



Distribución espaciotemporal de dengue, Zika y chikunguña en Cali, Colombia: 2014-2016

Spatio-temporal distribution of dengue, Zika, and chikungunya in Cali, Colombia; 2014-2016

Distribuição espaciotemporal de dengue, Zika e chikungunya em Cali, Colômbia: 2014-2016

José F. Fuertes-Bucheli¹ orcid.org/0000-0002-3810-4943

Gladys Pérez Arizabaleta² orcid.org/0000-0002-2358-266X

Andrea Quiroz Caicedo² orcid.org/0000-0002-5832-7386

Robin A. Olaya³ orcid.org/0000-0001-7956-3612

Hoover O. León-Giraldo² orcid.org/0000-0002-8854-105X

Robinson Pacheco-López^{1,2*} orcid.org/0000-0003-2525-9935

1. Facultad de Ciencias de la Salud, Medicina, Universidad Icesi. Cali, Colombia
2. Grupo de Investigación en Epidemiología y Servicios, Universidad Libre. Cali, Colombia.
3. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática, Universidad del Valle. Cali, Colombia.

Recibido: Agosto 17 - 2022

Revisado: Mayo 29 - 2023

Aceptado: Septiembre 29 - 2023

Publicado: Agosto 15 - 2024

Citación: Fuertes-Bucheli JF, Pérez G, Quiroz A, Olaya RA, León-Giraldo H, Pacheco R. Distribución espaciotemporal del dengue, el Zika y el chikunguña en Cali, Colombia: 2014-2016. *Univ. Salud.* 2024;26(3):A19-A26. DOI: [10.22267/rus.242603.330](https://doi.org/10.22267/rus.242603.330)

Resumen

Introducción: Las arbovirosis emergentes y reemergentes representan un reto de salud pública en las Américas, debido a su potencial epidémico. **Objetivo:** Determinar la distribución espaciotemporal de los virus del dengue, el Zika y el chikunguña, en un periodo epidémico en Cali. **Materiales y métodos:** Estudio multimétodo descriptivo y ecológico exploratorio de casos confirmados y presuntos notificados al sistema de vigilancia epidemiológica, entre 2014 y 2016. **Resultados:** Se analizaron 40.168 casos, se encontró que el dengue fue la arbovirosis más frecuente (59,2 %). Los individuos más afectados tenían una edad media de 34,5 años y eran predominantemente mujeres (65 %). Las arbovirosis se distribuyeron en toda la ciudad, pero se identificaron agrupamientos significativos en el centro-este y noreste de Cali para las tres enfermedades ($p < 0,01$; $z = -203,7$). **Conclusión:** Este estudio destaca la identificación de zonas críticas para las tres arbovirosis que se localizan en áreas con rezago socioeconómico. Además, los resultados sugieren que factores eco-epidemiológicos y biopsicosociales adicionales a la temperatura, las precipitaciones y el índice aédico pueden desempeñar un papel importante en el comportamiento espaciotemporal de estas enfermedades. Se recomienda una aproximación multidisciplinaria y colaborativa, involucrando a la comunidad y las autoridades, para implementar estrategias de control efectivas, especialmente durante periodos epidémicos.

Palabras clave: Enfermedades transmitidas por vectores; infecciones por arbovirus; brotes de enfermedades; agrupamiento espacio-temporal. (Fuente: DeCS, Bireme).

Abstract

Introduction: Emerging and re-emerging arboviral infections have become a public health challenge in the Americas due to their epidemic potential. **Objective:** To determine the spatio-temporal distribution of the dengue, Zika, and chikungunya viruses during an epidemic period in Cali, Colombia. **Materials and methods:** Multi-method descriptive ecological and exploratory study of confirmed and suspected cases reported to the epidemiological surveillance system between 2014 and 2016. **Results:** 40,168 cases were analyzed, and it was found that dengue was the most frequent arboviral infection (59.2 %). The most affected individuals were women (65 %) and those with a mean age of 34.5 years. Although arboviral infections spread out throughout the city, the three diseases were concentrated in significant groups located at the center-east and northeast areas of Cali ($p < 0.01$; $z = -203.7$). **Conclusions:** This study identified critical zones for the three arboviral infections, which are located in areas with low socioeconomic status. Likewise, the results suggest that in addition to eco-epidemiological and bio-psychosocial factors, temperature, precipitation, and the aedic index may play an important role in the spatio-temporal behavior of these diseases. A multidisciplinary and collaborative approach is necessary, which must involve communities and authorities to implement effective control strategies, especially during epidemic periods.

Keywords: Vector borne diseases; arbovirus infections; disease outbreaks; space-time clustering. (Source: DeCS, Bireme).

Resumo

Introdução: Arbovírus emergentes e reemergentes representam um desafio de saúde pública nas Américas, devido ao seu potencial epidêmico. **Objetivo:** Determinar a distribuição espaço-temporal dos vírus dengue, Zika e chikungunya, em período epidêmico em Cali. **Materiais e métodos:** Estudo multimétodo, descritivo e ecológico exploratório de casos confirmados e suspeitos notificados ao sistema de vigilância epidemiológica, entre 2014 e 2016. **Resultados:** foram analisados 40.168 casos, constatou-se que a dengue foi a arbovirose mais frequente (59,2 %). Os indivíduos mais acometidos tinham idade média de 34,5 anos e eram predominantemente mulheres (65 %). Os arbovírus foram distribuídos por toda a cidade, mas foram identificados aglomerados significativos no centro-leste e nordeste de Cali para as três doenças ($p < 0,01$; $z = -203,7$). **Conclusão:** Este estudo destaca a identificação de zonas críticas para as três arbovirose que estão localizadas em áreas com atraso socioeconômico. Além disso, os resultados sugerem que fatores eco-epidemiológicos e biopsicosociais adicionais à temperatura, à precipitação e ao índice aédico podem desempenhar um papel importante no comportamento espaço-temporal destas doenças. Recomenda-se uma abordagem multidisciplinar e colaborativa, envolvendo a comunidade e as autoridades, para implementar estratégias de controle eficazes, especialmente durante períodos epidêmicos.

Palavras chave: Doenças transmitidas por vetores; infecções por arbovirus; surtos de doenças; conglomerados espaço-temporais. (Fonte: DeCS, Bireme).

