



# Estudio observacional de la fluctuación espacial y temporal de *Aedes aegypti* en el área metropolitana de Guadalajara, México

Candelario-Mejía G<sup>a,b</sup>, Rodríguez-Rivas A<sup>c</sup>, Muñoz-Urias A<sup>d</sup>, González-Carcamo Jg<sup>e</sup>, Candelario-Valencia A<sup>b,f</sup>, Mosso-González C<sup>f</sup>, Duran-Ferman P<sup>g</sup>, Jareth-Marco CB<sup>b</sup>, Cruz-Bastida JS<sup>b</sup>, Ramírez-García SA<sup>f</sup>

## Resumen

### Introducción

El dengue es una enfermedad emergente en México, transmitida por el mosquito vector *Aedes aegypti*. Para conocer las bases biológicas y moleculares de la enfermedad así como sus variaciones espaciales y temporales se utilizan estudios de ecología de poblaciones. Como objetivo principal se estableció el estimar las fluctuaciones espacio temporales de *Aedes aegypti*, durante el periodo 2011 y 2012; en la zona metropolitana de Guadalajara, considerando factores abióticos como la abundancia como variable de respuesta, y sitios, meses, años, temperatura, humedad relativa y precipitación pluvial.

### Material y Métodos

Estudio ecológico, observacional descriptivo, ambispectivo. Muestreo de 8 sitios *Aedes aegypti* inmaduros, en la zona metropolitana de Guadalajara, México, mediante el método de ovitrampas; de los cuales dos sitios fueron domésticos, dos no domésticos y cuatro peridomésticos. El análisis estadístico se basó en la generación de una matriz, para la determinación de diferencias se utilizó un análisis de devianza, utilizando el programa GLIM 3.77.

### Resultados

Entre mayo y septiembre de 2011 y 2012, hubo heterogeneidad significativa en abundancia promedio de inmaduros por ovitrampa ( $p < 2.2e-16$ ), con respecto a cada sitio, mes y año. Así como interacciones significativas ( $p < 2.2e-16$ ) entre sitio: mes/sitio/año; mes/año y sitio/mes/año, con respecto a la abundancia. Las mayores abundancias de *Aedes aegypti*, se presentaron a nivel domiciliario; San Rafael (52.41) y Tlaquepaque (31.18), las cuales se redujeron a nivel peridoméstico, con respecto a la vivienda más cercana en el siguiente orden: Federalismo 23.10 Mt (1.59), Monterrey 26.56 Mt (1.37), la Estancia 31.68 Mt (0.73) y la Solidaridad 201.13 Mt (0). Durante 12 meses consecutivos la distribución en abundancia de inmaduros de este vector, fue mayor en mayo (30.98); diciembre, enero y febrero tuvieron presencia (0). En marzo se presentaron los primeros registros (4.73). La temperatura media mínima durante el periodo más caluroso mayo-septiembre, (17.7°C) fue la variable local con mayor devianza (0.0647  $p < 2e-16$ ).

### Discusión

Se presenta el primer estudio en el Occidente de México que presenta la variación espacial y temporal de *Aedes aegypti*.

**Palabras clave:** Dengue, ecosistemas urbanos, ovitrampas ambientales, sitios domésticos inmaduros, sitios peridomésticos.

- a. Programa de Doctorado en Ecofisiología Vegetal y Recursos Genéticos, Centro Universitario de Ciencias Biológicas Agropecuarias (CUCBA) de la Benemérita Universidad de Guadalajara.
- b. Grupo Multidisciplinario para el Estudio Integral de las Enfermedades Metabólicas e Infecciosas en población Mexicana, Programa de Incorporación a la Investigación Temprana en Ciencias Biomédicas y Sociales.
- c. Profesor-Investigador, Departamento de Madera, Celulosa y Papel. Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías de la Benemérita Universidad de Guadalajara.
- d. Profesor-Investigador, Departamento de Ecología, CUCBA, de la Benemérita Universidad de Guadalajara.
- e. Licenciatura en Biología, CUCBA, Benemérita Universidad de Guadalajara.
- f. Licenciatura de Médico Cirujano y Partero, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Benemérita Universidad de Guadalajara.
- g. Profesor-Investigador, Programa de Maestría en Salud Pública, Universidad de la Sierra Sur, Sistema de Universidades Estatales del Estado de Oaxaca (SUNEO).

#### Autor para correspondencia

Dr. en C. Sergio Alberto Ramírez García, Profesor Investigador Titular B, de la Universidad de la Sierra Sur. Sistema Nacional de Investigadores Nivel C, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Calle Guillermo Rojas Mijangos S/N, Esq. Av. Universidad Col. Ciudad Universitaria, Miahuatlán de Porfirio Díaz, Oax., México C.P. 70800. Tel: 01 (951) 57 31 41 00. Contacto al correo electrónico: sergio7genetica@hotmail.com.

# Spatial and temporal fluctuation observational study of *Aedes aegypti* in the metropolitan area of Guadalajara, Mexico

## Abstract

### Introduction.

One of the main emerging diseases in the Mexico is the Dengue fever, mosquito-borne genus *Aedes aegypti*. The most important challenges in the public health policies is knowing the biological and molecular bases of the disease; there is a support through ecological studies in the populations. The transmitter vector of the virus dengue may present spatial and temporal variations, this sort of studies are in Mexico. To estimate the spatial and temporal fluctuations of the *Aedes Aegypti*, during 2011 and 2012; within the metropolitan area in Guadalajara and considering the abiotic local variables such as abundance as a response variable and the locations, months, years, temperature, relative humidity, as well as rainfall.

