

VARIACION ESPACIO-TEMPORAL DEL RIESGO DE TRANSMISION DE DENGUE EN LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

ANIBAL E. CARBAJO¹, SANDRA M. GOMEZ¹, SUSANA I. CURTO², NICOLAS J. SCHWEIGMANN¹

¹ Unidad de Ecología de Reservorios y Vectores de Parásitos, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires; ² Centro de Investigaciones Epidemiológicas, Academia Nacional de Medicina, Buenos Aires.

Resumen Los casos de dengue detectados en la Ciudad de Buenos Aires entre 1999 y 2000 confirmaron la posibilidad de brotes epidémicos. Para estudiar el riesgo de transmisión de dengue espacial y temporalmente se midió la actividad de su vector, el mosquito *Aedes aegypti*. La actividad de oviposición del vector mostró un patrón de distribución heterogéneo en el tiempo y el espacio. Ocurrió entre octubre y mayo. En las áreas del Norte, Oeste y Sur de la ciudad (periferia) el vector fue detectado entre la primavera y el otoño en tanto que en las áreas del Este (microcentro-río) sólo en el verano. La proporción de sitios infestados varió entre los 3 períodos de estudio, pero las zonas infestadas coincidieron espacialmente. Aunque se observó variación anual y espacial de la infestación, el patrón se repitió durante los 3 años de estudio sugiriendo una dinámica estable. Las áreas de la ciudad no infestadas presentaron las mayores densidades de población y de empleados, mientras que las infestadas durante los 3 períodos presentaron las menores densidades. Esto podría representar una atenuación del riesgo, ya que no coincide la mayor densidad de habitantes con la mayor infestación. El riesgo de transmisión desde el punto de vista del vector se concentraría entre enero y marzo y ocuparía el 50% de la superficie de la ciudad en la periferia.

Palabras clave: dengue, *Aedes aegypti*, riesgo de transmisión, distribución espacio-temporal, Buenos Aires

Abstract *Spatio-temporal variability in the transmission of dengue in Buenos Aires City.* Cases of dengue detected in Buenos Aires City between 1999 and 2000 confirmed the possibility of epidemic outbreaks. The activity of its vector *Aedes aegypti* was monitored to study the spatial and temporal risk of dengue transmission. Adult oviposition activity of *Aedes aegypti* showed an heterogeneous spatio-temporal distribution pattern. It was detected between October and May. The vector was detected from spring to fall in the Northern, Western and Southern areas of the city (periphery) and only in summer in the Eastern part (downtown-river). The proportion of infested sites differed between the three periods but the infested areas coincided spatially. Although a spatial and temporal heterogeneity exists, the pattern repeated itself during the three periods suggesting stable dynamics. The not infested areas presented the highest population and employees densities while the areas infested during the three periods the lowest. This might represent an attenuation of the risk, because higher densities do not coincide with higher infestation. From the point of view of the vector the risk of transmission would concentrate between January and March and occupy 50% of the city surface in the periphery.

Key words: dengue, *Aedes aegypti*, transmission risk, spatio-temporal distribution, Buenos Aires

La Ciudad de Buenos Aires se encuentra cerca del límite sur del área de riesgo de transmisión de dengue en el país¹ y también de la distribución mundial de su mosquito vector *Aedes aegypti* (L.) (*Diptera: Culicidae*)². Los casos de dengue detectados en la ciudad y su área metropolitana confirmaron el posible ingreso del virus en la zona^{3, 4}. Los casos importados realzan la importancia del estudio del riesgo de transmisión de esta enferme-

dad dada la potencialidad de brotes epidémicos en la aglomeración urbana más grande de Argentina.

La transmisión del dengue en una ciudad estaría supe-
ditada a los siguientes factores de riesgo⁵: (a) la llegada de personas víricas; (b) la existencia de una población de humanos susceptible a la infección; (c) la abundancia de vectores; (d) temperaturas adecuadas para el desarrollo del virus en el mosquito.