*Autor de correspondencia

Robinson Pacheco-López
e-mail: robinson.pacheco.73@gmail.com

Las arbovirosis representan un reto de salud pública en todo el mundo, debido a su potencial epidémico⁽¹⁾. El dengue, el zika y el chikunguña son enfermedades arbovirales transmitidas por los mosquitos *Aedes* spp., para las cuales aún existen limitaciones en la comprensión de sus aspectos epidemiológicos⁽²⁾; además, son de especial interés en las Américas, debido a las características reemergentes del dengue y emergentes del zika y el chikunguña en la región^(3,4); sin embargo, las arbovirosis mencionadas y su comportamiento epidemiológico se han relacionado con variables climáticas⁽⁵⁾, como temperatura, humedad y precipitaciones, fenómenos ambientales como ENOS (El Niño-Oscilación del Sur) y variables geográficas como la altura.

Además, las variables climáticas impactan en el desarrollo larvario de los vectores del género *Aedes* y pueden favorecer su propagación, mientras que la concomitancia geográfica de los arbovirus facilitaría las epidemias y las coinfecciones, sin embargo, variables sociodemográficas y variables humanas conductuales, tales como como la pobreza y las conductas de riesgo (por ejemplo, la no prevención y eliminación de criaderos; la no adecuada disposición de basuras; el no uso de toldillo, repelente de mosquitos o ropa que cubra la máxima superficie posible de piel), bien sea por desconocimiento o costumbres, podrían explicar la presencia de agrupamientos de casos de arbovirosis⁽⁶⁾. En consecuencia, múltiples determinantes sociales de la salud (DSS) tienen el potencial de interactuar entre sí, facilitar o favorecer la incidencia, así como sus consecuencias, por lo tanto, la evaluación de su comportamiento epidemiológico en cada localización geográfica puede aportar información relevante para identificar áreas que se beneficien de la priorización en estrategias de control y prevención^(5,7,8).

Alrededor del 90 % del territorio colombiano es zona de riesgo de transmisión de estas arbovirosis y solo el costo financiero para el dengue es de alrededor de 131,7 millones de dólares⁽⁹⁾. A pesar de las estrategias de control en el país, el departamento Valle del Cauca, incluyendo Cali, ha sido históricamente un lugar endémico y susceptible de presentar más casos de arbovirosis respecto al resto del país⁽¹⁰⁾. Debido al impacto negativo en salud, con implicaciones económicas y sociales a causa de las arbovirosis, se hace necesario contar con información de su comportamiento espaciotemporal para identificar la presencia de zonas críticas, con el objetivo de generar evidencias para priorizar las acciones de prevención y control en las zonas de mayor riesgo^(8,11,12). Por lo tanto, esta investigación buscó determinar la distribución espaciotemporal del riesgo notificado de las enfermedades de dengue, zika y chikunguña, y su relación con los factores climáticos y el índice aéxico, entre los años 2014 y 2016, en Cali, Colombia.

Materiales y métodos

Diseño

Se realizó un estudio multimétodo que combinó un enfoque descriptivo con un diseño de corte transversal para describir la frecuencia y las características demográficas de la población afectada por los virus del dengue, el zika y el chikunguña, entre los años 2014 y 2016, y a través de una aproximación ecológica exploratoria se determinó la distribución

espaciotemporal de la frecuencia de los casos incidentes de las mismas arbovirosis. También, se estudió la correlación de las arbovirosis estudiadas con el índice aéxico, la temperatura y las precipitaciones durante el periodo epidémico de octubre de 2014 a diciembre de 2016.

Área de estudio

La ciudad de Cali es la capital del departamento del Valle del Cauca, se ubica al suroccidente colombiano, al costado occidental del río Cauca, cuenta con 2.227.642 habitantes (de acuerdo con el censo del año 2018 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE), se distribuye en 22 comunas y se ubica a una altura de 1018 m s. n. m.

Este departamento ha presentado conglomerados importantes respecto a la distribución espaciotemporal de los virus del dengue, el zika y el chikunguña en Colombia⁽¹⁰⁾, ello relacionado con que Cali cuenta con un clima tropical con dos estaciones cálidas-secas y dos frías-húmedas: las cálidas-secas van de diciembre a febrero y de junio a septiembre (temperatura media máxima de 31,9 °C y precipitación media mensual de 54,6 mm), mientras que entre marzo y mayo y octubre y noviembre hay estaciones frías-húmedas (temperatura media máxima de 28,0 °C, y precipitación media mensual de 107,4 mm)⁽¹³⁾.

Fuentes de información

Se usó la base de datos del Sistema de Vigilancia de Salud Pública (Sivigila) de la Secretaría de Salud Pública de Cali y, de los casos notificados, solo se incluyeron los casos confirmados o presuntos de dengue, chikunguña y zika en sujetos residentes en la zona urbana de Cali; mientras que se excluyeron los casos que fueron descartados por laboratorio y tras ajustes del Sivigila, así como los registros sin nomenclatura georreferenciable y los casos con residencia en la zona rural o en otras ciudades.

Los datos de precipitaciones totales (mm) y temperatura (°C) fueron obtenidos a partir de las 11 estaciones de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), de manera virtual y para fines académicos. Los datos del índice aéxico de sumideros en Cali fueron suministrados por la Secretaría de Salud de la ciudad y, para efectos del análisis, el índice aéxico se clasificó así: <1 %: muy bajo; de 1 a 1,99 %: bajo; de 2 a 2,99 %: regular; de 3 a 3,4 %: alto; y >4 %: muy alto.

Análisis espacial

Inicialmente se depuró la base de datos en el *software* Microsoft Excel® y se transformó la variable de dirección del domicilio de cada caso reportado en código (DG: diagonal, AV: avenida, CL: calle, PJ: pasaje, KR: carrera y TV: transversal), antes de la intersección se colocó el signo numeral (#) para ser georreferenciada utilizando el servicio de geocodificación de la Infraestructura de Datos Espaciales de Santiago de Cali (IDESC), por medio de la red de carreteras urbanas, para determinar así la ubicación geográfica del evento. Finalmente, las capas obtenidas se ajustaron al sistema de coordenadas cartesianas locales (Magna-Sirgas origen Cali 2009 "MAGNA_Cali_Valle_del_Cauca_2009", sistema de coordenadas de referencia de Santiago de Cali).

