

HOTSPOTS DE *Aedes aegypti* EN EL ÁREA METROPOLITANA DE VERACRUZ, MÉXICO

Felipe A. Dzul-Manzanilla¹✉, Fabián Correa-Morales², Luis Hernández-Herrera¹, Arturo Báez-Hernández¹, Salvador A. Beristáin-Hernández¹ y Guadalupe Díaz del Castillo-Flores¹

¹Servicios Estatales de Salud Veracruz, Soconusco 31 Col. Aguacatal, Xalapa, C.P. 91130, Veracruz, México. Email.

²Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades, Benjamín Franklin 132, Escandon, Ciudad de México, CP. 118000.

✉Autor de correspondencia: felipe.dzul.m@gmail.com

RESUMEN. Las arbovirosis transmitidas por *Aedes aegypti* (Dengue, Chikungunya y Zika) son problemas de salud pública. La vigilancia entomológica del dengue es componente importante de los programas de prevención y control. El objetivo principal del presente estudio fue la identificación de los hotspots de huevos de *Ae. aegypti* en el área metropolitana de Veracruz. La aplicación de una prueba de autocorrelación espacial global (prueba de Mantel) y el indicador local de asociación espacial (Local Indicator of Spatial Association, LISA) a la base de datos de huevos indica una fuerte autocorrelación espacial y el LISA detectó los hotspots de huevos de *Ae. aegypti*. Los resultados del análisis espacial tienen implicaciones prácticas para el programa de prevención y control del dengue en el puerto de Veracruz.

Palabras clave: *Aedes aegypti*, hotspots, autocorrelación espacial, LISA.

Aedes aegypti Hotspots in the Metropolitan Area of Veracruz, Mexico

ABSTRACT. The arbovirosis transmitted by *Aedes aegypti* (Dengue, Chikungunya & Zika) are public health problems. The entomological surveillance is an important component of prevention and control programs. The main objective of the present study was the identification of egg hotspots of *Ae. aegypti* in the metropolitan area of Veracruz. The application of a global spatial autocorrelation test (Mantel test) and the local indicator of local association (LISA) to the egg dataset indicates a strong spatial autocorrelation and the LISA detected the egg hotspots of *Ae. aegypti*. The results of the spatial analysis have practical implications for the program of prevention and control of dengue in the port of Veracruz.

Keywords: *Aedes aegypti*, hotspots, spatial autocorrelation, LISA.

INTRODUCCIÓN

Las arbovirosis (Dengue (DENV), Chikungunya (CHIKV) y Zika (ZIKV)) transmitidas por la picadura de las hembras de *Aedes aegypti* (y en menor medida por *Aedes albopictus*) son problemas prioritarios de salud pública en México (SSA, 2014). En la lucha frontal contra estas tres enfermedades, el control del vector es la única medida de prevención, contención y control de los brotes, epidemias y emergencias epidemiológicas de las arbovirosis, debido a que no existen medicamentos profilácticos que limiten su transmisión ni mucho menos vacunas eficaces que prevengan y eliminen la circulación y/o co-circulación de los diferentes serotipos y las diferentes arbovirosis transmitidas por *Ae. aegypti*.

En la última versión de la Guía de Prevención y Control del dengue de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009) se recomienda ampliamente la vigilancia entomológica del dengue con el propósito final de monitorear las abundancias y prevalencias del vector, focalizar las acciones y evaluar las intervenciones. En este sentido, el Programa de Prevención y Control de las arbovirosis en México inició desde el 2009 el desarrollo de un sistema para la vigilancia entomológica del dengue donde se reportan los datos de las abundancias y prevalencias del ciclo biológico del vector del dengue (huevo, larva, pupa y adultos) en localidades prioritarias donde se

tiene instalado el sistema de monitoreo (ver Hernández-Ávila *et al.* 2013 para una descripción detallada).

El objetivo del presente estudio fue realizar un análisis espacial en el área metropolitana de la localidad de Veracruz con la finalidad de detectar los hotspots de huevos de *Ae. aegypti*.

MATERIALES Y MÉTODO

Se realizó un análisis espacial global y local con los datos de las ovitrampas para la detección de los hotspots de huevos de *Ae. aegypti*. La definición conceptual de los hotspots que se consideró en el presente trabajo hace referencia a la existencia de unidades espaciales (ovitrampas) de un área donde la concentración de eventos (abundancias de huevos) es proporcionalmente mayor en comparación con el resto del área.

Como primer paso se aplicó un estadístico espacial global (Mantel test) (Mantel 1967, Legendre y Fortin 1989) al número de huevos con la finalidad de determinar la dependencia y autocorrelación espacial (es decir que el número de huevos son más similares entre las ovitrampas cercanas que las ovitrampas lejanas). Como segundo paso se aplicó un estadístico espacial local (LISA) (Anselin, 1995) con la finalidad de determinar los hotspots del número de huevos usando como neighborhoods las ovitrampas que se encuentran dentro del radio de la distancia máxima calculada con los correlogramas. Los LISA se realizaron por semana epidemiológica para cada año (2013-2017).