El riesgo de transmisión en diferentes zonas de la ciudad estaría influenciado por la distribución espacial y temporal de estos factores.

El estudio de la llegada de individuos víricos (a) requeriría análisis demográficos que exceden el objetivo de este trabajo. Las variaciones térmicas, que podrían

Recibido: 30-I-2004

Aceptado: 13-IV-2004

Dirección postal: Dr. Anibal E. Carbajo, Departamento de Ecología, Genética y Evolución, Laboratorio 55, 4° piso, Pabellón 2, Ciudad Universitaria 1428 EHA, Buenos Aires e-mail: manimal@bg.fcen.uba.ar

influir en el desarrollo del virus (d)¹, se suponen despreciables para la escala urbana.

La susceptibilidad de la población (b) se podría considerar generalizada en toda la ciudad debido a la ausencia de epidemias previas y a los pocos casos importados detectados^{3,6}. Sin embargo, la distribución hetero-génea de la población influiría en el riesgo de transmisión de enfermedades en distintas zonas de una ciudad⁷. El estudio de la población humana expuesta debe considerar no sólo las zonas de residencia de los habitantes (donde la población es censada) sino también las zonas donde trabajan⁸ ya que el dengue es transmitido por un mosquito cuyo horario de actividad es diurno⁹.

La abundancia del vector, *Aedes aegypti*, debe ser suficiente como para que la enfermedad sea transmitida (c). Los umbrales para que ocurra la transmisión son muy variables y bastan pequeñas densidades del vector¹⁰. La transmisión se produce a través de la picadura de las hembras adultas, que deben succionar sangre para completar el desarrollo de los huevos; por lo tanto, si depositan huevos es porque previamente se aparearon y picaron⁹. Se puede considerar al tiempo en que los adultos están activos (depositando huevos) como un indicador del riesgo de transmisión.

Aedes aegypti es urbano, por este motivo el estudio de su distribución dentro de las ciudades es importante para describir la variabilidad del riesgo de transmisión de la enfermedad. Se han encontrado distribuciones espaciales heterogéneas de este vector en otros países del mundo¹¹⁻¹³. En Buenos Aires se ha observado en estudios exploratorios que la mayor actividad de *Aedes aegypti* ocurre en los barrios periféricos de la ciudad, especialmente durante los meses cálidos¹⁴.

En el presente trabajo se estudia la distribución espacial y temporal de la actividad de oviposición de *Aedes*

aegypti en la Ciudad de Buenos Aires y su relación con la población humana bajo riesgo de transmisión del virus dengue.

Materiales y métodos

Se midió la actividad de adultos de *Aedes aegypti* en la ciudad entre 1998 y 2001 mediante ovitrampas¹⁵. Estas trampas consisten en frascos de vidrio pintados de negro con 1/3 de su volumen lleno de agua y una pequeña madera en posición vertical en su interior. Sobre esa madera las hembras depositan sus huevos. Las trampas se revisaron semanalmente, las maderas fueron llevadas al laboratorio e inspeccionadas con lupa para registrar la presencia o ausencia de huevos. Luego de retirada la madera la ovitrampa fue lavada y se colocó agua y una madera nueva. Se definieron 3 períodos anuales consecutivos de julio a junio siguiente: 1998 a 1999, 1999 a 2000 y 2000 a 2001. Cada sitio de trapeo se consideró infestado cuando durante un mes o un período completo, al menos en una de sus semanas la ovitrampa presentaba huevos. Los sitios de colocación de trampas se dispusieron en forma de grilla a 850 metros entre sí aproximadamente (283 en el 1^{er} período, 279 en el 2^{do} y 290 en el 3^{ro}). La ubicación de los sitios y el estado de infestación fueron incorporados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) de la Ciudad de Buenos Aires (*Arcview 3.1*).