Una vez georreferenciados los casos, se procedió a determinar la existencia de agrupamiento o dispersión de estos. Para ello, se realizó el procedimiento analítico denominado: “el promedio del vecino más cercano”, por cada año, con el objetivo de determinar un radio de agrupamiento. En este proceso se promediaron las distancias de cada caso hasta el más cercano y se obtuvo la tendencia al agrupamiento o a la dispersión, con un valor de 100 m. Posteriormente, se calcularon los puntos calientes y fríos, donde se identificaron las zonas geográficas donde existen casos agrupados de forma estadísticamente significativa G_i^* de Getis-Ord.

Luego, se crearon mapas de calor utilizando el geoproceso de densidad de Kernel, obteniendo superficies continuas de densidad, donde se concentran las entidades de punto (casos de enfermedades) por unidad de área (km^2). Se obtuvieron datos rásteres de precipitación (mm/año) y de temperatura en grados Celsius durante los años de estudio, a partir de las estaciones de la CVC que fueron georreferenciadas a través del mapa que se encuentra en el sitio oficial de la entidad⁽¹⁴⁾.

El mapa de índice aéxico se construyó a partir de las comunas y los datos de criaderos de *Aedes* spp. que se reportaron en cada una de ellas. A partir de estos datos, se clasificaron a través de una escala de colores que van del azul (porcentaje de criaderos de *Aedes* spp. bajo y menor al 1%) al rojo (porcentaje de criaderos de *Aedes* spp. alto y mayor al 4%).

Análisis estadístico

Se ejecutó un análisis exploratorio para cada una de las variables, con el objetivo de evaluar su distribución, la identificación de los valores extremos y los datos perdidos o faltantes, asegurando la calidad de la digitación de la base de datos. Posteriormente, se realizó un análisis univariado con cada parámetro para determinar su comportamiento, donde la normalidad de estos se determinó a través de la prueba de Kolmogorov Smirnov ($n > 30$) y donde los datos de las variables categóricas fueron presentados en medias y porcentajes. Además, tras la verificación de su comportamiento, se realizó el análisis de

correlación de Spearman para determinar estadísticamente la correlación entre las arbovirosis estudiadas y las variables medioambientales.

Consideraciones éticas

Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética y Bioética de investigación de la Universidad Libre, seccional Cali, mediante el acta #4 del 25 de noviembre de 2016.

Resultados

Durante el periodo estudiado, se notificaron 46.857 casos de las arbovirosis estudiadas en el área urbana de Cali. Se excluyó al 14,7% por nomenclatura no georreferenciable, por lo que se analizaron 40.168 casos, donde el 59,2% correspondieron a dengue, el 34,1% a Zika y el 6,7% a chikunguña. La media de edad en años de los sujetos con dengue, Zika y chikunguña fue de 29,6, 41,6 y 32,7 años, respectivamente. Los virus del chikunguña y el Zika afectaron con mayor frecuencia a mujeres vs. hombres (64,3% vs. 35,7% para chikunguña y 62,4% vs. 37,6% para Zika, respectivamente), mientras que los casos de dengue se presentaron en una proporción similar en ambos sexos.

En cuanto al régimen de salud, se destaca que la mayoría de los casos con dengue (82,2%), Zika (90,9%) y chikunguña (75,6%) estaban vinculados al régimen contributivo. En contraste, los afiliados al régimen subsidiado fueron el 12,4% de los casos de dengue, el 4,7% de los casos de Zika y el 19% de los casos de chikunguña, mientras que el 3,9% de los casos de dengue, el 3,7% de Zika y el 3,2% de chikunguña, estaban afiliados al régimen especial. Por último, los no afiliados representaron la minoría, con porcentajes menores al 2,2%.

De los pacientes analizados, 33.340 casos fueron geocodificados, lo que representa el 83,2%, mientras que 455 casos se encontraron fuera de los límites geográficos definidos. El análisis de las agrupaciones por cada evento, y para los tres juntos, reveló congregaciones significativas, con probabilidades menores al 1% de que se debieran al azar (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de agrupamientos para dengue, Zika y chikunguña en Cali, Colombia, entre los años 2014 y 2016.

| Análisis de agrupamientos | Dengue | Zika | Chikunguña | Total |
|---------------------------|------------|--------------------|------------|------------------|
| Casos | 23.786 | 13.685 | 2.697 | 40.168 |
| Agrupamientos | 2 | 2 | 3 | 4 |
| Comunas involucradas | 11-16 y 21 | 6, 8, 10-12, 15-16 | 6, 8-12 | 6, 8, 10-16 y 21 |
| Análisis espacial | | | | |
| Media observada | 19,28 m | 28,46 m | 86,29 m | 12,85 m |
| Media esperada | 35,82 m | 47,22 m | 105,89 m | 27,55 m |
| NNR* | 0,53 | 0,60 | 0,81 | 0,46 |
| z-score | -135,62 | -88,48 | -18,39 | -203,7 |
| p-value | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

*NNR: Razón del vecino más cercano, según sus siglas en inglés.

En la Figura 1 se presenta la distribución espaciotemporal y la densidad de Kernel para cada arbovirosis estudiada, y se muestra que los casos de Zika solo se pudieron georreferenciar para el año 2016. En el año 2014 se encontró un índice aéxico $> 4\%$ para la comuna 6, y para las comunas 7 y 8 entre un 3% y un 4% (Figura 1). El patrón obtenido en el

año 2015 mostró niveles de índice aéxico bajos en la zona oriente, mientras que en el año 2016 se observó un patrón crítico para casi toda la ciudad. Las zonas más afectadas fueron norte, oriente y centro, sumando a las comunas 21 y 22 que compartieron índices $> 4\%$, mientras que las siete comunas restantes entre las zonas occidente y sur de la ciudad

presentaron índices entre bajos y regulares. Con el análisis de puntos calientes y la densidad de Kernel,

se identificó que hubo zonas críticas en el centro-este y el noreste de la ciudad (Figura 2).