### Material y Methods.

A descriptive observational study. 8 Locations were sampled with immature *Aedes aegypti*, through the method of ovitraps which were distributed in 4 municipalities of Guadalajara. From 5 of these places (San Rafael, Agua Azul, Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Federalismo and Monterrey), the first one is considered domestic (adjacent to the address), the second and third considered non domestic, but with the variable presence and transit of people; the last two considered per domestic (distant from the nearest house, Federalismo 22.1 m. and Monterrey 26.56 m. All of them located in Guadalajara. Also, the municipality of Tonalá (Peridomestic 201.13 m.) and La Estancia in the municipality of Zapopan (31.68 m) The results were validated by the statistical tests with the program GLIM 3.77.

### Results.

. Between May and September of 2011 and 2012, there were significant heterogeneity in average abundance of immature by ovitrap ( $p < 2.2e-16$ ) regarding the location, month and year. As well as significant interactions ( $p < 2.2e-16$ ) amongst location: month/location/year; month/year and location/month/year, in matters of abundance. The highest amounts of *Aedes aegypti* abundance, were shown in housings: San Rafael (52.41) and Tlaquepaque (31.18), in which abundance was reduced at peridomestic level from the nearest housing as follows: Federalismo 23.10 m (1.59), Monterrey 26.56 m. (1.37), La Estancia 31.68 m. (0.73) and La Solidaridad 201.13 m. (0). During the 12 consecutive months the distribution in abundance of immature in the vector was highest in May (30.98); December, January and February had (0) presence. In March there were the first records (4.73). The mean temperature during the hottest period (May-September, 17.7°C) was the local variable with greater deviation (0.0647  $p < 2e-16$ ).

### Discussion.

This is the first western study in Mexico presenting the Spatial and temporal variation of *Aedes aegypti*.

**Key Words:** Dengue, environmental ovitraps, immature domestic locations, peridomestic sites, urban ecosystems.

## Glosario y abreviaciones

**Biocenosis:** Conjunto de organismos de todas las especies que coexisten en un espacio definido llamado biotopo, que ofrece las condiciones ambientales necesarias para su supervivencia.

**Biotopo:** Área de condiciones ambientales uniformes que provee espacio vital a un conjunto de flora y fauna.

**Doméstico:** Referente a casa o domicilio.

**Ovitrapa:** Son trampas sencillas utilizadas en las áreas urbanas para la vigilancia de moscos, basados en las necesidades de hembras grávidas de los mosquitos de procurar sitios con agua para desovar y colocar sus huevos.

**Peridoméstico:** Cercano a los domicilios o casas, alrededor de las casas o domicilios, circundante a los domicilios.

**Variable abiótica:** Variable factor que no tiene vida, inanimado, puede ser físico, químico, que no forma parte o no es producto de los seres vivos como los factores inertes: climático, geológico o geográfico.

**Vector:** Es un mecanismo, generalmente un ser vivo, que transmite un agente infeccioso desde los individuos afectados a otros que aún no portan este, por ejemplo los mosquitos.

**ZMG:** Zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México.

## Introducción

El dengue es la enfermedad viral más importante a nivel mundial en términos de morbilidad, mortalidad y afectación económica,<sup>1-3</sup> la cual es transmitida por mosquitos, de manera particular por *Aedes aegypti*.<sup>4-5</sup> En América Latina se ha producido un incremento progresivo de casos de dengue durante las tres últimas décadas.<sup>6</sup> La OMS coloca a México en el quinto lugar de incidencia.<sup>7</sup> En México, *Ae aegypti*, reingresó a finales de los años setenta, extendiéndose por todo el país.<sup>8</sup> En 1947, la Oficina Sanitaria Panamericana tomó a su cargo las campañas de erradicación de

*Ae. aegypti* en las Américas. En diciembre de 1963, 17 países y territorios del continente americano certificaron su erradicación, sin embargo en la década de 1970 el apoyo a los planes de vigilancia y control disminuyó de modo que hacia finales de la misma, numerosos países habían sido recolonizados por *Ae. aegypti*.<sup>9</sup>

Asimismo en octubre de 2007, los países de las Américas representados en la 27 conferencia sanitaria panamericana, alertan sobre la presencia de factores condicionantes de la transmisión como: la pobreza, crecimiento y hacinamiento poblacional y urbanización no controlada ni planificada,<sup>1,10-12</sup> factores o aspectos que se presentan en diversas ciudades, entendiendo estas como parte integrante de un ecosistema, es decir el ecosistema urbano.<sup>13</sup>

*Ae. aegypti*, se caracteriza por una alta plasticidad ecológica al utilizar como criaderos una amplia gama de recipientes artificiales,<sup>14</sup> así como diversos sitios naturales.<sup>15-16</sup> Es un mosquito asociado al ámbito urbano vinculado en forma estrecha con la vivienda, puede desplazarse y vivir en el peridomicilio.<sup>17-19</sup>

La variabilidad de algunos factores abióticos, así como las particularidades de cada localidad determinan el periodo de vida e influyen en la variabilidad biológica de *Ae. aegypti*. La Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2002, para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector, reconoce la necesidad de efectuar investigación esencial, con particular atención en factores de riesgo.<sup>20-25</sup>

Por su parte la Zona Metropolitana de Guadalajara Jalisco (ZMG), no se encuentra exenta de los contrastes que existen en el resto del país y así como existen áreas de pleno confort, también se encuentran otros en los que impera la desigualdad y la pobreza.<sup>26</sup> El presente trabajo tiene como objetivo; estimar las fluctuaciones espacio temporal de *Ae. aegypti*, durante 2011 y 2012; en un contexto urbano como lo es, la ZMG; considerando algunas variables locales de carácter abiótico.