Se construyeron polígonos de Thiessen¹⁶ alrededor de los sitios donde estaban ubicadas las ovitrampas y se les asignó el valor de infestación de la ovitrampa correspondiente. Cada polígono consiste en el área alrededor de un sitio que abarca todos los puntos más cercanos a ese sitio. Cubrir toda la zona de estudio con los polígonos de Thiessen equivale a adjudicar a cada punto de la ciudad el valor de la ovitrampa más cercana. Se construyeron 12 mapas para cada año (1 para cada mes, Fig. 1). Los polígonos se clasificaron como infestados (P) o no infestados (N).

Para analizar la coincidencia espacial de la infestación entre períodos se realizaron 3 mapas a cuyos polígonos se los clasificó como P o N según los resultados acumulados en cada período. Los 3 mapas se superpusieron y los polígonos resultantes se clasificaron en 3 clases: los 3 períodos infestados (PPP), ningún período infestado (NNN) y 1 o 2 perio-

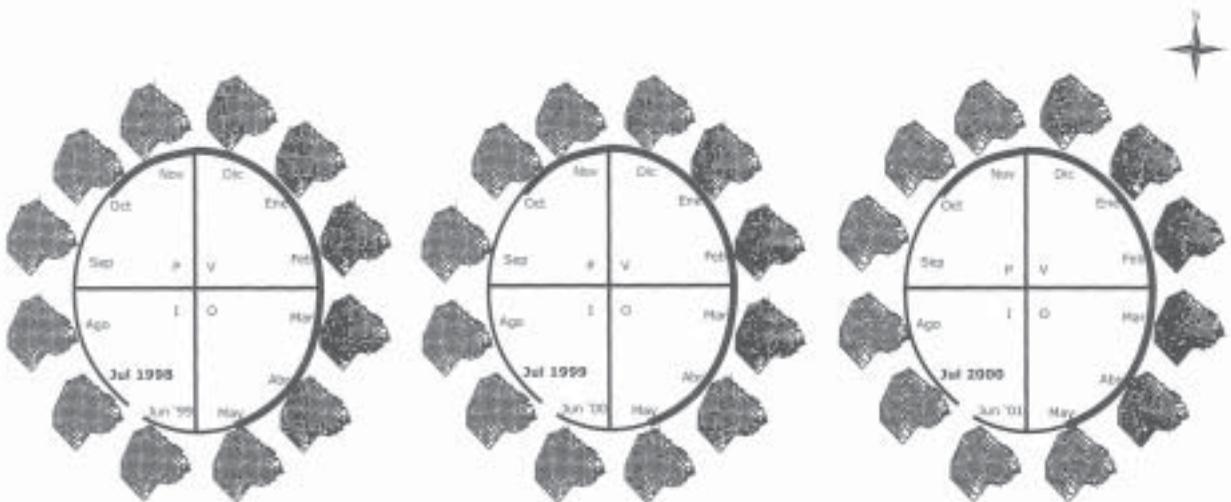


Fig. 1.— Actividad mensual de oviposición de *Aedes aegypti* en la Ciudad de Buenos Aires. Cada diagrama presenta 12 esquemas de la ciudad en un período entre julio del año indicado y junio del siguiente. Cada cuadrante corresponde a una estación: verano V, otoño O, invierno I, primavera P. Se indican los meses. Los polígonos dentro de la ciudad indican los sitios de trapeo; en negro los infestados y en blanco los no infestados.

dos infestados (III) que incluyó las combinaciones PNN, PNP, NPP, NPN, NNP, PPN.

Se calculó el área total infestada por mes sumando el área de los polígonos donde se había detectado al vector; se compararon por períodos y por mes mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se comparó también la proporción de sitios infestados en cada período.

Se calculó la densidad de habitantes y empleados para cada polígono del mapa de coincidencia de infestación, a partir de datos por manzana en formato digital¹⁷. Se compararon las densidades por área de infestación (PPP, NNN, III).