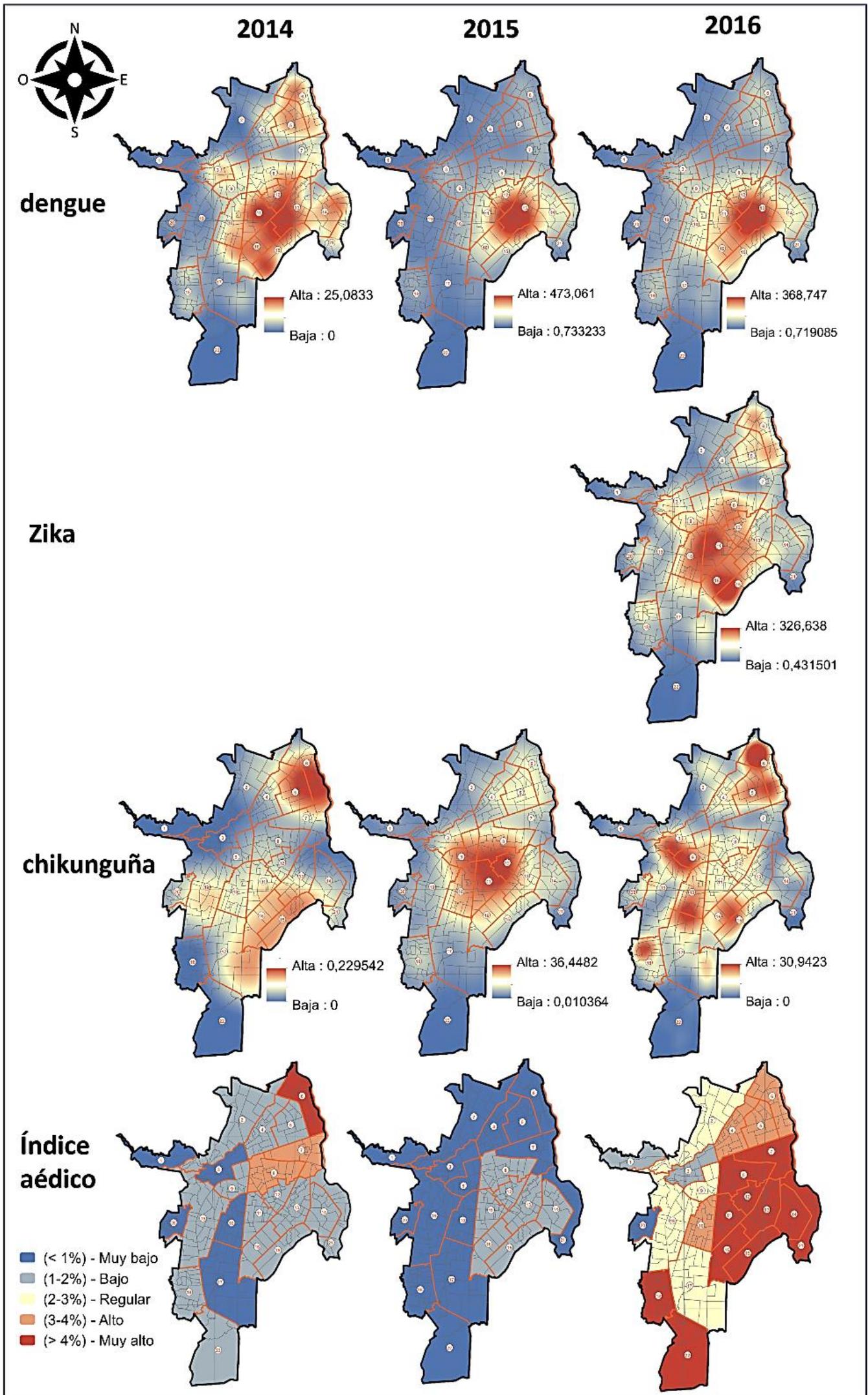


Figura 1. Distribución espaciotemporal y Densidad de Kernel para dengue, Zika y chikunguña, y el índice aéxico en Cali (Colombia), 2014-2016.

