. E., Ya-Umphun, P., Phumala-Morales, N., Komalamisra, N., & Dujardin, J. P. (2010). Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. *Infect Genet Evol*, 10(4), 580-585.

MPS/INS/OPS. (2011). Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión del dengue. Ministerio de la Protección Social. Instituto Nacional de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Colombia.

Nikon. (2010). Nikon Instruments Inc. NIS-Elements. [programa de computación]. Melville, NY. USA.

- Padilla, J., Rojas, D., & Sáenz, R. (2012). Dengue en Colombia: determinantes, epidemiología, estrategias de intervención y perspectivas.
- Padmanabha, H., Bolker, B., Lord, C. C., Rubio, C., & Lounibos, L. P. (2011). Food availability alters the effects of larval temperature on *Aedes aegypti* growth. *J Med Entomol*, 48(5), 974-984.
- Padmanabha, H., Durham, D., Correa, F., Diuk-Wasser, M., & Galvani, A. (2012). The interactive roles of *Aedes aegypti* super-production and human density in dengue transmission. *PLoS Negl Trop Dis*, 6(8), e1799.
- Rohlf, J. (2010a). Department of Ecology and Evolution, State University of New York. tpsDig versión 2.16. [programa de computación]. Disponible en <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.
- Rohlf, J. (2010b). Department of Ecology and Evolution, State University of New York. tpsRelative warps versión 1.49. [programa de computación]. Disponible en <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.
- Romero-Vivas, C. M., Llinas, H., & Falconar, A. K. (2007). Three calibration factors, applied to a rapid sweeping method, can accurately estimate *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) pupal numbers in large water-storage containers at all temperatures at which dengue virus transmission occurs. *J Med Entomol*, 44(6), 930-937.
- Rueda, L. M. (2004). Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera:Culicidae) associated with Dengue Virus Transmission. *ZOOTAXA*, 589, 1-60.
- Scott, T. W., Amerasinghe, P. H., Morrison, A. C., Lorenz, L. H., Clark, G. G., Strickman, D., Edman, J. D. (2000). Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *J Med Entomol*, 37(1), 89-101.
- SIVIGILA. (2013). Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Secretaría de Salud de Girardot. Unidad de Epidemiología.
- Suarez, M. F., & Nelson, M. (1981). Registro de altitud de *Aedes aegypti* en Colombia. *Biomedica*, 1(4).
- Troyo, A., Fuller, D. O., Calderon-Arguedas, O., & Beier, J. C. (2008). A geographical sampling method for surveys of mosquito larvae in an urban area using high-resolution satellite imagery. *J Vector Ecol*, 33(1), 1-7.

Tun-Lin, W., Burkot, T. R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med Vet Entomol*, 14(1), 31-37.

Vezzani, D., & Albicocco, A. P. (2009). The effect of shade on the container index and pupal productivity of the mosquitoes *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* breeding in artificial containers. *Med Vet Entomol*, 23(1), 78-84.

Watts, D. M., Burke, D. S., Harrison, B. A., Whitmire, R. E., & Nisalak, A. (1987). Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *Am J Trop Med Hyg*, 36(1), 143-152.

4. Discusión general

El dengue y la malaria son los principales eventos de vigilancia en salud pública en Colombia y el mundo (SIVIGILA, 2014; WHO, 2013a). El dengue es una enfermedad considerada urbana debido a la ecología y comportamiento de su principal vector, el mosquito *Aedes aegypti*, cuyas formas inmaduras utilizan principalmente recipientes con almacenamiento de aguas ubicados en los domicilios de la población humana (Powell & Tabachnick, 2013). El país presenta características geográficas, ambientales y sociales apropiadas para la transmisión por debajo de los 1.800 msnm donde se ubican asentamientos urbanos con poblaciones susceptibles a los diferentes serotipos virales que puede transmitir el vector (Padilla *et al*, 2012). Aunque se consideren áreas endémicas e hiperendémicas para la enfermedad, el dengue no respeta estratos sociales generando riesgo para todos los pobladores. *Ae. aegypti* es una especie con estrategia reproductiva r que se ha adaptado muy bien a los ambientes humanos y a los cambios derivados del calentamiento global (Rodriguez & De La Oz, 2005; Suarez & Nelson, 1981) por lo que la vigilancia entomológica es obligatoria con miras a orientar las estrategias de prevención, vigilancia y control (MPS/INS/OPS, 2011).