Como tercer paso se calculó la intensidad de los hotspots definida como el número de veces que una ovitrampa fue hotspots durante todo el año y se calcularon los percentiles para cada año. Como cuarto paso se definieron niveles de riesgo entomológico basados en los percentiles de la intensidad, el riesgo bajo incluye la intensidad con percentil menores de 30, el riesgo medio incluye la intensidad con el percentil entre 30 a 79, el riesgo alto incluye la intensidad con el percentil entre 80 a 89, y el riesgo muy alto incluye la intensidad con el percentil mayor del 90.

Los datos de la vigilancia entomológica del dengue fueron accesados en la Plataforma de Vigilancia Entomológica y Control Integral del Vector (<http://kin.insp.mx/aplicaciones/EntomologiayControlIntegral/login.aspx>) del Sistema Integral de Monitoreo de los vectores (<http://kin.insp.mx/aplicaciones/SisMV>) y exportados en R versión 3.5.3 (<https://cran.r-project.org/>) y RStudio versión 1.1.453 (<https://www.rstudio.com/>) para su transformación en datos espaciales. La exportación de los datos, la manipulación de las bases de datos, la elaboración de las gráficas, los mapas y los análisis espaciales fueron realizados con los paquetes tidyverse (Wickham 2017), lubridate (Grolemund & Wickham 2011), data.table (Dowle & Srinivasan 2019), ggplot2 (Wickham 2016), purrr (Henry & Wickman 2019), ncf (Bjornstad 2018) y ggmap (Kahle & Wickham 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la prueba de Mantel aplicados a las bases de datos indica una fuerte autocorrelación espacial (valores de p entre 0.00125 y 0.00875) sugiriendo la existencia de dependencia espacial y hotspots del número de huevos. Cuando la intensidad de los hotspots es organizada por percentiles y categorizado en niveles de riesgo se observa que entre el 79 al 83% de las ovitrampas son identificadas como de bajo riesgo y riesgo medio y alrededor del 20% de las ovitrampas tienen alto y muy alto riesgo (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Porcentaje de ovitrampas por nivel de riesgo entomológico.

Riesgo	2013	2014	2015	2016	2017
Bajo y Medio	79	36	72	83	79
Alto	17	47	18	13	17
Muy Alto	3	17	7	4	4

Los resultados de los análisis espaciales muestran que la distribución espacial de las ovitrampas con riesgo entomológico alto y muy alto tienen un patrón de distribución agregadas en ciertas zonas del área metropolitana de Veracruz (excepto el año 2016) indicando un alto grado de sobrelapamiento espacial de las áreas con alto y muy alto riesgo entomológico durante los años de estudio (Figura 2). La identificación de las áreas de alto riesgo en las áreas metropolitanas de las localidades prioritarias para el control del dengue tiene vital importancia. Los responsables operativos de los programas de prevención y control de las arbovirosis transmitidas por *Ae. aegypti* podrían enfocar las acciones preventivas y de control en las áreas de alto y muy alto riesgo entomológico.

Se ha recomendado que es preferible focalizar las acciones antivectoriales usando hotspots de casos en lugar de hotspots del vector (Reiner *et al.*, 2016), debido a que se ha documentado que no existe persistencia temporal y espacial de los hotspots del vector (LaCon *et al.*, 2014). En el presente trabajo se documentó que existe persistencia temporal y espacial de los hotspots de huevos en el área metropolitana de la ciudad de Veracruz. Similar conclusión ha sido observada por Barrera (2011), por lo que se sugiere que en ambas situaciones la focalización usando hotspots de huevos es una alternativa y complementaria a los hotspots de casos.