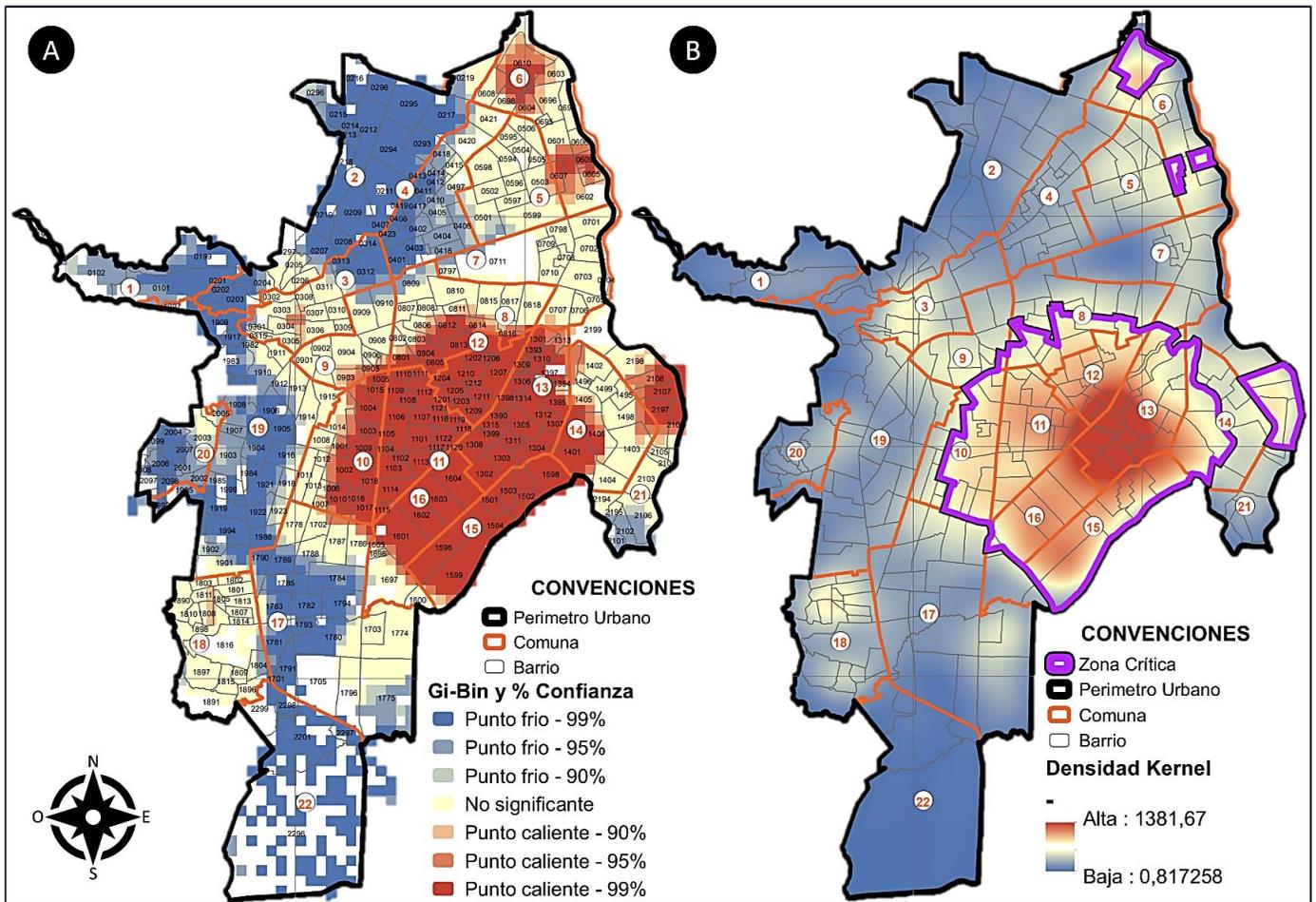


Figura 2. Análisis de A) puntos calientes, y B) mapa de calor (Densidad de Kernel) con zonas críticas identificadas para dengue, Zika y chikunguña entre 2014 y 2016 en Cali, Colombia.

Durante el periodo de estudio, la temperatura de la ciudad tuvo un comportamiento casi constante y una precipitación anual fluctuante, donde el periodo con mayor precipitación fue el año 2014. Las comunas

donde se obtuvieron agrupamientos de las arbovirosis estudiadas se nombraron como Z1, Z2 (centro-este), Z3 y Z4 (norte) (Figura 3).

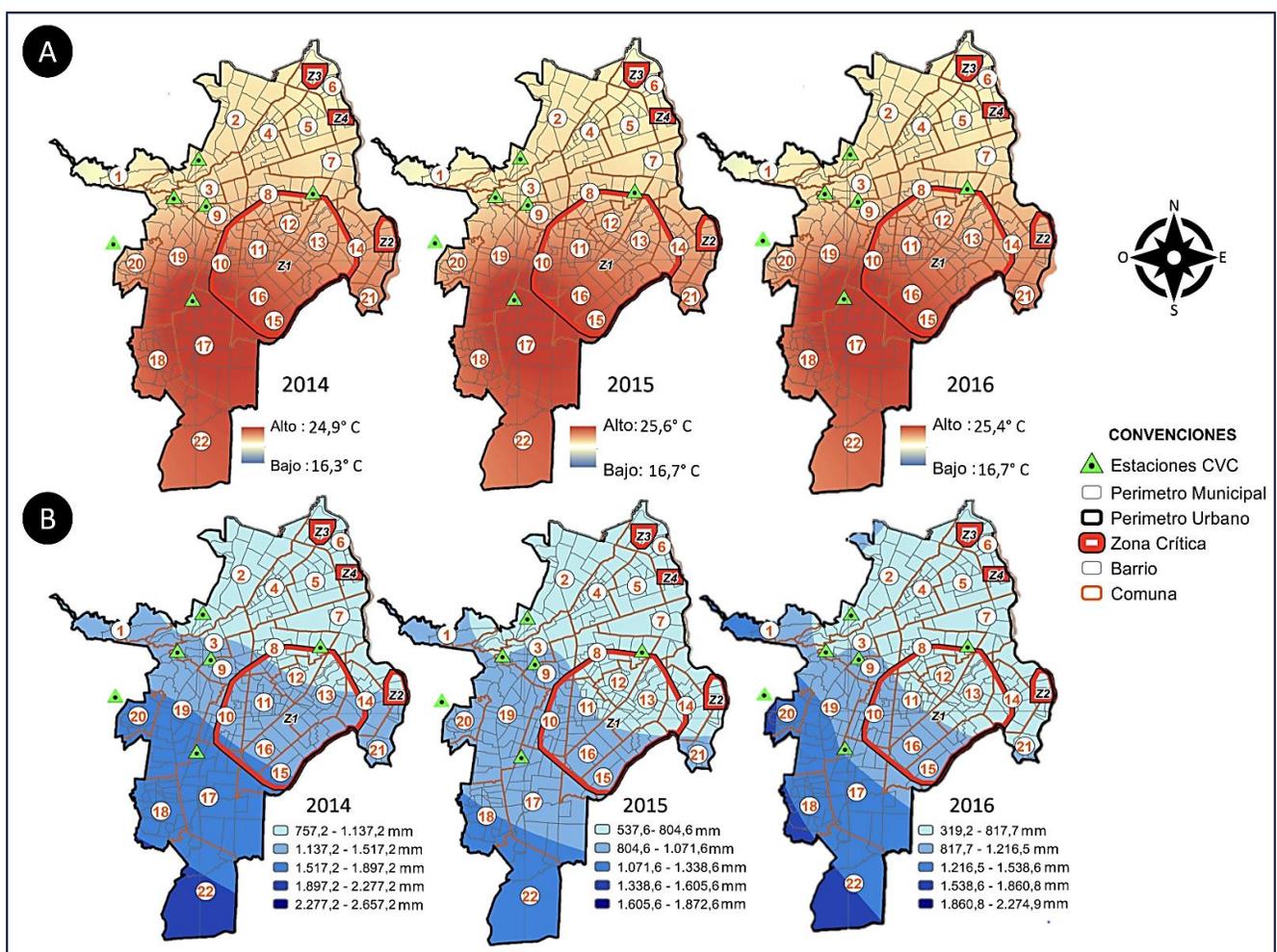


Figura 3. Temperatura y precipitaciones en Cali, Colombia: 2014-2016.

Por otra parte, el promedio de temperatura registrado en las comunas involucradas en todos los agrupamientos fue de 21,5 °C, el cual se mantuvo casi constante, mientras que las precipitaciones registradas en las mismas comunas fluctuaron entre 767,2 mm y 1517,2 mm. En 2014, las precipitaciones variaron de 757,2 mm a 2657,2 mm, mostrando grandes fluctuaciones, pero en general fueron mayores en comparación con el periodo estudiado. Las áreas del norte y el noroeste tuvieron las precipitaciones más bajas, entre 757,2 mm y 1137,2 mm, mientras que el centro y el este experimentaron niveles de precipitación que oscilaron entre 1137,2 mm y 1517,2 mm.