Resultados

En los tres períodos la actividad de ovipostura de *Aedes aegypti* comenzó en octubre y concluyó en mayo (Fig. 1). No se detectó actividad durante el invierno. La infestación se inició en el oeste de la ciudad, se extendió hacia el norte y sur durante el verano y se retrajo en otoño; la zona del este (microcentro-río) mostró sitios sin infestación. Estos patrones temporales y espaciales se repitieron durante los 3 períodos (Fig. 1). El área infestada difirió significativamente entre meses (de octubre a mayo; $\chi^2_{7GL} = 21.85$; $p = 0.003$).

La proporción de sitios infestados por período presentó diferencias significativas ($\chi^2_{2GL} = 7.48$; $p = 0.024$). La proporción infestada en el período 2000-2001 (0.75) fue mayor que en los otros ($p < 0.001$) y el período 1998-1999 (0.72) difirió marginalmente de 1999-2000 (0.70; $p = 0.077$).

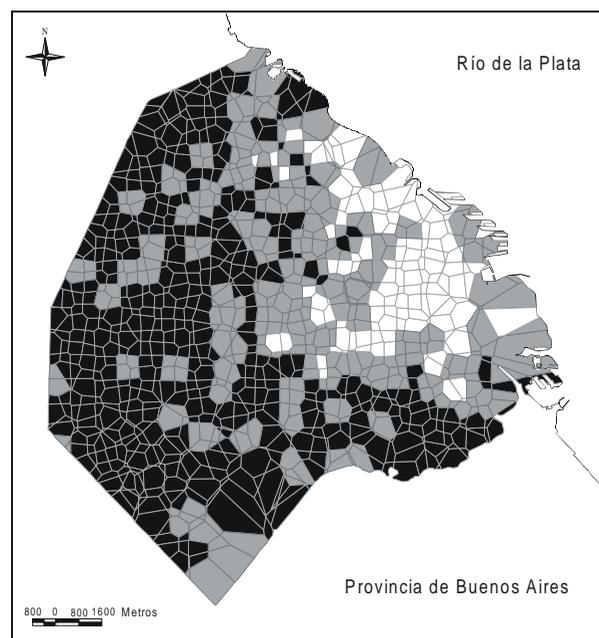


Fig. 2.— Coincidencia de la infestación de *Aedes aegypti* en la Ciudad de Buenos Aires entre períodos (1998-1999, 1999-2000, 2000-2001). Las zonas negras indican infestación durante los 3 períodos (PPP); las grises infestación 1 o 2 períodos (III) y las blancas sin infestación (NNN).

Las zonas infestadas en los 3 períodos (PPP) abarcaron el 50% de la superficie de la ciudad y se agruparon principalmente en la periferia (norte, sur y oeste). Las zonas nunca infestadas (NNN) comprendieron el 14% del área y estuvieron localizadas en el este de la ciudad. En medio se agruparon las zonas con uno o dos períodos infestados (III, Fig. 2) y ocuparon el 36% de la superficie.

El grado de coincidencia espacial de los sitios infestados entre los períodos 1 y 2 fue 78.1% (935 de 1197 polígonos), 75.1% entre los períodos 2 y 3, y 75.4% entre los períodos 1 y 3. Estos porcentajes no difirieron significativamente ($\chi^2_{2GL} = 3.589$; $p = 0.166$). La coincidencia de infestación entre los 3 períodos fue del 64.3%.

El área total infestada por mes no difirió significativamente entre períodos ($\chi^2_{2GL} = 0.305$; $p = 0.859$).

Las zonas NNN presentaron la mayor densidad de habitantes (301.6 hab/ha) y de empleados (174.12 emp/ha). Las zonas PPP presentaron las menores densidades: 153.9 hab/ha y 29.0 emp/ha. Las áreas III 227.4 hab/ha y 51.3 emp/ha.

Discusión

La distribución de *Aedes aegypti* varió a lo largo del año y en el espacio, y el patrón espacio-temporal se repitió durante los 3 períodos de estudio. La estabilidad interanual observada permitiría considerar el patrón de distribución anual como característico de la ciudad y utilizarlo como indicador del riesgo de transmisión desde el punto de vista del vector.