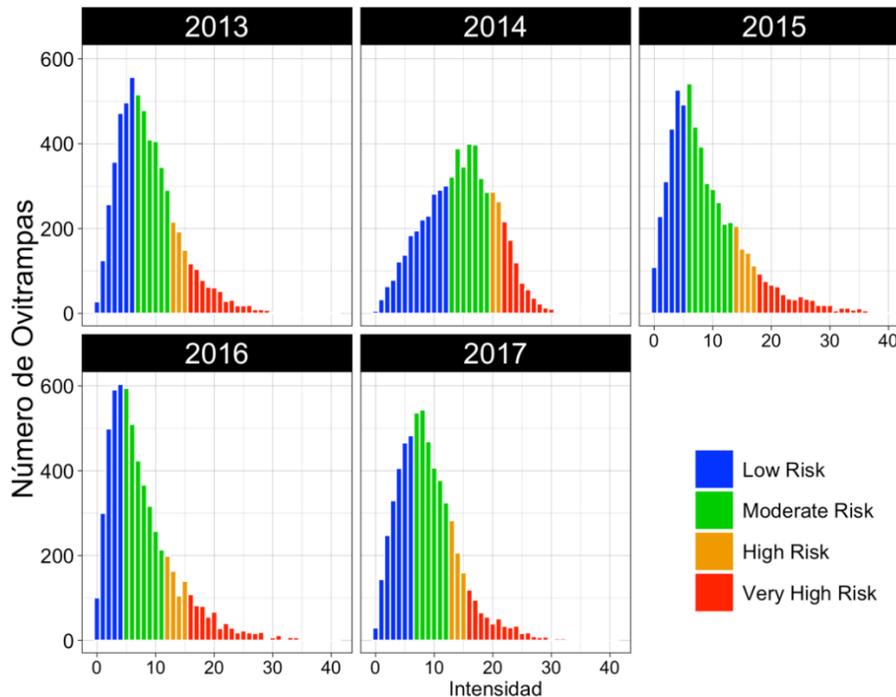


Figura 1. Número de ovitrampas e intensidad de los hotspots por año agrupada por el riesgo entomológico.



Figura 2. Riesgo entomológico alto (color naranja) y riesgo entomológico muy alto (color rojo) en el área metropolitana de la Ciudad y Puerto de Veracruz

CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis espaciales sugieren que el número de huevos tiene una fuerte autocorrelación espacial y el LISA aplicado al número de huevos permite la identificación de los hotspots. El riesgo entomológico alto y muy alto constituido por aproximadamente el 20% de las ovitrampas muestran un patrón espacial agregada con un alto grado de solapamiento espacial entre años

LITERATURA CITADA

- Anselin, L. 1995. Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis* 27:93-115. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>.
- Barrera, R. 2011. Spatial Stability of adult *Aedes aegypti* populations. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 85(6):1087-1090. doi:10.4269/ajtmh.2011.11-0381.
- Bjornstad, O. N. 2018. ncf: Spatial Covariance Functions. R package version 1.2-6. <https://CRAN.R-project.org/package=ncf>.
- Dowle, M. y A. Srinivasan. 2019. data.table: Extension of “data.frame”. R package version 1.12.0. <https://CRAN.R-project.org/package=data.table>.
- Grolemund, G. y H. Wickham. 2011. Dates and Times Made Easy with lubridate. *Journal of Statistical Software*, 40(3), 1-25. URL <http://www.jstatsoft.org/v40/i03/>.
- Henry, L. y H. Wickham. 2019. purrr: Functional Programming Tools. R package version 0.3.0. <https://CRAN.R-project.org/package=purrr>.
- Hernández-Ávila, J. E., Rodríguez, M.H., Santos-Luna, R., Sánchez-Castañeda, V., Roman-Pérez, S., Ríos-Delgado, V. H. y J. A. Salas-Sarmiento. 2013. Nation-Wide, Web-Based, Geographic Information System for the Integrated Surveillance and Control of Dengue Fever in Mexico. *PLoS One* 8(8):e70231. doi.org/10.1371/journal.pone.0070231.

- Kahle, D. y H. Wickham. 2013. ggmap: Spatial Visualization with ggplot2. *The R Journal*, 5(1):144-161. URL <http://journal.r-project.org/archive/2013-1/kahle-wickham.pdf>
- LaCon, G., Morrison, A. C., Astete, H., Stoddard, S. T., Paz-Soldan, V. A., Elder, J. P., Halsey, E. S., Scott, T. W., Kitron, U. y G. Vazquez-Prokopec. M. 2014. Shifting patterns of *Aedes aegypti* fine scale spatial clustering in Iquitos, Peru. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 8(8): e3038. doi:10.1371/journal.pntd.0003038.
- Legendre, P. y M. J. Fortin. 1989. Spatial Pattern and ecological analysis. *Vegetatio* 80:107-138.
- Mantel, N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Res* 27:209-220.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2009. Dengue: Guidelines for diagnosis, treatment, prevention and control.
- Reiner, R. C., Achee, N., Barrera, R., Burkot T. R., Chadee, D. D., Devine, G. J., Endy, T., Gubler, D., Hombach, J., Kleinschmidt, I., Lenhart, A., Lindsay, S. W., Longini, I., Mondy, M., Morrison, A. C., Perkins, T. A., Vazquez-Prokopec, G., Reiter, P., Ritchie, S. A., Smith, D. L., Strickman, D. y T. W. Scott. 2016. Quantifying the epidemiological impact of vector control on Dengue. *PLoS Neglected Tropical Disease* 10(5):e0004588. doi:10.1371/journal.pntd.0004588.
- Secretaría de Salud (SSA). 2014. Programa de Acción Específico: Prevención y control de Dengue 2013-2018. México, D.F.
- Wickham, H. 2016. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, p268.
- Wickham, H. 2017. tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'. R package version 1.2.1. <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>.