En el año 2015 se registró el periodo más seco, con precipitaciones que variaron entre 537,6 mm y 1872,6 mm. Por su parte, el norte y el noreste tuvieron niveles entre 537,6 mm y 837,6 mm, mientras que el resto del este mostró valores entre 804,6 mm y 1071,6 mm. Finalmente, en el año 2016, las precipitaciones fueron aún más bajas, oscilando entre 319,2 mm y 2274,9 mm. Las áreas del norte, centro y este, así como algunos barrios de Z1, registraron valores entre 319,2 mm y 817,7 mm, mientras que los demás barrios de la Z1 presentaron valores entre 817,7 mm y 1216,5 mm.

Con el coeficiente de correlación de Spearman para el índice aélico, las arbovirosis y las variables medioambientales estudiadas, se obtuvo una $p > 0,05$, por tanto, no se identificó una correlación, pese a que el valor de Rho de Spearman mostró correlaciones de los casos con las variables temperatura y precipitación.

Discusión

Este estudio espaciotemporal de casos de dengue, Zika y chikunguña en una ciudad endémica para arbovirosis en América Latina, durante un periodo epidémico, informa que estas arbovirosis se presentaron en toda la ciudad, pero hubo agrupaciones de casos en el centro-este y el noreste de Cali, y este comportamiento podría corresponder a las interacciones de múltiples variables eco-epidemiológicas y biopsicosociales adicionales a la temperatura, las precipitaciones y el índice aélico, durante el periodo epidémico.

Las comunas de Cali, ubicadas en las zonas críticas para alguna de las arbovirosis fueron las 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 21, de estas resaltan la 11 y la 12, en donde se localizaron casos tanto para dengue como para Zika y chikunguña. Estos hallazgos son consistentes con un estudio previo en la misma ciudad que también identificó a las comunas 11 y 12 como las zonas más afectadas para Zika⁽¹⁵⁾, pero, además, podría indicar un riesgo de coinfecciones y dificultar la vigilancia epidemiológica^(16,17). Adicionalmente, deben considerarse las condiciones biopsicosociales del centro-este y el noreste de Cali, ya que en estas zonas la mayoría de los hogares se encuentran en situaciones de pobreza⁽¹⁸⁾.

La prevención y el control de las arbovirosis es un desafío de salud pública, debido a la influencia de múltiples variables, tanto ambientales como no ambientales, en su comportamiento⁽¹⁹⁾. Por ejemplo, factores eco-epidemiológicos y biopsicosociales

pueden influir en la dinámica de transmisión en la región, tales como temperatura, precipitaciones y humedad; además de geográficos, psicoconductuales, sociales, entre otros DSS⁽¹⁹⁻²¹⁾. Un estudio que evaluó el papel de los factores socioeconómicos y ambientales, asociados con un brote de dengue a nivel de vecindario, reveló que las zonas con mayor densidad poblacional y mayores criaderos artificiales no controlados concentraron más casos, mientras que las zonas con estratos socioeconómicos más altos tuvieron menos casos⁽²²⁾.

Adicionalmente, un estudio en Cali investigó el contexto local de la transmisión de las tres arbovirosis estudiadas y reportaron que la proximidad a canales de agua, la presencia de basura, las actividades de construcción, la influencia de las acciones de la comunidad y la seguridad de los vecindarios influyeron en la propagación de estas enfermedades⁽²³⁾. Otro estudio en Cali identificó que el riesgo de las arbovirosis y los homicidios está geográficamente agrupado, específicamente en la región del centro-este y en los estratos sociales más bajos⁽²¹⁾. Por lo tanto, son necesarios estudios adicionales que evalúen con mayor detalle las causas subyacentes de los conglomerados de las arbovirosis evaluadas, así como investigaciones sobre la aceptabilidad y la efectividad de las estrategias de control, ya que múltiples DSS podrían estar dificultando la prevención y el control de estas arbovirosis^(20,23).

En este estudio, aunque no se encontró correlación entre las variables analizadas, es fundamental considerar posibles subregistros sustanciales, como se evidencia en el índice aélico con fluctuaciones notables en los años evaluados. Además, estudios previos han demostrado la influencia del clima en la incidencia de arbovirosis en diferentes regiones, destacando asociaciones con la temperatura, la humedad relativa y la precipitación⁽²⁴⁻²⁸⁾. A pesar de estos avances, persisten desafíos como la influencia de variables no documentadas y los rezagos temporales, los cuales varían según la localización geográfica y sus contextos eco-epidemiológico y biopsicosocial^(25,29,30).

En Cali, los rezagos previamente evaluados solo para el dengue pueden variar de una semana hasta seis meses, dependiendo de la variable analizada, y el punto máximo de casos puede presentarse luego de dos a cuatro semanas de un periodo cálido-seco⁽¹³⁾. Esto podría explicar la falta de correlación en nuestro estudio y resalta la importancia de futuros análisis espaciotemporales que consideren estos factores. Además, se debe contemplar la inclusión de variables biopsicosociales de las comunidades, como informó Dey *et al.*⁽³¹⁾, quienes lograron predecir el comportamiento de las arbovirosis mediante la evaluación conjunta de variables meteorológicas y socioeconómicas de la comunidad.

Es necesario guiar las estrategias de salud pública de acuerdo con los datos conocidos para cada contexto. En concreto, para la ciudad de Cali, dada la potencial influencia de factores adicionales a la temperatura, la precipitación y el índice aélico, es necesario orientar un enfoque colaborativo interinstitucional y multidisciplinario que involucre a las comunidades y

que aborde, simultáneamente, varios frentes⁽³²⁾: la vigilancia epidemiológica, para la cual se recomienda fortalecer e incluir también variables ambientales y de contexto local^(20-24,27,32); la comunicación del riesgo, para la cual se recomienda fortalecer y dirigir las estrategias a las poblaciones más vulnerables a través de los medios más usados y con metodologías basadas en la evidencia⁽³³⁻³⁵⁾; el control de vectores, que además de considerar las actividades individuales de la población para eliminar criaderos, incluya otras estrategias de control, especialmente en las zonas de mayor riesgo⁽³⁶⁾; y, finalmente, el abordaje integral de otros DSS⁽³²⁾, que sin limitarse a las siguientes, podrían incluir las ayudas sociales y económicas, involucrar a las comunidades en su cuidado, disminuir la violencia en la ciudad, mejorar la infraestructura, abordar el problema que representa el cambio climático y garantizar el acceso y el almacenamiento seguro del agua potable.