## Materiales y métodos

Se trata de un trabajo observacional descriptivo ambispectivo, realizado en la ZMG, la cual se ubica en el centro del estado de Jalisco; a 20°46'00" latitud norte, y 20°32'08" latitud sur; a una altitud promedio de 1,540 msnm. Comprende áreas de los municipios de Guadalajara, Tlaquepaque, Tonalá y Zapopan, así como sus Cabeceras Municipales.<sup>27</sup> Otros municipios como: Tlajomulco de Zúñiga, El Salto, Juanacatlán, Ixtlahuacán de los Membrillos, comparten en conjunto con los ya citados una constante conurbación.

La Zona Metropolitana de Guadalajara tiene 4.434.878 habitantes y se estima que en el año, 2013, ascendió a 4.641.511 distribuidos en los ocho municipios ya señalados, es decir en una superficie de 2.734 km<sup>2</sup>, esta cantidad arroja una densidad poblacional de 1,622 habitantes por km<sup>2</sup>, siendo Guadalajara el municipio más poblado con cerca de 1.5 millones.<sup>26</sup>

Este trabajo abarcó el periodo comprendido entre mayo de 2011 a octubre de 2012, dividiendo dicho periodo para su mejor análisis en uno que comprendió de mayo a septiembre

de 2011 y 2012; lo anterior por presentar las temperaturas y precipitaciones más altas del año. Otro que abarcó de forma consecutiva de septiembre de 2011 hasta agosto de 2012. Comprendiendo muestreos de inmaduros de *Ae. aegypti* (huevos, larvas y pupas), debido a su utilidad cuando se trata de pronosticar el tamaño potencial de poblaciones de mosquitos, aún cuando la densidad de la población sea baja.<sup>27</sup> Para el muestreo se utilizaron 16 ovitrampas formando un polígono y distribuidas en pares en 8 sitios (Figura 1), considerados áreas verdes (Reglamento de Parques, Jardines, y Recursos Forestales para el Municipio de Guadalajara, 2001), cinco de estos sitios (San Rafael, Agua azul, CUCS, Federalismo y Monterrey), el primero considerado doméstico (adjunto al domicilio), el segundo y tercero considerados no domésticos, es decir; no viviendas, pero con flujo y presencia variable de personas; y dos más considerados peridomésticos (alejados de viviendas en este caso Federalismo 23.10 Mt, Monterrey 26.56 Mt), localizados todos en el municipio de Guadalajara. Así también se consideraron 3 sitios más, localizados uno en el municipio de Tlaquepaque (doméstico), La Solidaridad en el municipio de Tonalá (peridoméstico 201.13 Mt) y la Estancia en el municipio de Zapopan (peridoméstico 31.68 Mt). Los sitios fueron seleccionados al azar. No se consideraron aspectos de carácter sociocultural ni socioeconómico, únicamente la fluctuación espacio temporal a partir de abundancia de inmaduros de este vector, considerando como variables locales abióticas a la temperatura, la humedad relativa, la precipitación pluvial, así como los sitios, meses y años; asimismo la variable biótica considerada, fue la conducta de dispersión del vector, durante 2011 y 2012. Dichos muestreos se realizaron con una frecuencia de dos a cuatro veces por mes, por sitio. Colocando cada par de ovitrampas de manera adjunta y alejada de las viviendas, registrando la distancia mediante el uso de un distanciómetro (Disto-D5 by Leica Geosystems®).

Las ovitrampas consistieron en frascos de plástico

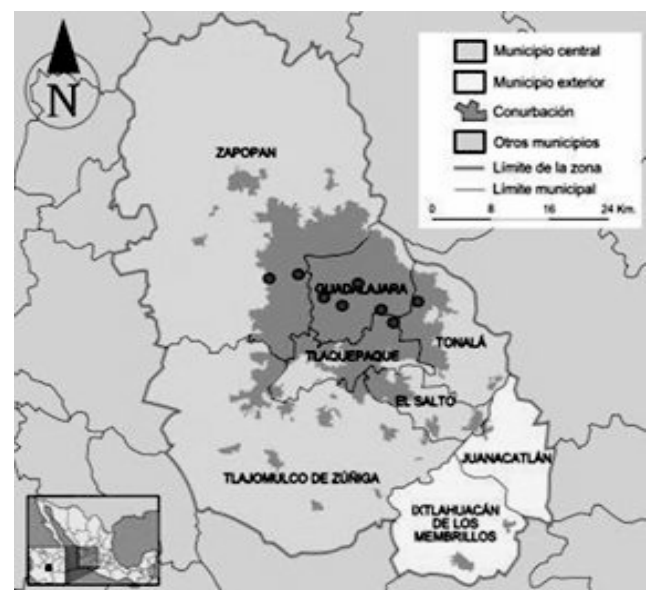


Figura 1. Sitios de Muestreo (Ubicación geográfica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Fuente: modificada de; SEMARNAP/SS/GEJ 1997).

transparentes y no transparentes (11 cm de diámetro x 14 cm de alto), donde en el interior de cada ovitrampa se colocó un abate lengua de madera (13 cm de largo, 2 cm de ancho y 0,1 cm de espesor), dispuesto verticalmente junto a la pared del recipiente y sujeto con un clip, con la finalidad que sea el área de ovipostura. A cada ovitrampa se le colocaron 250 ml de agua de garrafón al momento de ser colocadas en el sitio de muestreo.<sup>28</sup>

El reemplazo de las ovitrampas por otras nuevas, se realizó en cada visita al sitio con la frecuencia mencionada, controlando la presencia y niveles de agua en campo para efectos positivos principalmente de ovipostura, eclosión de huevos y formación de pupas. La variable evaluada fue la abundancia de inmaduros.