Sin una vacuna para prevenir el dengue y un diagnóstico clínico de tanta complejidad, todas las estrategias se dirigen hacia controlar el vector. El estudio de la productividad de *Ae. aegypti* en áreas endémicas (Favaro *et al.*, 2013; Wai *et al.*, 2012) y la estratificación del riesgo de contraer la enfermedad asociado a la presencia de pupas (Seng *et al.*, 2009), constituye un aporte fundamental para el conocimiento de la biología de las poblaciones naturales del insecto vector y la focalización de estrategias de intervención que permitan el uso eficiente de recursos y de costo/beneficio. A pesar de los continuos avances en el desarrollo de una vacuna que vislumbran un posible panorama que pudiera eliminar el dengue, la potencial aparición de un quinto serotipo del virus y la posibilidad de que *Ae. aegypti* transmita otros virus como el Chikungunya que todavía no hace presencia en Colombia pero ya ha sido reportado en el Caribe (OPS/OMS, 2014), determinan la importancia de la vigilancia entomológica para la especie. Además, los

años de vida perdidos por discapacidad que genera la enfermedad (Castro *et al.*, 2013) representan pérdidas económicas que podrían ser menores si las estrategias de prevención y control fueran oportunas, pero para esto es necesario invertir los pocos recursos de forma organizada y dirigirlos a impactar los factores que contribuyen con la dinámica de la enfermedad. Este escenario determina una aproximación transdisciplinaria, realizando trabajos sociales con las comunidades afectadas, contando con apoyo multisectorial que involucre entidades educativas, de desarrollo urbano, medios masivos de comunicación, tomadores de decisiones en políticas de desarrollo local, grupos de investigación, entre otros que no solamente correspondan a los encargados de salud. Se requieren políticas públicas para el control del dengue en concordancia con las características culturales, económicas, ecológicas, biológicas y demográficas de cada localidad.

En Asia, Africa, Centro y Sur América, existen estudios donde se analizó la productividad de pupas de *Ae. aegypti* en zonas endémicas teniendo en cuenta las temporadas de lluvia y sequía (Arunachalam *et al.*, 2010; Focks *et al.*, 2006), no obstante, en Colombia son escasas las investigaciones de este tipo y el campo ha sido poco explorado (González & Suarez, 1995; Padmanabha *et al.*, 2010; Romero-Vivas *et al.*, 2006). El conteo de pupas en nuestro país no es se realiza puesto que hace parte de la vigilancia entomológica rutinaria del país desde hace apenas 3 años, por esta razón, experiencias en zonas donde el dengue es prioridad fortalecen el entendimiento del comportamiento del vector y brindan información a las entidades de salud territoriales necesitadas de antecedentes nacionales, que impulsen la implementación de las metodologías que utilizan la cuantificación de pupas como indicador para el control de dengue en zonas endémicas. La estrategia metodológica llevada a cabo en Girardot, se realizó con un equipo de trabajo que durante años no tuvo en cuenta el conteo de pupas, puesto que tradicionalmente manejó la presencia/ausencia de larvas; por lo tanto sí es posible implementar la determinación de la productividad de pupas de *Ae. aegypti* como parte de los procesos rutinarios municipales (Pilger *et al.*, 2011).

La determinación de la productividad de *Ae. aegypti* abordada desde la perspectiva de los índices de pupa en varios conglomerados dentro de un mismo ambiente urbano, durante dos temporadas climáticas contrastantes, brinda información espacial y temporal vital para focalizar las estrategias de prevención y control. Dada la tendencia de *Ae.*

aegypti por permanecer en distintos ambientes dentro de una misma ciudad según su grado de urbanización (Rubio *et al.*, 2011), aunado a la asociación del riesgo de contraer dengue ante cambios ambientales de precipitación, humedad relativa y temperatura (Pham *et al.*, 2011); los índices pupales por conglomerados en una temporada de lluvias y otra de sequía ponen en evidencia valores sobresalientes que demuestran la existencia de focos de transmisión espacio-temporales, donde el contacto humano-vector es mayor y donde la comunidad puede encontrarse en mayor riesgo de adquirir la enfermedad (Seng *et al.*, 2009), además, investigaciones como las desarrolladas por Focks *et al* (2000) proponen los índices de pupa por persona y la temperatura como elementos que determinan la aparición de epidemias de dengue en zonas afectadas.

Es por esto que identificar los recipientes de donde provienen las pupas, constituye una herramienta que complementa las posibles estrategias focalizadas en los conglomerados donde la comunidad tiene más riesgo de enfermarse, dado que intervenir los criaderos que proporcionan la mayor cantidad de pupas reduce efectivamente la densidad de *Ae. aegypti* (Maciel-de-Freitas & Lourenco-de-Oliveira, 2011). Estudios multipaís (Focks *et al.*, 2006) han demostrado que los mayores porcentajes de pupas se generan en recipientes como tanques de 150-200L en Venezuela, recipientes abandonados en Cuba, canecas metálicas y llantas en Kenya, inservibles en Puerto Rico, jarras en Tailandia, y tanques bajos en Colombia, estos resultados evidencian que *Ae. aegypti* se adapta a los sitios de cría disponibles según las condiciones locales en cada región. El estudio en Colombia (Barranquilla) concuerda con los resultados hallados en Girardot, donde las albercas y tanques bajos, contribuyeron en mayor porcentaje a la productividad de las poblaciones naturales de *Ae. aegypti* durante las temporadas de lluvia y sequía, además, este hallazgo demuestra las mismas preferencias de cría en dos zonas distantes del territorio nacional, y por lo tanto, las estrategias en otras regiones del país deben referenciar este tipo de recipientes, siempre manteniendo la vigilancia entomológica en los otros criaderos potenciales que demostraron poseer condiciones necesarias para la proliferación del vector.