Temporalmente el riesgo sería bajo en meses fríos (junio, julio, agosto, septiembre) debido a la ausencia de ovipostura; el máximo riesgo se presentaría en los meses de enero, febrero y marzo y el riesgo sería medio en los meses restantes. Los meses de mayor infestación coinciden con la época de vacaciones en el país, cuando los turistas podrían retornar con el virus en sangre incrementando la probabilidad de brotes epidémicos¹⁸.

Las 3 clases de sitios definidas (infestadas los 3 períodos, infestadas ocasionalmente o no infestadas) formaron agrupaciones espaciales definidas: la primera en la periferia de la ciudad, la última en el microcentro y los sitios infestados ocasionalmente en medio de ellas.

La mayor densidad de población coincidió con la mayor densidad de empleados, al igual que coincidieron las densidades medias y bajas. Por ese motivo, en la Ciudad de Buenos Aires sería equivalente estimar el riesgo por exposición considerando a la población en su lugar de residencia o de trabajo.

Las áreas infestadas los 3 períodos no coincidieron con las más pobladas, sugiriendo una atenuación del riesgo de transmisión respecto a una situación en donde coincidieran máxima infestación y densidad de población.

El riesgo sería mayor en las zonas de densidad menor (154h/ha), donde el vector se encuentra durante más tiempo activo. Estas zonas están caracterizadas por barrios de casas bajas con menor aglomeración de edificios altos.

Se esperaría que la situación demográfica en el conurbano bonaerense se pareciera a las zonas de baja densidad de población de la capital, y por ende presentarían mayor riesgo de transmisión. Las áreas no infestadas parecerían coincidir con las zonas más antiguas y con edificación más alta y densa de la ciudad.

En países hiperendémicos de dengue y dengue hemorrágico como Tailandia, se observó que la incidencia era máxima en áreas con densidades de población intermedias. Sin embargo, se postuló que era consecuencia de la compleja historia de brotes e inmunizaciones¹⁹; sin embargo, es común que la incidencia sea mayor en las zonas más densamente pobladas como se vio en Venezuela y Tahití^{20, 21}. Aunque Buenos Aires no es hiperendémica como las ciudades de Venezuela, presentó densidades poblacionales similares a las observadas en ese país (154-302 h/ha vs. 187-303 h/ha).

Cabe destacar que aunque el patrón general de infestación se repitió durante los 3 períodos, la intensidad difirió. Estudios previos mostraron que la detección de *Aedes aegypti* aumentaba cuando la temperatura era mayor a la tendencia interanual²². Los mapas realizados indicarían un riesgo relativo de transmisión, pero la variabilidad interanual podría influir en el riesgo absoluto de transmisión.

El estudio de la distribución del vector suele ser la primera aproximación al estudio espacial del riesgo de transmisión²³. El presente trabajo representa la primera aproximación a escala urbana; estudios demográficos sobre el comportamiento de los habitantes, sus movimientos diarios y su tránsito a zonas endémicas así como también sobre la variabilidad térmica en la ciudad podrían complementar la información.

Agradecimientos: A los pasantes del Grupo de Estudio de Mosquitos por su colaboración en los trabajos de campo. Financiación: CONICET PIP 0715/98 res. 2851/98; Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires; FCEyN, UBA.