### Revisión y análisis de inmaduros

Todo el material colectado en el reemplazo (ovitrampas) fue tapado y llevado al laboratorio de Entomología del Instituto de Madera Celulosa y Papel de la Universidad de Guadalajara, en donde se procedió mediante el uso de estereomicroscopio; Zeiss®, Stemi modelo DV429, a la identificación y respectivo conteo de huevos de *Ae. Aegypti*, de cada abate lengua por ovitrampa, a partir de características morfológicas. Mediante el uso de las claves, propuestas por Ibáñez-Bernal y Martínez-Campos,<sup>30</sup> se procedió a la identificación y conteo de larvas del IV estadio. Asimismo, las pupas fueron contabilizadas en el total y consideradas como de *Ae. aegypti* en función de la especie predominante en cada ovitrampa. Previo a inducir la eclosión de los huevos con el propósito de corroborar que correspondieran a *Ae. Aegypti*, éstos fueron retirados con un pincel del abate lengua de cada ovitrampa y colocados por 48 h, en papel de filtro húmedo.

**Tabla 1.** Abundancia y distribución promedio de inmaduros de *Ae. aegypti*

| Zona geográfica | Abundancia y distribución promedio de inmaduros | Características del sitio | Diferencias/igualdades p< 0.001 *** |
|-----------------|---|---------------------------|-------------------------------------|
| San Rafael      | 52.41   | Doméstico                 | A                                   |
| Tlaquepaque     | 31.18   | Doméstico                 | B                                   |
| Agua Azul       | 3.89  | No-doméstico              | C                                   |
| CUCS            | 1.71  | No-doméstico              | D                                   |
| Federalismo     | 1.59  | No-doméstico              | D                                   |
| Monterrey       | 1.37  | Peridoméstico             | D                                   |
| Estancia        | 0.73  | Peridoméstico             | D                                   |
| Solidaridad     | 0   | Peridoméstico             | -                                   |

Abundancia y distribución promedio de inmaduros de *Ae. aegypti*, durante doce meses entre 2011 y 2012, en 8 sitios de muestreo distribuidos en 4 municipios que conforman parte del ZMG. Diferencias/igualdades =letras diferentes/ mismas letras, Promedios por ovitrampa. CUCS. Centro Universitario de Ciencias de la Salud, Universidad de Guadalajara.

**Tabla 2.** Abundancia y distribución promedio durante el periodo 2011 y 2012 de inmaduros de *Ae. aegypti*

| Mes        | Abundancia promedio de inmaduros | Diferencias/Igualdades P< 0.001 *** |
|------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Mayo       | 30.98                            | A                                   |
| Septiembre | 16.18                            | B                                   |
| Abril      | 15.37                            | B                                   |
| Julio      | 14.94                            | B                                   |
| Junio      | 13.57                            | C                                   |
| Noviembre  | 12.4                             | CD                                  |
| Octubre    | 8.84                             | D                                   |
| Agosto     | 8.34                             | D                                   |
| Marzo      | 4.73                             | E                                   |

Eliminado el mes de Diciembre, Enero y Febrero por nula abundancia. Diferencias/igualdades =letras diferentes/ mismas letras, Promedios por ovitrampa.

Luego, los huevos se sumergieron en agua de garrafón para inducir su eclosión bajo condiciones controladas de temperatura y humedad mediante una (cámara de cría) y las posteriores larvas fueron criadas en recipientes de plástico de 1000 ml con agua de garrafón, la cual se dejó reposar de 2-3 días en recipiente abierto previo a su uso, hasta alcanzar el IV estadio.<sup>28</sup>

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se basó en la generación de una matriz, a partir de los valores de abundancia absoluta de inmaduros, y las probables fuentes de variación (mes, año, localidad, así como: temperatura, y precipitación pluvial) estas últimas registradas durante 2011 y 2012 en la estación climatológica del instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara (IAM), la cual está localizada dentro del AMG. Para determinar si existían diferencias significativas entre las variables se realizó un análisis de devianza, considerado análogo al análisis de varianza utilizando una función de ligamiento logit que considera una distribución del error tipo Poisson con el programa estadístico GLIM 3.77®. Los modelos lineales fueron valorados por los coeficientes de determinación ( $r^2$ ), estimados mediante la ecuación siguiente:  $r^2 = \text{devianza total} - \text{devianza residual} / \text{devianza total}$ . Donde la "devianza" o medida de bondad de ajuste del modelo a los datos, fue una función de  $X^2$ , mediante el programa GLIM 3.77®.<sup>29-32</sup>

### Resultados

La variable abundancia en relación al carácter de sitio revela mayor cantidad de mosquitos en los sitios domésticos y de alto flujo de personas, correspondientes a San Rafael y Tlaquepaque con un nivel de significancia de  $p < 0.0001$

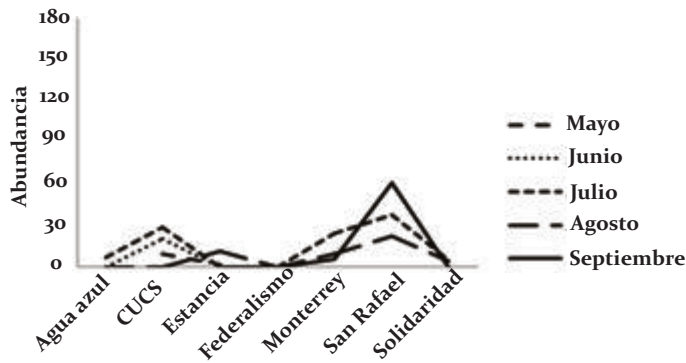


Figura 2. Abundancia y distribución promedio de inmaduros en 2011, considerando el periodo más cálido de mayo a septiembre en siete sitios, descartando Tlaquepaque por inconsistencias en el muestreo.