Así los recipientes de agua más productivos se hallan encontrado asociados a los predios, lo que confirma la antropofilia del vector (De Benedictis *et al.*, 2003), debe tenerse en cuenta que ante la aplicación de medidas de intervención fuertemente dirigidas hacia recipientes específicos, la selección de sitios de ovoposición puede

cambiar (Quiroz-Martinez *et al.*, 2012) y por lo tanto la producción de pupas puede desplazarse hacia recipientes de difícil control como las llantas, inservibles y sumideros de agua presentes principalmente en espacios públicos donde el manejo suele ser complicado (González *et al.*, 2007). Estos recipientes cuentan con las condiciones necesarias para la reproducción exitosa de *Ae. aegypti*, de este modo, políticas para la construcción o adecuación de sumideros que impidan la productividad para mosquitos; el trabajo focalizado hacia establecimientos públicos que generan llantas (talleres mecánicos por ejemplo) y el uso de éstas para otros propósitos, constituyen estrategias con miras a generar impacto en la densidad del vector.

De esta manera, el vector como característica innata de los seres vivos, se encuentra en constante adaptación al medio que lo rodea. Estudiar tales aspectos ha sido la meta de la comunidad científica que se interesa por fortalecer el conocimiento de todo lo relacionado con el mosquito, incluyendo los aspectos ecológicos que determinan su capacidad como vector (Maciel-De-Freitas, 2010), ya que el hecho de encontrar individuos de la misma especie en entornos variables y con diferencias biológicas, permite esperar distinta capacidad para transmitir el dengue. Por lo tanto, el tamaño del mosquito es un indicador de diferencias que pueden estar favoreciendo vectorialmente algunos individuos, y esto asociado a las productividades de algunos tipos de recipientes y sus características (Hammond *et al.*, 2007; Strickman & Kittayapong, 2003), se muestra como un proceso selectivo que jugaría un rol diferente en la dinámica de la transmisión del dengue en Girardot.

Conocer el tamaño del vector según el ambiente en que se reproduce, enriquece la información recolectada durante los levantamientos entomológicos rutinarios y tiene en cuenta aspectos asociados con el vector que el conteo de pupas no contempla, como la susceptibilidad a infectarse con el virus (Alto *et al.*, 2008), su sobrevivencia y dispersión (Maciel-De-Freitas *et al.*, 2007) o la alteración en la frecuencia de alimentación (Scott *et al.*, 2000). Esta información es relevante durante la vigilancia entomológica en la medida que puede demostrar la importancia de algunos recipientes que abordados desde la contribuciones relativas no son trascendentes, y que generarían mosquitos con mejor capacidad vectorial. Además, corrobora la influencia de los comportamientos humanos sobre la dinámica de transmisión del dengue dados dos aspectos: 1) la relación encontrada entre *Ae. aegypti* de menor tamaño y los recipientes con poca capacidad de

almacenamiento de agua ubicados en lugares con variaciones en la luz; y 2) las características de vaciamiento poco frecuente, falta de tapa, cantidad de agua almacenada y presencia de sedimento en los recipientes con pupas.

La variedad de elementos que confluyen alrededor de un fenómeno natural como la transmisión del dengue, implican el abordaje de la enfermedad desde las perspectivas ecológicas, biológicas y sociales. La adaptación de *Ae. aegypti* a diferentes condiciones humanas en un mismo espacio geográfico bajo climas adversos, demuestra la necesidad de realizar trabajos sociales específicos dentro de una misma ciudad. Como se ha evidenciado, las conductas y prácticas propias de los habitantes influyen directamente en la presencia del vector, por ejemplo, el almacenamiento de agua en tanques bajos (Quintero *et al.*, 2009), la ubicación y uso (Quintero *et al.*, 2014), o la presencia de tapas y el vaciamiento de agua sobre los recipientes (Padmanabha *et al.*, 2010), sin embargo la relación comportamiento humano-tamaño del vector ha sido poco abordada. Es difícil lograr cambios comportamentales en los habitantes respecto al control de criaderos, dado que dependen directamente de sus condiciones sociales como por ejemplo, los continuos cortes del servicio de agua en Girardot que dificultan desocupar o lavar los recipientes con agua en períodos inferiores a 7 días, lo que representa una pérdida económica para las familias (Aponte, 2006; Caprara *et al.*, 2009); también porque las entidades de salud locales a través del programa de vigilancia y control rutinario (MPS/INS/OPS, 2011), han sumergido en dependencia a las comunidades que esperan la visita del técnico de vectores que proporciona larvicidas para los depósitos de agua.

5.Aspectos éticos.

Para la realización de las inspecciones entomológicas en los predios, se contó con consentimientos informados firmados donde se explicó al jefe del hogar el alcance, beneficios y riesgos del estudio y sus resultados. El proyecto de investigación fue aprobado por Comité de Ética de la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza; así como por el Comité de Ética de la Fundación Santa Fe de Bogotá, Colombia.

6. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- ✓ La productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* en la ciudad de Girardot se encontró asociado directamente con los domicilios humanos y en recipientes específicos tipo alberca y tanques bajos.
- ✓ Los espacios públicos contribuyen a la productividad de las poblaciones naturales de *Aedes aegypti* en Girardot con tipos de recipientes diferentes a los encontrados en los predios, relación que puede ser evidenciada a través de los Índices Pupa Hectárea.
- ✓ La productividad de *Aedes aegypti* expresadas en los valores de los índices IPP e IPH por conglomerado durante los periodos de lluvia y sequía, demuestra que Girardot presenta áreas con producción permanente de *Aedes aegypti* durante todo el año con focos de proliferación del vector específicos.
- ✓ Las condiciones en que se encuentran los criaderos de *Aedes aegypti*, tales como el almacenamiento de agua en recipientes pequeños y la creación de espacios donde se regula la exposición a la luz solar de dichos recipientes, influyen en la producción de mosquitos de menor tamaño conocidos por poseer mejores condiciones como vectores de dengue.
- ✓ La mayor productividad de pupas de *Aedes aegypti* encontrada en las albercas, indica que este tipo de recipiente podría ser el más importante al momento de dirigir estrategias de control hacia recipientes específicos, sin embargo, el tamaño de los vectores provenientes de recipientes con baja productividad de pupas, indica que éstos poseen importancia epidemiológica que debe ser tomada en cuenta durante la toma de decisiones.

Recomendaciones

- ✓ Utilizar materiales impregnados con insecticida de larga duración para cubrir las albercas, acompañado de un trabajo social conjunto de instrucción acerca de su utilización, beneficios y riesgos sobre su uso.
- ✓ Profundizar en la inspección entomológica de tanques elevados y sumideros de agua lluvia, debido a que la mayoría no se pudieron revisar por su inaccesibilidad.
- ✓ Ampliar los conglomerados de investigación, para complementar la información aquí obtenida, preferiblemente por medio del trabajo rutinario realizado por la Secretaría de Salud Municipal de Girardot, ya que la metodología implementada demostró ser rápida y no requerir personal con educación superior para levantar la información.
- ✓ Debido a que se generó un banco de especímenes recolectados en campo, se sugiere la realización de estudios que sigan contribuyendo al conocimiento de la especie en Girardot, como serían estudios genético poblacionales importantes para conocer la estructura de las poblaciones naturales del vector y los niveles de dispersión de la especie, entre otras.

7.Resultados indirectos

La información morfométrica recolectada de las alas de *Aedes aegypti*, permite realizar análisis adicional sobre la forma de la población del vector.

Formación al grupo de técnicos de E.T.V en estimación de la cantidad de pupas a través de la metodología con malla entomológica, y en la inspección de espacios públicos en búsqueda de criaderos de *Aedes aegypti*.

Formación de una madre de familia sin experiencia, como supervisora en campo de la recolección de información entomológica en predios y espacios públicos, y procesos de laboratorio como cría y embalaje de pupas, larvas e identificación taxonómica de *Aedes aegypti*.

8. Bibliografía

Abe, M., McCall, P. J., Lenhart, A., Villegas, E., & Kroeger, A. (2005). The Buen Pastor cemetery in Trujillo, Venezuela: measuring dengue vector output from a public area. *Trop Med Int Health*, 10(6), 597-603.

Alcalá, L., Quintero, J., Gonzalez, C., & Brochero, H. (2014a). Productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Díptera: Culicidae) en predios de Girardot, Colombia. Sometido a *Rev Panam Salud Publica*, Marzo 2014.

Alcalá, L., Quintero, J., & Brochero, H. (2014b). ¿Contribuye el espacio público a la productividad del vector del dengue *Aedes aegypti* (L.) (Díptera, Culicidae) en Girardot, Colombia? Sometido a *Rev Biomédica*, Abril 2014.

Alto, B. W., Reiskind, M. H., & Lounibos, L. P. (2008). Size alters susceptibility of vectors to dengue virus infection and dissemination. *Am J Trop Med Hyg*, 79(5), 688-695.

Aponte, L. (2006). Conocimientos, actitudes y prácticas relacionadas con prevención y control de dengue presentes en la comunidad de Villavicencio, Colombia. *Orinoquia*, 10(001), 24-34.

Arunachalam, N., Tana, S., Espino, F., Kittayapong, P., Abeyewickreme, W., Wai, K. T., *et al.* (2010). Eco-bio-social determinants of dengue vector breeding: a multicountry study in urban and periurban Asia. *Bull World Health Organ*, 88(3), 173-184.

Back, A. T., & Lundkvist, A. (2013). Dengue viruses - an overview. *Infect Ecol Epidemiol*, 3.

Briegel, H., Hefti, M., & DiMarco, E. (2002). Lipid metabolism during sequential gonotrophic cycles in large and small female *Aedes aegypti*. *J Insect Physiol*, 48(5), 547-554.

Brochero, H., & Quinones, M. L. (2008). Challenges of the medical entomology for the surveillance in public health in Colombia: reflections on the state of malaria. *Biomédica*, 28(1), 18-24.