Conclusiones

Este estudio espaciotemporal expone áreas críticas en el centro-este y el noreste de Cali para los virus del dengue, el Zika y el chikunguña, durante un periodo epidémico en una ciudad endémica para enfermedades transmitidas por arbovirus, debido a sus condiciones ambientales y geográficas. El comportamiento espaciotemporal observado no fue explicado exclusivamente por la temperatura, las precipitaciones y el índice aéreo durante el periodo epidémico, por lo que se precisa de nuevas investigaciones que consideren variables adicionales; sin embargo, existe abundante evidencia para considerar que el comportamiento de estas arbovirosis pudo deberse a interacciones de múltiples factores: ambientales, entomológicos, epidemiológicos y psicoconductuales; por lo tanto, para controlar las epidemias por arbovirosis en Cali, se recomienda un abordaje colaborativo interinstitucional y multidisciplinario que involucre a las comunidades y que cubra la vigilancia epidemiológica, la comunicación del riesgo, el control de vectores y el enfoque integral de otros DSS potencialmente involucrados.

Algunas limitaciones que deben considerarse: en primer lugar, se evaluaron pocas de las múltiples variables que pudieron influir en el comportamiento de las arbovirosis, sin embargo, se incluyeron todos los datos que estuvieron disponibles; en segundo lugar, las fuentes de información contuvieron subregistros considerables, por lo que la etnia y la ocupación de los pacientes se excluyó de este estudio, por lo que se precisa de estrategias para garantizar la calidad de la información notificada al Sivigila; en tercer lugar, debe considerarse el subregistro adicional que pudo ser causado debido a causas económicas, sociales y de dificultades multicausales en el acceso a la atención en salud, pero reportamos consistencias con otras investigaciones respecto a la distribución espaciotemporal de las arbovirosis.

Fuentes de financiamiento: Recursos aportados del fondo de investigación de la Universidad Libre Seccional Cali.

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no tienen intereses en conflicto.

Referencias

1. Balakrishnan VS. WHO launches global initiative for arboviral diseases. *Lancet Microbe* [Internet]. 2022;3(6):e407. DOI: 10.1016/s2666-5247(22)00130-6
2. Wilder-Smith A, Gubler DJ, Weaver SC, Monath TP, Heymann DL, Scott TW. Epidemic arboviral diseases: priorities for research and public health. *Lancet Infect Dis* [Internet]. 2017;17(3):e101–e106. DOI: 10.1016/S1473-3099(16)30518-7
3. Espinal MA, Andrus JK, Jauregui B, Waterman SH, Morens DM, Santos JI, et al. Emerging and reemerging aedes-transmitted arbovirus infections in the region of the americas: Implications for health policy. *Am J Public Health* [Internet]. 2019;109(3):387–392. DOI: 10.2105/AJPH.2018.304849
4. Dick OB, San Martín JL, Montoya RH, del Diego J, Zambrano B, Dayan GH. The History of Dengue Outbreaks in the Americas. *Am J Trop Med Hyg* [Internet]. 2012;87(4):584–593. DOI: 10.4269/AJTMH.2012.11-0770
5. Vyhmeister E, Provan G, Doyle B, Bourke B. Multi-cluster and environmental dependant vector born disease models. *Heliyon* [Internet]. 2020;6(9):e04090. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04090
6. Ramirez B, on behalf of the TDR-IDRC Research Initiative on Vector Borne Diseases and Climate Change. Support for research towards understanding the population health vulnerabilities to vector-borne diseases: Increasing resilience under climate change conditions in Africa. *Infect Dis Poverty* [Internet]. 2017;6(1):164. DOI: 10.1186/S40249-017-0378-Z
7. Benedum CM, Seidahmed OME, Eltahir EAB, Markuzon N. Statistical modeling of the effect of rainfall flushing on dengue transmission in Singapore. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2018;12:e0006935. DOI: 10.1371/JOURNAL.PNTD.0006935
8. Arcari P, Tapper N, Pfueller S. Regional variability in relationships between climate and dengue/DHF in Indonesia. *Singap J Trop Geogr* [Internet]. 2007;28(3):251–272. DOI: 10.1111/j.1467-9493.2007.00300.X
9. Rodríguez RC, Carrasquilla G, Porras A, Galera-Gelvez K, Yescas JG, Rueda-Gallardo JA. The Burden of Dengue and the Financial Cost to Colombia, 2010–2012. *Am J Trop Med Hyg* [Internet]. 2016;94(5):1065–1072. DOI: 10.4269/AJTMH.15-0280
10. Freitas LP, Carabali M, Yuan M, Jaramillo-Ramirez GI, García Balaguera C, Restrepo BN, et al. Spatio-temporal clusters and patterns of spread of dengue, chikungunya, and Zika in Colombia. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2022;16(8):e0010334. DOI: 10.1371/JOURNAL.PNTD.0010334
11. Cuéllar L, Concepción M, Ramírez B, Álvarez ÁM, Díaz C. Los sistemas de información geográfica y su empleo en un sistema de vigilancia integrado para la prevención del dengue en un municipio de ciudad de La Habana. *GeoFocus* [Internet]. 2014;(9):166–183. Disponible en: <https://www.geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/186>
12. Ordoñez-Sierra G, Sarmiento-Senior D, Jaramillo Gomez JF, Giraldo P, Porras Ramírez A, Olano VA. Multilevel analysis of social, climatic and entomological factors that influenced dengue occurrence in three municipalities in Colombia. *One Health* [Internet]. 2021;12:100234. DOI: 10.1016/J.ONEHLT.2021.100234
13. Eastin MD, Delmelle E, Casas I, Wexler J, Self C. Intra- and Interseasonal Autoregressive Prediction of Dengue Outbreaks Using Local Weather and Regional Climate for a Tropical Environment in Colombia. *Am J Trop Med Hyg* [Internet]. 2014;91(3):598–610. DOI: 10.4269/AJTMH.13-0303
14. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). Portal GeoCVC [Internet]. Valle del Cauca (COL): CVC; 2014. Disponible en: <https://geo.cvc.gov.co>
15. Rodríguez-Morales AJ, Galindo-Marquez ML, García-Loaiza CJ, Sabogal-Roman JA, Marin-Loaiza S, Ayala AF, et al. Mapping Zika virus disease incidence in Valle del Cauca. *Infection* [Internet]. 2017;45(1):93–102. DOI: 10.1007/S15010-016-0948-1
16. Rico-Mendoza A, Porras-Ramírez A, Chang A, Encinales L, Lynch R. Co-circulation of dengue, chikungunya, and Zika viruses in Colombia from 2008 to 2018. *Rev Panam Salud Publica* [Internet]. 2019;43:e49. DOI: 10.26633/RPSP.2019.49

