

Influencia de la variabilidad climática en la incidencia del dengue en Palmira, Colombia (2010-2015)

Effect of climate variability on the incidence of dengue in Palmira, Colombia (2010-2015)

Influência da variabilidade climática na incidência de dengue em Palmira, Colômbia (2010-2015)

RESUMEN

Introducción: Condiciones socioculturales, económicas y variables climáticas pueden influir en la incidencia del dengue. **Objetivo:** Determinar la influencia de la variabilidad climática en la frecuencia de casos de dengue en Palmira, Colombia, entre los años 2010 y 2015. **Materiales y métodos:** Estudio ecológico exploratorio que relacionó la temperatura, la precipitación y los casos notificados y confirmados de dengue. Se determinó la frecuencia de dengue y se tomaron promedios y medianas tanto anuales como mensuales, y se usó el coeficiente de correlación de Pearson para el análisis de los casos y las variables climáticas. **Resultados:** Se analizaron 2832 casos, donde el promedio anual fue de 472. El asocio de las variables climáticas analizadas y la incidencia de dengue explicó, en un 65 %, el comportamiento del dengue. En el año 2010, se reportó la incidencia de dengue más alta y el promedio de precipitaciones también más alto. Coincidentemente, tras la finalización del fenómeno de La Niña (2011) aumentó la incidencia del dengue. **Conclusiones:** En Palmira, entre los años 2010 y 2015, se encontró una correlación entre la incidencia del dengue y las variables climáticas de temperatura y precipitación, pero futuros estudios deben considerar variables sociodemográficas, culturales, comportamentales y geográficas para ampliar la comprensión de la dinámica del dengue.

Palabras clave: Dengue; enfermedades transmitidas por vectores; cambio climático; clima tropical; incidencia (Fuente: DeCS, Bireme).

Objetivos de Desarrollo Sostenible: Salud y bienestar.

ABSTRACT

Introduction: Sociocultural and economic conditions as well as climate variability can affect the incidence of dengue. **Objective:** To determine the impact of climate variability on the frequency of dengue cases in Palmira, Colombia, between 2010 and 2015. **Materials and methods:** Ecological and exploratory study, which related temperature, precipitation, and reported and confirmed cases of dengue. The frequency of dengue as well as its annual and monthly averages and medians were registered. The Pearson's correlation coefficient was used to analyze cases and climate variables. **Results:** 2,832 cases of dengue were analyzed during the study period, with an annual average of 472. The association between the analyzed climate variables and the incidence of dengue was confirmed in 65% of the cases. In 2010, the highest incidence of dengue and the highest average rainfall level were both reported. Also, the incidence of dengue increased coincidentally after the end of La Niña Phenomenon (2011). **Conclusion:** Between 2010 and 2015, a correlation between the incidence of dengue and climate variables (temperature and precipitation) was found in Palmira. However, future studies should analyze sociodemographic, cultural, behavioral, and geographic variables to better understand the dynamics of dengue.

Keywords: Fever, dengue; vector borne diseases; climate change; tropical climate; incidence. (Source: DeCS, Bireme).

Sustainable Development Goals: Good Health and well-being.



Mayra Montoya-Rojas | 1

Diana Noguera-David | 1

José F. Fuertes-Bucheli | 2

Robinson Pacheco-López | 1,2

1. Grupo de Investigación Esculapio, Universidad Libre. Cali, Colombia.
2. Semillero de Investigación en Microbiología y Salud Pública, Universidad Icesi. Cali, Colombia

Citación:

Montoya-Rojas M, Noguera-David D, Fuertes-Bucheli JF, Pacheco-López R. Influencia de la variabilidad climática en la incidencia del dengue en Palmira, Colombia (2010-2015). Univ. Salud. 2025; 27(1):e7343. DOI: <https://doi.org/10.22267/rus.252701.339>

Recibido: Junio 05 - 2022

Revisado: Noviembre 28 - 2022

Aceptado: Agosto 03 - 2023

Publicado: Enero 13 - 2025



ISSN: 0124-7107 - ISSN (En línea): 2389-7066
Univ. Salud 2025 Vol 27 No 1
<https://doi.org/10.22267/rus>