(Tabla 1). Al analizar los promedios por ovitrampa. Se encontraron diferencias importantes de mayo a noviembre con un nivel de significancia de  $p < 0.0001$  (Tabla 2). El mes con la mayor abundancia fue mayo. En 2011 las mayores abundancias se presentaron en los meses de septiembre y julio, en sitios considerados domésticos y de alto flujo de personas (Figura 2). Durante el 2012, las mayores abundancias se presentaron en los meses de mayo y septiembre, en sitios domésticos y de alto flujo de personas (Figura 3). Al Interpretar las diferencias con respecto a la abundancia de y entre variables, durante mismo periodo mayo a septiembre, mediante un modelo lineal generalizado con una distribución Poisson; hubo diferencias significativas con respecto a la abundancia de sitios, meses y años, asimismo interacciones entre las mismas variables (Tabla 3). Entre mayo y septiembre de 2011 y 2012, hubo heterogeneidad significativa en abundancia promedio de inmaduros por ovitrampa ( $p < 2.2e-16$ ), con respecto a cada sitio, mes y año. Así como interacciones significativas ( $p < 2.2e-16$ ) entre sitio: mes/sitio/año; mes/año y sitio/mes/año, con respecto a la abundancia. Las mayores abundancias de *Ae aegypti*, se presentaron a nivel domiciliario; San Rafael (52.41) y Tlaquepaque (31.18), las cuales se redujeron a nivel peridoméstico, con respecto a la vivienda más cercana en el siguiente orden: Federalismo 23.10 Mt (1.59), Monterrey 26.56 Mt (1.37), la Estancia 31.68 Mt (0.73) y la Solidaridad 201.13 Mt (0). Durante 12 meses consecutivos la distribución en abundancia de inmaduros de

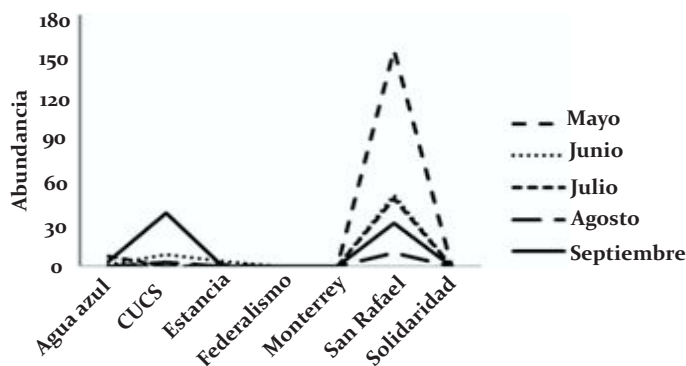


Figura 3. Abundancia y distribución promedio de inmaduros en 2012, considerando el periodo más cálido de mayo a septiembre en siete sitios, descartando Tlaquepaque por inconsistencias en el muestreo.

Tabla 3. Diferencias e interacciones con respecto a la abundancia de y entre variables

| Variable      | Df | Devianza | Resid | Df Resid | Dev P(> Chi ) |
|---------------|----|----------|-------|----------|---------------|
| Sitio         | 6  | 7013.5   | 299   | 7762     | < 2.2e-16 *** |
| Mes           | 4  | 792.6    | 295   | 6969.5   | < 2.2e-16 *** |
| Año           | 1  | 47.6     | 294   | 6921.8   | 5.202e-12 *** |
| Sitio:mes     | 24 | 1654.6   | 270   | 5267.3   | < 2.2e-16 *** |
| Sitio:año     | 6  | 3871     | 264   | 4880.2   | < 2.2e-16 *** |
| Mes:año       | 4  | 133.2    | 260   | 4747     | < 2.2e-16 *** |
| Sitio:mes:año | 18 | 155.8    | 242   | 4591.2   | < 2.2e-16 *** |

Resultados obtenidos corresponden al periodo 2011 y 2012 en los meses de mayo a septiembre.

este vector, fue mayor en mayo (30.98); diciembre, enero y febrero tuvieron presencia (0). En marzo se presentaron los primeros registros (4.73). La temperatura media mínima durante el periodo más caluroso mayo-septiembre, (17.7°C) fue la variable local con mayor devianza (0.0647  $p < 2e-16$ ). Al analizar los factores abióticos la temperatura mínima explica el mayor porcentaje de la varianza total  $p < 2e-16$  (Tabla 4). En general existen diferencias estadísticamente significativas entre localidad y mes  $p < 0.05$  (Tabla 5).

### Discusión

El presente estudio muestra la heterogeneidad significativa en abundancias de inmaduros de *Ae. aegypti*, con respecto a cada sitio de muestreo, meses y el periodo que comprendió parte de 2011 y 2012 en algunos municipios de la ZMG, incluyendo el más densamente poblado (Guadalajara), como se ha reportado para la ciudad de Buenos Aires, por Carbajo y cols.,<sup>33</sup> donde la actividad de oviposición de *Ae aegypti*, mostró patrones de distribución heterogéneos en el tiempo y el espacio. Previamente Barrera en el 2000,<sup>34</sup> obtuvieron que en un periodo de tres años se presente una estabilidad interanual en el vector, así como una homogeneidad

Tabla 4. Efecto sobre la abundancia de las variables abióticas, mediante análisis de devianza

| Variables | Devianza | P          |
|-----------|----------|------------|
| Tmax      | 0.0378   | <2e-16 *** |
| Tmin      | 0.0647   | <2e-16 *** |
| PP        | 0.0049   | <2e-16 *** |

Tmax= Temperatura Máxima. Tmin=Temperatura mínima. PP=Precipitación pluvial. La temperatura media máxima entre mayo-septiembre de 2011 y 2012 en el área metropolitana de Guadalajara fue de 29.6 grados centígrados. La temperatura media mínima entre mayo-septiembre de 2011 y 2012 fue de 17.7 grados centígrados. La precipitación pluvial media acumulada entre mayo-septiembre de 2011 y 2012 fue de 130.57 mm.