Camacho, L., Díaz, M., & Valentín, E. (2006). Metodología para la Cuantificación y Caracterización de las Aguas Combinadas Urbanas – Caso Ciudad de Girardot. XVII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Sociedad Colombiana de Ingenieros. Asociación Caucana de Ingenieros. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Consultado de internet el 23 de Enero de 2012 de la página http://www.docentes.unal.edu.co/lacamachob/docs/A_MetCarAgCombUrb.pdf

- Caprara, A., Lima, J. W., Marinho, A. C., Calvasina, P. G., Landim, L. P., & Sommerfeld, J. (2009). Irregular water supply, household usage and dengue: a bio-social study in the Brazilian Northeast. *Cad Saude Publica*, 25 Suppl 1, S125-136.
- CAR. (2013). Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Centro de Monitoreo Hidrológico y de Clima. Descargado de la página <http://www.car.gov.co/?idcategoria=12645>.
- Castro, R., Garcia, L., Mendieta, J., Galera, K., & Rueda, J. (2013). Costos del Dengue en Colombia (2010-2012). Facultad de Economía. Universidad de los Andes. Consultado el 31 de Marzo de 2014, 2014, de la página http://economia.uniandes.edu.co/investigaciones_y_publicaciones/CEDE/seminarios_cede/2013/Costos_del_Dengue_en_Colombia_2010-2012
- CDC. (1996). Centers for Disease Control and Prevention. Epi Info versión 6.04 . [programa de computación]. Atlanta, GA. USA.
- Crepeau, T. N., Healy, S. P., Bartlett-Healy, K., Unlu, I., Farajollahi, A., & Fonseca, D. M. (2013). Effects of Biogents Sentinel Trap field placement on capture rates of adult Asian tiger mosquitoes, *Aedes albopictus*. *PLoS One*, 8(3), e60524.
- Chow, E., Wirtz, R. A., & Scott, T. W. (1993). Identification of blood meals in *Aedes aegypti* by antibody sandwich enzyme-linked immunosorbent assay. *J Am Mosq Control Assoc*, 9(2), 196-205.
- DANE. (2013). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. Proyecciones de población 2005-2020. Consultado de internet el 25 de Febrero de 2013 en la página http://www.dane.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=75&Itemid=72.
- De Benedictis, J., Chow-Shaffer, E., Costero, A., Clark, G. G., Edman, J. D., & Scott, T. W. (2003). Identification of the people from whom engorged *Aedes aegypti* took blood meals in Florida, Puerto Rico, using polymerase chain reaction-based DNA profiling. *Am J Trop Med Hyg*, 68(4), 437-446.
- Fagbami, A. H. (1979). Zika virus infections in Nigeria: virological and seroepidemiological investigations in Oyo State. *J Hyg (Lond)*, 83(2), 213-219.
- Fagbami, A. H., Monath, T. P., & Fabiyi, A. (1977). Dengue virus infections in Nigeria: a survey for antibodies in monkeys and humans. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 71(1), 60-65.
- Favaro, E.A., Dibo, M. R., Pereira, M. C., Ana P., Antonio L., & Chiaravalloti-Neto, F. (2013). *Aedes aegypti* entomological indices in an endemic area for dengue in Sao Paulo State, Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 47, 588-597.
- Focks, D., Villegas, E., Romero-Vivas, C. M., Midega, J., Bisset, J., Morrison, A., *et al.* (2006). Multicountry study of *Aedes aegypti* pupal productivity survey methodology: findings and

recommendations. Geneva: Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases. TDR/IRM, Den (06.1).

Focks, DA. (2003). A review of entomological sampling methods and indicators for dengue vectors. Geneva: World Health Organization; (Document WHO/TDR/IDE/Den/03.1).

Focks, D. A., Brenner, R. J., Hayes, J., & Daniels, E. (2000). Transmission thresholds for dengue in terms of *Aedes aegypti* pupae per person with discussion of their utility in source reduction efforts. *Am J Trop Med Hyg*, 62(1), 11-18.

Focks, D. A., & Chadee, D. D. (1997). Pupal survey: an epidemiologically significant surveillance method for *Aedes aegypti*: an example using data from Trinidad. *Am J Trop Med Hyg*, 56(2), 159-167.

Girardot. (2012). Girardot tiene con que! Sitio web oficial del municipio de Girardot en Cundinamarca. Consultado en Internet el 23 de Enero de 2012 en la página <http://girardot-cundinamarca.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mlxx-1-&m=f>.

González, R., Gamboa, F., Perafán, O., Suárez, M. F., & Montoya, J. (2007). Experiencia de un análisis entomológico de criaderos de *Aedes aegypti* y *Culex quinquefasciatus* en Cali, Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 33, 148-156.

González, R., & Suarez, MF. (1995). Sewers: The principal *Aedes aegypti* breeding sites in Cali, Colombia. *Am J Trop Med Hyg*, 53(160).

Guagliardo, S., Rinaldi, P, Jones, B, Morrison, A., Astete, H., Kitron, U., & Vazquez-Prokopec, G. M. (2011). Quantifying the contribution of public spaces for exposure risk to *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. 60th Annual Meeting. The American Society of Tropical Medicine and Hygiene. Philadelphia, PA USA., LB-2129.