<https://revistas.udenar.edu.co/index.php/usalud>

RESUMO

Introdução: Condições socioculturais, econômicas e variáveis climáticas podem influenciar a incidência da dengue. **Objetivo:** Determinar a influência da variabilidade climática na frequência de casos de dengue em Palmira, Colômbia, entre 2010 e 2015. **Materiais e métodos:** Estudo ecológico exploratório, que relacionou temperatura, precipitação e casos confirmados e notificados da dengue. A frequência da dengue foi determinada, foram obtidas médias e medianas anuais e mensais. O coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para análise de casos e variáveis climáticas. **Resultados:** Foram analisados 2.832 casos, a média anual foi de 472. A associação das variáveis climáticas analisadas e a incidência de dengue explicou o comportamento da dengue em 65%. Em 2010, foram registradas a maior incidência de dengue e a maior média pluviométrica. Coincidentemente, após o fim do Fenômeno La Niña (2011), a incidência de dengue aumentou. **Conclusão:** Em Palmira, entre 2010 e 2015, foi encontrada correlação entre a incidência de dengue e as variáveis climáticas de temperatura e precipitação, mas estudos futuros devem considerar variáveis sociodemográficas, culturais, comportamentais e geográficas para ampliar a compreensão da dinâmica da dengue.

Palavras chave: Febre da dengue; doenças transmitidas por vetores; mudança climática; clima tropical; incidência (Fonte: DeCS, Bireme).

Metas de Desenvolvimento Sustentável: Saúde e bem-estar.

INTRODUCCIÓN

El dengue es una enfermedad viral transmitida por la picadura del mosquito *Aedes aegypti*, infectado con el virus del dengue. Cada año se reportan entre 50 y 100 millones de casos en más de 100 países, siendo una de las enfermedades reemergentes transmitida por mosquitos de mayor importancia a nivel mundial⁽¹⁾. El dengue es la arbovirosis más frecuente en la región de las Américas y su incidencia ha experimentado un crecimiento sostenido en las últimas décadas, con epidemias cíclicas cada tres o cinco años. En 2019 se registraron 3,1 millones de casos de dengue⁽²⁾.

En Colombia, se estima que más de 26,5 millones de personas que viven por debajo de los 1800 metros sobre el nivel del mar están en riesgo de padecer esta enfermedad. Desde 2008 la incidencia del dengue fluctúa, presentando epidemias casi cada tres años^(3,4). Durante el año 2019, Colombia notificó 124.989 casos de dengue, de los cuales, 50,8% tenía signos de alarma⁽⁵⁾. Para ese mismo año, la incidencia en Valle del Cauca fue de 192,5 casos por cada 100.000 habitantes, donde la mayoría presentó signos de alarma y las ciudades con más casos fueron Cali y Palmira⁽⁵⁾. Además, en Palmira se ha informado de una seroprevalencia de dengue similar a la de Cali (92,2% y 91,2%, respectivamente)⁽⁶⁾, lo que indica un alto nivel de exposición al virus en ambas ciudades.

Esta enfermedad tiene predominio urbano y su comportamiento epidemiológico se debe a múltiples factores, tales como el rápido crecimiento de la población urbana, la migración poblacional, los recursos financieros insuficientes destinados a estrategias de prevención efectivas y algunos factores ambientales⁽⁷⁻⁹⁾. Estos últimos pueden generar condiciones óptimas para el crecimiento y mantenimiento de los mosquitos transmisores del virus, por ejemplo, las temperaturas altas pueden acelerar su transmisión, incluso durante periodos con bajas precipitaciones⁽⁸⁻¹¹⁾.

Aunque mediante el uso de diferentes metodologías se ha identificado la asociación de las variables climáticas con la incidencia del dengue⁽¹⁰⁾, la evidencia reciente informa que la precipitación y la temperatura son factores meteorológicos importantes que influyen en la incidencia de enfermedades transmisibles sensibles al clima como el dengue^(11,13). Aún es poco comprendida la influencia de las lluvias en el comportamiento de la enfermedad, además, existen vacíos en el conocimiento en cuanto a la dinámica del clima y la incidencia del dengue^(9, 14) en Palmira.

En esta investigación se explora la influencia de la variabilidad climática (precipitación y temperatura) en la incidencia de los casos de dengue confirmados y notificados en Palmira, Colombia, entre los años 2010 y 2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio ecológico exploratorio, donde las condiciones ambientales y su relación con el comportamiento de la incidencia del dengue fueron la unidad de análisis en la zona urbana de Palmira, Colombia. Para contrarrestar posibles amenazas a la validez interna de esta investigación, se analizó toda la información disponible de un quinquenio, con lo cual se pretendió reducir la afectación por posibles sesgos de información o selección y la presencia de factores que generaran confusión. Por otro lado, esta investigación no pretende identificar una causalidad entre la variabilidad climática y la incidencia del dengue en Palmira, y su objetivo se restringe a describir la misma, por lo que la falacia ecológica no debe considerarse.