17. Villamil-Gómez W, Restom Merlano J, Bonilla-Aldana K, Salas-Matta LA, Rodríguez-Morales AJ. Arbovirosis endemoepidémicas. *Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*. 2022;13(58):3398–3414. DOI: 10.1016/J.MED.2022.05.030
18. Caicedo-Hurtado MI, Castillo-Valencia M. Tipologías de pobreza en Cali: un análisis con base en el SISBEN. *Tendencias [Internet]*. 2021;22(1):39–70. DOI: 10.22267/RTEND.202102.154
19. Santos LLM, de Aquino EC, Fernandes SM, Ternes YMF, Feres VCR. Dengue, chikungunya, and Zika virus infections in Latin America and the Caribbean: a systematic review. *Rev Panam Salud Publica [Internet]*. 2023;47:e34. DOI: 10.26633/RPSP.2023.34
20. Gomes Mol MP, Matos Quiroz JT, Gomes J, Heller L. Gestión adecuada de los residuos sólidos como factor de protección contra los casos de dengue. *Rev Panam Salud Publica [Internet]*. 2020;44:e22. DOI: 10.26633/RPSP.2020.22
21. Krystosik AR, Curtis A, Labeaud AD, Dávalos DM, Pacheco R, Buritica P, et al. Neighborhood Violence Impacts Disease Control and Surveillance: Case Study of Cali, Colombia from 2014 to 2016. *Int J Environ Res Public Health [Internet]*. 2018;15(10):2144. DOI: 10.3390/IJERPH15102144
22. Delmelle E, Hagenlocher M, Kienberger S, Casas I. A spatial model of socioeconomic and environmental determinants of dengue fever in Cali, Colombia. *Acta Trop [Internet]*. 2016;164:169–176. DOI: 10.1016/J.ACTATROPICA.2016.08.028
23. Krystosik AR, Curtis A, Buritica P, Ajayakumar J, Squires R, Dávalos D, et al. Community context and sub-neighborhood scale detail to explain dengue, chikungunya and Zika patterns in Cali, Colombia. *PLoS ONE [Internet]*. 2017;12(8):e0181208. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0181208
24. Espinoza-Gomez F, Newton-Sanchez OA, Nava-Zavala AH, Zavala-Cerna MG, Rojas-Larios F, Delgado-Enciso I, et al. Demographic and climatic factors associated with dengue prevalence in a hyperendemic zone in Mexico: an empirical approach. *Trans R Soc Trop Med Hyg [Internet]*. 2021;115:63–73. DOI: 10.1093/TRSTMH/TRAA083
25. Bhatia S, Bansal D, Patil S, Pandya S, Ilyas QM, Imran S. A Retrospective Study of Climate Change Affecting Dengue: Evidences, Challenges and Future Directions. *Front Public Health [Internet]*. 2022;10:884645. DOI: 10.3389/FPUBH.2022.884645
26. Nguyen VH, Tuyet-Hanh TT, Mulhall J, Van Minh H, Duong TQ, Van Chien N, et al. Deep learning models for forecasting dengue fever based on climate data in Vietnam. *PLoS Negl Trop Dis [Internet]*. 2022;16(6):e0010509. DOI: 10.1371/JOURNAL.PNTD.0010509
27. Li L, Fang Z, Zhou H, Tang Y, Wang X, Liang G, et al. Dengue Risk Forecast with Mosquito Vector: A Multicomponent Fusion Approach Based on Spatiotemporal Analysis. *Comput Math Methods Med [Internet]*. 2022;2022:2515432. DOI: 10.1155/2022/2515432
28. Cassab A, Morales V, Mattar S. Factores climáticos y casos de Dengue en Montería, Colombia. 2003-2008. *Rev Salud Pública [Internet]*. 2011;13(1):115–128. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-00642011000100010
29. Yavari Nejad F, Varathan KD. Identification of significant climatic risk factors and machine learning models in dengue outbreak prediction. *BMC Med Inform Decis Mak [Internet]*. 2021;21(1):141. DOI: 10.1186/S12911-021-01493-Y
30. Coalson JE, Anderson EJ, Santos EM, Garcia VM, Romine JK, Luzingu JK, et al. The Complex Epidemiological Relationship between Flooding Events and Human Outbreaks of Mosquito-Borne Diseases: A Scoping Review. *Environ Health Perspect [Internet]*. 2021;129(9):096002. DOI: 10.1289/EHP8887
31. Dey SK, Rahman M, Howlader A, Siddiqi UR, Uddin KMM, Borhan R, Rahman EU. Prediction of dengue incidents using hospitalized patients, metrological and socio-economic data in Bangladesh: A machine learning approach. *PLoS ONE [Internet]*. 2022;17(7):e0270933. DOI: 10.1371/JOURNAL.PONE.0270933
32. Organización Panamericana de la Salud. Estrategia para la prevención y el control de las enfermedades arbovirales. Washington DC (USA): PAHO/WHO; 2016. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31412>
33. Desjardins MR, Casas I, Victoria AM, Carbonell D, Dávalos DM, Delmelle EM. Knowledge, attitudes, and practices regarding dengue, chikungunya, and Zika in Cali, Colombia. *Health Place [Internet]*. 2020;63:102339. DOI: 10.1016/J.HEALTHPLACE.2020.102339
34. Hernández Y, Castro M, Pérez S, Pérez A, Lloyd LS, Pérez D. Comunicación para la prevención de arbovirosis: adecuación de iniciativas de la OPS al contexto cubano. *Rev Panam Salud Publica [Internet]*. 2018;42:e146. DOI: 10.26633/RPSP.2018.146
35. Vega-Casanova J, Vega-Estarita L, Arroyave-Cabrera J. Lecciones aprendidas en la comunicación en salud y de riesgo en el manejo del virus del Chikungunya y otras enfermedades transmitidas por el mismo vector. *Revista Científica Salud Uninorte [Internet]*. 2016;32(1):35–55. DOI: 10.14482/SUN.32.1.8472
36. Ogunlade ST, Adekunle AI, Meehan MT, McBryde ES. Quantifying the impact of Wolbachia releases on dengue infection in Townsville, Australia. *Sci Rep [Internet]*. 2023;13(1):14932. DOI: 10.1038/s41598-023-42336-2