Hammond, S. N., Gordon, A. L., Lugo Edel, C., Moreno, G., Kuan, G. M., Lopez, M. M., *et al.*, (2007). Characterization of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) production sites in urban Nicaragua. *J Med Entomol*, 44(5), 851-860.

Hemme, R. R., Thomas, C. L., Chadee, D. D., & Severson, D. W. (2010). Influence of urban landscapes on population dynamics in a short-distance migrant mosquito: evidence for the dengue vector *Aedes aegypti*. *PLoS Negl Trop Dis*, 4(3), e634.

IBM. (2011). IBM Corp. SPSS Statistics para Windows [programa de computación]. Versión 20.0. Armonk, NY.

INS (Producer). (2010). Guía de atención clínica integral del paciente con dengue. Instituto Nacional de Salud. Retrieved from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/index.html>

- INS. (2011). Instituto Nacional de Salud. Boletín Epidemiológico Semanal número 52. Colombia. Retrieved 29 de Noviembre, 2013, from <http://www.ins.gov.co/boletin-epidemiologico/Paginas/default.aspx>
- INS. (2013). El dengue en Colombia. Instituto Nacional de Salud. Consultado de internet el 30 de Noviembre de 2013 de la página <http://www.ins.gov.co/temas-de-interes/Paginas/dengue.aspx>.
- Jirakanjanakit, N., Leemingsawat, S., Thongrunkiat, S., Apiwathnasorn, C., Singhanियom, S., Bellec, C., & Dujardin, J. P. (2007). Influence of larval density or food variation on the geometry of the wing of *Aedes (Stegomyia) aegypti*. *Trop Med Int Health*, 12(11), 1354-1360.
- Kato, F., Ishida, Y., Kawagishi, T., Kobayashi, T., Hishiki, T., Miura, T., & Igarashi, T. (2013). Natural infection of cynomolgus monkeys with dengue virus occurs in epidemic cycles in the Philippines. *J Gen Virol*, 94(Pt 10), 2202-2207.
- Kittayapong, P., Thongyuan, S., Olanratmanee, P., Aumchareoun, W., Koyadun, S., Kittayapong, R., & Butraporn, P. (2012). Application of eco-friendly tools and eco-bio-social strategies to control dengue vectors in urban and peri-urban settings in Thailand. *Pathog Glob Health*, 106(8), 446-454.
- Koenraadt, C. J., Aldstadt, J., Kijchalao, U., Sithiprasasna, R., Getis, A., Jones, J. W., & Scott, T. W. (2008). Spatial and temporal patterns in pupal and adult production of the dengue vector *Aedes aegypti* in Kamphaeng Phet, Thailand. *Am J Trop Med Hyg*, 79(2), 230-238.
- Kroeger, A., Lenhart, A., Ochoa, M., Villegas, E., Levy, M., Alexander, N., & McCall, P. J. (2006). Effective control of dengue vectors with curtains and water container covers treated with insecticide in Mexico and Venezuela: cluster randomised trials. *BMJ*, 332(7552), 1247-1252.
- Lenhart, A. E., Castillo, C. E., Oviedo, M., & Villegas, E. (2006). Use of the pupal/demographic-survey technique to identify the epidemiologically important types of containers producing *Aedes aegypti* (L.) in a dengue-endemic area of Venezuela. *Ann Trop Med Parasitol*, 100 Suppl 1, S53-S59.
- Maciel-de-Freitas, R., & Lourenco-de-Oliveira, R. (2011). Does targeting key-containers effectively reduce *Aedes aegypti* population density? *Trop Med Int Health*.
- Maciel-De-Freitas, R. (2010). A review on the ecological determinants of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vectorial capacity. *Oecologia Australis*, 14(3), 726-736.
- Maciel-De-Freitas, R., Codeco, C. T., & Lourenco-De-Oliveira, R. (2007). Body size-associated survival and dispersal rates of *Aedes aegypti* in Rio de Janeiro. *Med Vet Entomol*, 21(3), 284-292.
- Maciel-de-Freitas, R., Marques, W. A., Peres, R. C., Cunha, S. P., & de Oliveira, R. L. (2007). Variation in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) container productivity in a slum and a suburban district of Rio de Janeiro during dry and wet seasons. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 102(4), 489-496.

Mangudo, C., Aparicio, J. P., & Gleiser, R. M. (2011). Tree holes as larval habitats for *Aedes aegypti* in public areas in Aguaray, Salta province, Argentina. *J Vector Ecol*, 36(1), 227-230.

Mohammed, A., & Chadee, D. D. (2011). Effects of different temperature regimens on the development of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) mosquitoes. *Acta Trop*, 119(1), 38-43.

Morales, C. A., Cuadros, M. E., Orobio, E., & Vargas, H. (2011). Programa de control del dengue en Cali, 1998-2010, logros y retos. *Biomedica*, 3, 23-205.