Tabla 5. Diferencias entre localidad y mes en el periodo 2011 y 2012

| Variable  | Df | Desviación | Resid | Df Resid | Dev P(>  Chi ) |
|-----------|----|------------|-------|----------|----------------|
| Localidad | 6  | 8099.5     | 16    | 8472.9   | < 2.2e-16 ***  |
| Mes       | 8  | 803.9      | 256   | 7669.1   | < 2.2e-16 ***  |

interanual en el patrón espacial de dengue respectivamente, lo que permitiría en un momento dado particularmente en el primero de los casos, estimar el patrón de distribución anual del vector, característico de la ciudad. En este aspecto nuestros resultados son discordantes, y esto se puede explicar debido a la heterogeneidad interanual presentada. En futuros estudios se deberá ampliar los periodos de muestreo para obtener patrones de distribución del vector, a partir de posibles distribuciones homogéneas. Las interacciones significativas obtenidas en nuestros resultados entre: sitio/mes, sitio/año, mes/año y sitio/mes/año, con respecto a la abundancia, muestras frecuencias similares a las reportadas por Tinker y Olano, Jacob, Leisnham,<sup>35-37</sup> mostrando en los centros urbanos una variedad de factores como tamaño de la población, áreas ecológicas, áreas culturales, tipos de viviendas, niveles socioeconómicos, así como diversos microclimas, cuyas interacciones influyen positiva o negativamente, sobre la ecología y biología de mosquitos.

Al preguntarnos, si la ciudad puede considerarse un auténtico ecosistema,<sup>38</sup> refiere que un sistema, es un conjunto de elementos que interactúan entre sí, de igual modo un ecosistema es un sistema en el que parte de esos elementos son organismos (biocenosis) ocupantes de un biotopo, están sometidos a la acción de una serie de factores de carácter abiótico. Con respecto a ello la ciudad cumple con los requisitos para ser considerada un ecosistema, nuestros resultados demuestran que no obstante, la plasticidad ecológica de *Ae. aegypti*, este vector en los diversos ecosistemas urbanos de la ZMG, durante el periodo de estudio, continua vinculado estrechamente con el ambiente domiciliario, ya que las mayores abundancias se presentaron a nivel doméstico; las cuales se redujeron a nivel peridoméstico; es decir con respecto a la vivienda más cercana. Lo anterior concuerda con lo reportado por Troyes y cols.,<sup>39</sup> quienes refieren que *Ae. aegypti*, es un mosquito domiciliario y urbano. Por su parte Sánchez y cols.,<sup>40</sup> señalan la conveniencia de medidas de intervención en comunidades a nivel doméstico y peridoméstico, las cuales deberán argumentarse a partir de hábitos de vida de *Ae. aegypti*. En relación a hábitos de vida de este vector, nuestro resultados aportan información sobre dispersión desde un ambiente doméstico a un peridoméstico, destacándose una disminución gradual y nula presencia de inmaduros a una distancia de 201.13 m a la vivienda más cercana. Lo anterior coincide también con Sánchez y cols.,<sup>40</sup> sobre el radio de vuelo de *Ae. aegypti*; el cual por lo general no es mayor de 100 m, aunque en condiciones de necesidad se estima puede alcanzar hasta 1 Km.

Si se toma en cuenta las mayores abundancias de

inmaduros encontradas a nivel doméstico en el presente estudio, será conveniente tener información local sobre densidades poblacionales estratificadas y tasas de prevalencia de dengue; lo anterior para que nos permitiría contrastar los resultados con los encontrados por Barrera y cols.,<sup>39</sup> quienes encontraron relaciones directas entre el número de habitantes y tasas de prevalencia de dengue, así como entre la densidad poblacional y la densidad de dengue, lo cual no fue parte de los objetivos del presente trabajo.

Finalmente los resultados reportados del presente trabajo en marzo, presentaron los primeros registros de inmaduros (4.73), coincidiendo con lo que reporta Carbajo y cols.,<sup>33</sup> en la ciudad de Buenos Aires, donde la actividad de ovipostura de *Ae. aegypti* inicia en octubre, es decir en ambos casos en primavera. Mayo fue el mes que presentó la mayor abundancia (30.98) caracterizado por una temperatura media máxima de (33.2 °C), lo anterior similar a lo descrito previamente por con Barrera y cols. en Venezuela,<sup>39</sup> donde la actividad máxima del mosquito *Ae. aegypti*, fue durante las épocas secas, cuando normalmente la evaporación excede a la precipitación.

En el presente reporte diciembre, enero y febrero (nuestro invierno) fueron meses con una temperatura media mínima de 11.7°C, hubo presencia cero. Dichos resultados muestran similitudes a los resultados reportados por Carbajo en Buenos Aires,<sup>33</sup> donde no se detectó actividad en su invierno; es decir a partir del 21 de junio. Por lo que nuestros resultados señalan que la temperatura media mínima durante el periodo más caluroso mayo-septiembre (17.7°C) fue la variable local con mayor devianza (0.0647 p<2e-16), a diferencia de las demás variables evaluadas.