Bibliografía

- Carbajo A, Schweigmann N, Curto S, de Garín A, Bejarán R. Dengue transmission risk maps of Argentina. *Trop Med Int Health*. 2001; 6: 170-80.
- Sabattini M, Avilés G, Monath T. Historical, epidemiological and ecological aspects of arboviruses in Argentina: *Flaviviridae*, *Bunyaviridae* and *Rhabdoviridae*. In: APA Travassos da Rosa PV, JFS Travassos da Rosa, ed. An Overview of Arbovirology in Brazil and Neighbouring Countries. Belem: Instituto Evandro Chagas; 1998: 113-34.
- Seijo A, Curcio D, Aviles G, Cernigoi B, Deodato B, Lloveras S. Imported Dengue in Buenos Aires, Argentina. *Emerg Inf Dis*. 2000; 6: 1-3. (Letter to the Editor).
- Seijo A, Cernigoi B, Deodato B. Dengue importado del Paraguay a Buenos Aires. Estudio clínico y epidemiológico de 38 casos. *Medicina (Buenos Aires)*. 2001; 61: 137-41.
- Prothero RM. Problems of Human Mobility and Diseases. In: Demography and Vector-borne Diseases. Chapter 1: CRC Press; 1989.
- Aviles G, Cecchini R, Harrington M, Cichero J, Asis R, Rios C. *Aedes aegypti* in Cordoba province, Argentina. *J Am Mosq Control Ass*. 1997: 255-8.
- Barbash N. The geographical approach to urban environment-health relationships. *Ecology of Disease*. 1983; 2: 117-23.
- Briggs DJ, Elliot P. The use of geographical information systems in studies of environment and health. *World Health Statistics Quarterly*. 1995; 48: 85-94.
- Christophers R. *Aedes aegypti* (L.), the yellow fever mosquito. 1st ed. Cambridge: Cambridge Univ. Press; 1960.
- Focks D, Brenner R, Hayes J, Daniels E. Transmission threshold 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; 62: 11-8.
- Tinker ME. Larval habitat of *Aedes aegypti* (L.) in the United States. *Mosquito News*. 1964; 24: 426-32.
- Tun-Lin W, Kay BH, Barnes A, Forsyth S. Critical examination of *Aedes aegypti* indices: correlations with abundance. *Am J Trop Med Hyg* 1996; 54: 543-7.
- Fink TM, Hau B, Baird BL, et al. *Aedes aegypti* in Tucson, Arizona. *Emerg Inf Dis* 1998; 4: 703-9.
- Schweigmann N, Vera T, Orellano P, et al. *Aedes aegypti* in Buenos Aires, Argentina. Second International Congress of Vector Ecology. Orlando, Florida. USA; 1997: 63.
- Fay RW, Eliason DA. A preferred oviposition site as a surveillance method for *Aedes aegypti*. *Mosquito News*. 1966; 26: 531-5.
- Bailey T, Gatrell A. Interactive Spatial data Analysis. 1998 3rd ed. Harlow, England: Longman; 1995.
- INDEC. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). Censo Nacional de Población y Vivienda 1991. Capital Federal. 1991.
- Schweigmann N, Boffi R. *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*: Situación entomológica en la región. En Temas de Zoonosis y Enfermedades Emergentes. Segundo Cong Argent de Zoonosis y Primer Cong Argent. y Latinoamer de Enf Emerg. Buenos Aires: Asociación Argentina de Zoonosis; 1998: p 259-63.
- Barbazan P, Amrehn J, Dilokwanich S, et al. Dengue Haemorrhagic Fever (DHF) in the Central Plain of Thailand. Remote sensing and GIS to identify factors and indicators related to dengue transmission. Int. Conference The Chao Phraya Delta: Historical Development, Dynamics and Challenges of Thailand's Rice Bowl. Bangkok: Kasetsart University; 2000: p 1-12.
- Fages J, Pichon G. (ORSTOM, Office de recherche scientifique et technique d'outre-mer). Dengue and urbanization in French Polynesia. 1982 29 July 1982. Report No. 1690 B.
- Barrera R, Delgado N, Jiménez M, Villalobos I, Romero I. Estratificación de una ciudad hiperendémica en dengue hemorrágico. *Rev Panam Salud Publica*. 2000; 8: 225-33.
- de Garín A, Bejarán R, Carbajo A, Curto S, Schweigmann N. Atmospheric control of *Aedes aegypti* populations in Buenos Aires (Argentina) and its variability. *Int J Biometeorol*. 2000; 44: 148-56.
- Kitron U. Landscape Ecology and Epidemiology of Vector-Borne Diseases: Tools for Spatial Analysis. *Journal of Medical Entomology*. 1998; 35: 435-45.