Morales Vargas, R. E., Ya-Umphon, P., Phumala-Morales, N., Komalamisra, N., & Dujardin, J. P. (2010). Climate associated size and shape changes in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) populations from Thailand. *Infect Genet Evol*, 10(4), 580-585

MPS/INS/OPS. (2011). Gestión para la vigilancia entomológica y control de la transmisión del dengue. Ministerio de la Protección Social. Instituto Nacional de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Colombia.

Nikon. (2010). Nikon Instruments Inc. NIS-Elements. [programa de computación]. Melville, NY. USA.

OPS. (2014). Número de casos reportados de dengue y dengue severo en las Américas Consultado el 10 de Abril, 2014, de la página http://new.paho.org/hq/index.php?option=com_content&task=view&id=4494&Itemid=2481.

OPS/OMS. (2010). Dengue: Guías para el diagnóstico, tratamiento, prevención y control. Vol. WHO/HTM/NTD/DEN/2009.1. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud

OPS/OMS. (2014). Alerta epidemiológica. Fiebre por Chikungunya. Organización Panamericana de la Salud/Organización mundial de la Salud. Consultado el 11 de Marzo, 2014, de la página http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=23807&Itemid

Padilla, J., Rojas, D., & Sáenz, R. (2012). Dengue en Colombia: determinantes, epidemiología, estrategias de intervención y perspectivas.

Padmanabha, H., Durham, D., Correa, F., Diuk-Wasser, M., & Galvani, A. (2012). The interactive roles of *Aedes aegypti* super-production and human density in dengue transmission. *PLoS Negl Trop Dis*, 6(8), e1799.

Padmanabha, H., Bolker, B., Lord, C. C., Rubio, C., & Lounibos, L. P. (2011). Food availability alters the effects of larval temperature on *Aedes aegypti* growth. *J Med Entomol*, 48(5), 974-984.

Padmanabha, H., Soto, E., Mosquera, M., Lord, C. C., & Lounibos, L. P. (2010). Ecological links between water storage behaviors and *Aedes aegypti* production: implications for dengue vector control in variable climates. *Ecohealth*, 7(1), 78-90.

- Pham, H. V., Doan, H. T., Phan, T. T., & Minh, N. N. (2011). Ecological factors associated with dengue fever in a Central Highlands province, Vietnam. *BMC Infect Dis*, 11, 172.
- Pilger, D., Lenhart, A., Manrique-Saide, P., Siqueira, J. B., da Rocha, W. T., & Kroeger, A. (2011). Is routine dengue vector surveillance in central Brazil able to accurately monitor the *Aedes aegypti* population? Results from a pupal productivity survey. *Trop Med Int Health*, 16(9), 1143-1150.
- Powell, J. R., & Tabachnick, W. J. (2013). History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 108 Suppl 1, 11-17.
- Quintero, J., Brochero, H., Manrique-Saide, P., Barrera-Perez, M., Basso, C., Romero, S., *et al.*, (2014). Ecological, biological and social dimensions of dengue vector breeding in five urban settings of Latin America: a multi-country study. *BMC Infect Dis*, 14, 38.
- Quintero, J., Carrasquilla, G., Suarez, R., Gonzalez, C., & Olano, V. A. (2009). An ecosystemic approach to evaluating ecological, socioeconomic and group dynamics affecting the prevalence of *Aedes aegypti* in two Colombian towns. *Cad Saude Publica*, 25 Suppl 1, S93-103.
- Quiroz-Martinez, H., Garza-Rodriguez, M. I., Trujillo-Gonzalez, M. I., Zepeda-Cavazos, I. G., Siller-Aguillon, I., Martinez-Perales, J. F., & Rodriguez-Castro, V. A. (2012). Selection of oviposition sites by female *Aedes aegypti* exposed to two larvicides. *J Am Mosq Control Assoc*, 28(1), 47-49.
- Rodriguez, H., & De La Oz, F. (2005). Dengue and dengue and vector behaviour in Cáqueza, Colombia. *Rev. salud pública*, 7(1), 1-15.
- Rohlf, J. (2010a). Department of Ecology and Evolution, State University of New York. tpsDig versión 2.16. [programa de computación]. Disponible en <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.
- Rohlf, J. (2010b). Department of Ecology and Evolution, State University of New York. tpsRelative warps versión 1.49. [programa de computación]. Disponible en <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>.
- Romero-Vivas, C. M., Arango-Padilla, P., & Falconar, A. K. (2006). Pupal-productivity surveys to identify the key container habitats of *Aedes aegypti* (L.) in Barranquilla, the principal seaport of Colombia. *Ann Trop Med Parasitol*, 100 Suppl 1, S87-S95.
- Romero-Vivas, C. M., Llinas, H., & Falconar, A. K. (2007). Three calibration factors, applied to a rapid sweeping method, can accurately estimate *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) pupal numbers in large water-storage containers at all temperatures at which dengue virus transmission occurs. *J Med Entomol*, 44(6), 930-937.
- Rueda, L. M. (2004). Pictorial keys for the identification of mosquitoes (Diptera: Culicidae) associated with Dengue Virus Transmission. *ZOOTAXA*, 589, 1-60.