Es importante resaltar que en la patogénesis del dengue existen nuevas fronteras, el presente estudio solo describe la ecología de poblaciones y la salud pública, lo cual está estrechamente relacionado con las diferencias epidemiológicas de la infección por virus del dengue, sin embargo se debe analizar los mecanismos de la patogénesis del virus del dengue, como la endocitosis mediada por las clatras, y la influencia en los niveles de LDL, y su relación con la actividad de la 3-metil-hidroxi-glutaril coA reductasa en la práctica clínica.<sup>41-43</sup>

## Conclusión

Se demostró la plasticidad ecológica de *Ae. aegypti*, en una parte del ecosistema urbano de la ZMG. No se registraron cambios en la biología del vector, ya que su comportamiento se encuentra más estrechamente vinculado con el ambiente doméstico, que con el peridoméstico. Nuestros resultados nos permitirán contar con información local sobre la distribución del vector del dengue en espacio y tiempo; lo cual coadyuvará a implementar mejores medidas preventivas y de control dentro de la ZMG. Sin embargo se sugiere mayor investigación que contemple variables económicas, sociales, culturales, urbanística y micro-climáticas y sus posibles correlaciones con bioecología del vector. Es importante aclarar que con frecuencia los registros procedentes de las observaciones meteorológicas convencionales, no son suficientes para el estudio del clima urbano, ya que, su

representación suele cubrir una escala espacial diferente, lo que impone la necesidad de observar directamente a los elementos climáticos, de forma directa como parte de la plasticidad ecológica de *Ae. aegypti*.

#### Declaración de intereses y agradecimientos

Los autores del presente trabajo declaramos que no existe conflicto de intereses y que el presente fue parte de un proyecto de tesis del Doctorado en Ecofisiología Vegetal y Recursos Genéticos, del CUCBA de la Benemérita Universidad de Guadalajara.

Se agradece a Luz María Valencia Chávez, por su apoyo así como el financiamiento para la realización de este trabajo, miembro honorario del Grupo Multidisciplinario para el Estudio Integral de las Enfermedades Metabólicas e Infecciosas en Población Mexicana.