- Rueda, L. M., Patel, K. J., Axtell, R. C., & Stinner, R. E. (1990). Temperature-dependent development and survival rates of *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*, 27(5), 892-898.
- Saifur, R. G., Dieng, H., Hassan, A. A., Salmah, M. R., Satho, T., Miake, F., & Hamdan, A. (2012). Changing domesticity of *Aedes aegypti* in northern peninsular Malaysia: reproductive consequences and potential epidemiological implications. *PLoS One*, 7(2), e30919.
- Scott, T. W., Amerasinghe, P. H., Morrison, A. C., Lorenz, L. H., Clark, G. G., Strickman, D., *et al.* (2000). Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *J Med Entomol*, 37(1), 89-101.
- Seng, C. M., Setha, T., Nealon, J., & Socheat, D. (2009). Pupal sampling for *Aedes aegypti* (L.) surveillance and potential stratification of dengue high-risk areas in Cambodia. *Trop Med Int Health*, 14(10), 1233-1240. doi: TMI2368 [pii]
- SIVIGILA. (2013). Sistema de Vigilancia Epidemiológica. Secretaría de Salud de Girardot. Unidad de Epidemiología.
- SIVIGILA. (2014). Vigilancia rutinaria. Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública. Instituto Nacional de Salud. Consultado el 11 de Marzo, 2014, de la página <http://www.ins.gov.co/lineas-de-accion/Subdireccion-Vigilancia/sivigila/Paginas/vigilancia-rutinaria.aspx>
- Strickman, D., & Kittayapong, P. (2003). Dengue and its vectors in Thailand: calculated transmission risk from total pupal counts of *Aedes aegypti* and association of wing-length measurements with aspects of the larval habitat. *Am J Trop Med Hyg*, 68(2), 209-217.
- Suarez, M. F., & Nelson, M. (1981). Registro de altitud de *Aedes aegypti* en Colombia. *Biomedica*, 1(4).
- Suarez, R., Gonzalez, C., Carrasquilla, G., & Quintero, J. (2009). An ecosystem perspective in the socio-cultural evaluation of dengue in two Colombian towns. *Cad Saude Publica*, 25 Suppl 1, S104-114.
- Tinker, M. (1982). Clave práctica para las larvas de mosquitos neotropicales en recipiente. Bogotá, D.C: Instituto Nacional de Salud, p.1-15.
- Troyo, A., Fuller, D. O., Calderon-Arguedas, O., & Beier, J. C. (2008). A geographical sampling method for surveys of mosquito larvae in an urban area using high-resolution satellite imagery. *J Vector Ecol*, 33(1), 1-7.
- Tun-Lin, W., Burkot, T. R., & Kay, B. H. (2000). Effects of temperature and larval diet on development rates and survival of the dengue vector *Aedes aegypti* in north Queensland, Australia. *Med Vet Entomol*, 14(1), 31-37.

- Tun-Lin, W., Lenhart, A., Nam, V. S., Rebollar-Tellez, E., Morrison, A. C., Barbazan, P., *et al.* (2009). Reducing costs and operational constraints of dengue vector control by targeting productive breeding places: a multi-country non-inferiority cluster randomized trial. *Trop Med Int Health*, 14(9), 1143-1153.
- Vezzani, D., & Albicocco, A. P. (2009). The effect of shade on the container index and pupal productivity of the mosquitoes *Aedes aegypti* and *Culex pipiens* breeding in artificial containers. *Med Vet Entomol*, 23(1), 78-84.
- Vezzani, D., Velazquez, S. M., & Schweigmann, N. (2004). Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires City, Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 99(4), 351-356.
- Vezzani, D., & Schweigmann, N. (2002). Suitability of containers from different sources as breeding sites of *Aedes aegypti* (L.) in a cemetery of Buenos Aires City, Argentina. *Mem Inst Oswaldo Cruz*, 97(6), 789-792.
- Wai, K. T., Arunachalam, N., Tana, S., Espino, F., Kittayapong, P., Abeyewickreme, W., *et al.*, (2012). Estimating dengue vector abundance in the wet and dry season: implications for targeted vector control in urban and peri-urban Asia. *Pathog Glob Health*, 106(8), 436-445.
- Watts, D. M., Burke, D. S., Harrison, B. A., Whitmire, R. E., & Nisalak, A. (1987). Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *Am J Trop Med Hyg*, 36(1), 143-152.
- Wee, L. K., Weng, S. N., Raduan, N., Wah, S. K., Ming, W. H., Shi, C. H., *et al.* (2013). Relationship between rainfall and *Aedes* larval population at two insular sites in Pulau Ketam, Selangor, Malaysia. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*, 44(2), 157-166.
- WHO (2013a). Vector-borne disease. World Health Organization. Health and Environment Linkages Initiative. HELI Consultado el 31 de Marzo, 2014, de la página <http://www.who.int/heli/risks/vectors/vector/en/>
- WHO (2013b). World Health Organization. Consultado el 30 de Noviembre, 2013, de la página <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/es/index.html>