#### Referencias bibliográficas

- Mora C, Jiménez VA, Treviño AF, Maritza S. Distribución geoespacial y detección del virus del dengue en mosquitos *Aedes (Stegomyia) aegypti* de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. *Salud Pública de México* 2010; 52(2): 127-133.
- Guzmán MG, Kouri G. Dengue diagnosis, advances and challenges. *Int J Infect Dis* 2004; 8: 69-80.
- Kindhauser MK. Dengue y fiebre hemorrágica dengue. En: Defensa Global ante la amenaza de Enfermedades Infecciosas. Organización Mundial de la Salud (Eds), Ginebra, 2003, pp140-3.
- García C, García L. Abundancia y distribución de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Rev Biol Trop* 2011; 59(4): 1609-1619.
- OPS. Number of reported cases of dengue and dengue hemorrhagic fever (DHF), region of the Americas (by country and subregion). En línea: <http://www.paho.org/english/hcp/hctvbd//dengue-cases-2002> [Revisado 2013 nov 26]
- Kouri G. El dengue, un problema creciente de salud en las Américas. *Rev Panam Salud Pública* 2006;19(3):143-5.
- Ramírez ZM, Velasco MH, Ramos C, Peñuelas JE, Maradiaga CM, Murillo LJ, et al. Caracterización clínica y epidemiológica de los casos de dengue: experiencia del Hospital General de Culiacán, Sinaloa, México. *Rev Panam Salud Pública* 2009;25:16-23.
- Cenavece. Programa de acción específico 2007-2012 dengue. [En línea] <http://www.cenavece.gob.mx/progaccion/dengue.pdf> . [Revisado: junio 2013].
- Kerr JA, Camargo SD, Abedi ZH. Erradicación de *Aedes aegypti* en Latinoamérica. *J Am Mosq Control Assoc* 1964; 24:276-82.
- Prevencción y Control del Dengue en las Américas. En: Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (Eds). Memorias 27.a Conferencia Sanitaria Panamericana Sesión del Comité Regional Resolución CSP27.R15. Washington, D.C., 2007, pp 59. A.
- Gubler DJ. Dengue and dengue hemorrhagic fever: its history and resurgence as a global public health problem. En: Gubler DJ, Kuno G (Eds). *Dengue and dengue hemorrhagic fever*. New York: *Cab International*; 1997. pp. 1-22.
- Cruz PC, Sebrango CR, Cristo HM, Pina C, Marquetti M del C, Sánchez LV. Comportamiento estacional y temporal de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) en Sancti Spiritus, 1999-2007. *Rev Cubana Med Trop* 2010; 62(1): 5-10.
- Amaya CA. El Ecosistema Urbano: Simbiosis Espacial entre lo Natural y lo Artificial. *Rev For Lat* 2005; 1-16.
- Marquetti M del C, Bisset J, Suárez S, Pérez O, Leyva M. Bebederos de animales: depósitos a tener en cuenta por el Programa de Control de *Aedes aegypti* en áreas urbanas de Ciudad de La Habana, Cuba. *Rev Cubana Med Trop* 2006; 58(1): 40-43.
- Hoyos RA, Rodríguez PA. Actualización en aspectos epidemiológicos y clínicos del dengue. *Revista Cubana de Salud Pública* 2010; 36(1):149-164.
- Cunha SP, Carreira JR, Lima M, Duarte JR, de Barros CV, L da Silva J, et al. Presença de *Aedes aegypti* em Bromeliaceae e depósitos com plantas no Município do Rio de Janeiro, RJ. *Rev Saúde Pública* 2002; 36(2):244-245.
- Marquetti M del C, Bisset J, Leyva M, García A, Rodríguez M. Comportamiento estacional y temporal de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en La Habana, Cuba. *Rev Cubana Med Trop* 2008; 60(1): 62-67
- Pozo E, Neyra C, Vilchez ME, Méndez M. Factores asociados a la infestación intradomiciliaria por *Aedes aegypti* en el distrito de Tambogrande, Piura 2004. *Rev Perú Med Exp Salud Pública* 2007; 24(2): 144-151.
- Sánchez CR, Torres ZR, Segovia SF, Reyes VF, Alvarado MM, Fernández SI (2010). Localización De Criaderos No-Residenciales De *Aedes Aegypti* Y Su Asociación Con Casos De Dengue En La Zona Metropolitana De Monterrey, Nuevo León, México. *Revista Salud Pública y Nutrición*, 2011;11(1).
- Marquetti MC, Carús F, Aguilera L, Navarro A. Influencia de factores abióticos sobre la incidencia de *Aedes aegypti* en el Municipio 10 de Octubre, 1982-1992. *Rev Cub Med Trop*. 1995;47(2):131-35.
- Calosi P, Bilton DT, Spicer JI. Thermal tolerance, acclimatory capacity and vulnerability to global climate change. *Biol Lett* 2008; 4(1): 99-102.
- Schoof HF. Mating, Resting Habits and Dispersal of *Aedes aegypti*. *Bull Wild Hlth Org* 1967; 36: 600-601.
- Rodhain F, Rosen L. Mosquito vectors and dengue virus-vector relationships. En: Gubler DJ, Kuno G (Eds). *Dengue and dengue hemorrhagic fever*, Cambridge. 1997. Ed. University Press; pp. 45-61.
- Bergerot B, Merckx T, Van Dyck H, Baguette M. Habitat fragmentation impacts mobility in a common and widespread woodland butterfly: do sexes respond differently?. *BMC ecology* 2012; 12(1):5.
- NOM-032-SSA2-2002. Norma Oficial Mexicana para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector. 2002. Ed. SSA. México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e informática (INEGI). Disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/jal/territorio/clima.aspx>. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010 (INEGI).
- Laurence B. Mosquito ecology: field sampling methods MW Service. 2nd ed. 1993. Essex: Elsevier Science Publishers.
- Stein M, Griselda IO, Walter RA, Willener JA. Fluctuación estacional de *Aedes aegypti* en Chaco, Argentina. *Rev Saude Pública* 2005; 39(4): 559-564.
- Vezzani D, Velázquez SM, Schweigmann N. Seasonal pattern of abundance of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Buenos Aires city, Argentina. *Mem Inst Oswaldo* 2004; 99(4): 351-356.
- Ibáñez BS, Martínez CC. Clave para la identificación de larvas de mosquitos comunes en las áreas urbanas y suburbanas de la República Mexicana. *Folia Entomologica Mexicana* 1994; 92:43-73.
- Crawley M J. GLIM for Ecologists. 1993. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- Royal Statistical Society. 1985. GLIM 3.77. Royal Statistical Society. London, England
- Carbajo E, Gómez S, Curto S. Variación espacio-temporal del riesgo de transmisión de dengue en la Ciudad de Buenos Aires. *Medicina (B. Aires)* 2004; 64(3):231-234.
- Barrera R, Delgado N, Jiménez M. Estratificación de una ciudad hiperendémica en dengue hemorrágico. *Pan Am J Public Health* 2000; 8(4):225-233.
- Tinker ME; Olano VA. Ecología del *Aedes aegypti* en un pueblo de Colombia, Sur América / *Aedes aegypti's ecology in a little town in Colombia, South America. Biomédica (Bogotá)* 1993;13(1):5-14
- Jacob B G, Regens JL, Mbogo CM. Occurrence and distribution of *Anopheles* (Diptera: Culicidae) larval habitats on land cover change sites in urban Kisumu and urban Malindi, Kenya. *J Med Entomol* 2003;40(6):777-84
- Leishnam PT, Lester PJ, Slaney DP. Anthropogenic Landscape change and vectors in New Zealand: effects of shade and nutrient level on mosquito productivity. *Eco-Health* 2004; 1: 306-316.
- Melic A. Entomología urbana. *Bol SEA* 1997; 20: 293-300.
- Troyes L, Villegas BZ, Troyes RM. Expansión del *Aedes aegypti* a localidades rurales de Cajamarca. *Rev Perú Med Exp. Salud Pública* 2006; 23(3): 163-167.
- de La Guardia S, Mederos JL, Cepero RI, Hidalgo MC, Valdés GL. Organización y acciones contra el *Aedes aegypti* en una comunidad. *Rev Cub Med Mil* 2003;32(4).
- Soto-Acosta R, Mosso C, Cervantes-Salazar M, Puerta-Guardo H, Medina F, Favari L, et al. The increase in cholesterol levels at early stages after dengue virus infection correlates with an augment in LDL particle uptake and HMG-CoA reductase activity. *Virology* 2013;442(2):132-47.
- Puerta-Guardo H, Mosso C, Medina F, Liprandi F, Ludert JE, del Angel RM. Antibody-dependent enhancement of dengue virus infection in U937 cells requires cholesterol-rich membrane microdomains. *J Gen Virol* 2010;91(Pt2):394-403.
- Mosso C, Galván-Mendoza JJ, Ludert JE, del Angel RM. Endocytic pathway followed by dengue virus to infect the mosquito cell line C6/36 HT. *Virology* 378:193-199. 2008.