Crterios de seleccin

Se incluyeron los casos confirmados de quienes residían en la zona urbana de Palmira y que fueron notificados al Sistema de Vigilancia en Salud Pública (Sivigila) de Colombia, entre los años 2010 y 2015. Se excluyeron los casos descartados por laboratorio, con residencia en el área rural de la ciudad y los que no tenían información suficiente para la georreferenciación. Se tuvo en cuenta la definición de caso confirmado de dengue, así:

I) Caso confirmado por laboratorio: Caso probable de dengue, dengue grave o mortalidad por dengue confirmado por alguno de los criterios de laboratorio para el diagnóstico de dengue mediante PCR o aislamiento viral en pacientes con menos de cinco días de inicio de la fiebre o prueba de IgM Dengue ELISA en pacientes con cinco o más días de inicio de la fiebre⁽¹⁵⁾.

Área de estudio

Se tomó como área de estudio la zona urbana de Palmira, ubicada en la ribera oriental del río Cauca, en la región sur del departamento Valle del Cauca en Colombia (3° 31'48" de latitud norte y 76° 81'13" de longitud al oeste de Greenwich). Para el periodo estudiado, la ciudad contaba con una población de 308.671 habitantes, de los cuales 247.541 estaban en la zona urbana. Además, la ciudad presentaba una extensión de 1123 kilómetros cuadrados, dividida en 16 comunas, 7 urbanas y 8 rurales. Los pisos térmicos del área urbana y rural de la ciudad varían desde el clima

frío en el páramo, hasta la zona cálida del valle del río Cauca; su temperatura en el área urbana va desde los 18°C hasta los 37°C, la precipitación anual es de 1045 mm y su altura sobre el nivel del mar es de 1001 metros. Además, es centro de grandes ingenios azucareros, constituyendo uno de los más importantes centros comerciales, industriales y agrícolas de Valle del Cauca.

Fuentes de informacin

La información de los casos de dengue se obtuvo con la aprobación de la Secretaría de Salud Pública Municipal de Palmira, entidad que entregó la base de datos de casos notificados de dengue al Sivigila desde el año 2010 hasta el 2015. La base de datos contenía información demográfica (edad, sexo, régimen de seguridad social en salud, clasificación clínica y estado del caso: confirmado o descartado por laboratorio).

Los datos climatológicos se obtuvieron del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam) y los registros históricos de precipitación, humedad y temperatura promedio de los años de estudio se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en Palmira. Para observar los fenómenos de El Niño y La Niña, se usó la información disponible en el Centro de Predicción Climática del *National Oceanic and Atmospheric Administration of USA* y para la realización de la georreferenciación, se solicitaron los planos del municipio de Palmira, otorgados por el Departamento Administrativo de Planeación de la ciudad, no obstante, no se logró la georreferenciación, debido a que, en el curso de esta investigación, el municipio de Palmira no contaba con capas del municipio que permitiera utilizar una herramienta para evidenciar la presencia de conglomerados.

Manejo y análisis de datos

Una vez se obtuvieron los registros, se depuró la base de datos, se realizó un control de la calidad de estos, se tomó aleatoriamente el 10% de los registros y se comparó frente a los documentos fuente. Luego, se describieron las características demográficas de la población y mediante la prueba de *Mann-Kendall* se comprobó si existió una tendencia en la incidencia de los casos confirmados durante el periodo de estudio, considerando que había una tendencia solo cuando $p = < 0,05$.

Análisis espacial

Se realizó la transformación de los datos para la georreferenciación; se identificó la dirección del domicilio de cada paciente como variable necesaria y se transformó en código (DG: diagonal, AV: avenida, CL: calle, PJ: pasaje, KR: carrera y, antes de la intersección, el signo numeral #) para ser geocodificada y obtener las coordenadas en un plano cartesiano. El programa utilizado para el sistema de información geográfica (SIG) fue el ArcGIS v10.2 (ESRI, *Redlands*, California, Estados Unidos), del cual se obtuvieron los mapas en los que se representan uno o varios casos de dengue, con una tabla de atributos como edad y número de casos notificados por año.

Finalmente, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson entre las variables meteorológicas y los casos de dengue para determinar el tipo de asociación que las variables compartían. El coeficiente de correlación de Pearson es una medida de la correlación lineal entre dos variables, que se usa con frecuencia para evaluar variables climáticas y la incidencia del dengue. Se calcula dividiendo el producto de la desviación estándar de cada una de las variables por la covarianza entre ellas y el resultado es un valor entre -1 y 1, donde -1 indica una correlación negativa perfecta, 0 muestra que no hay correlación y 1 revela una correlación positiva perfecta. Cuando se identificó que los datos de los casos de dengue (variable respuesta) no se comportaron de forma normal (sin principio de normalidad estadística), se utilizó un análisis de varianza no paramétrica de *Kruskal-Wallis*, para determinar si existían diferencias significativas entre las medias de cada nivel del factor meses de los casos de dengue registrados para el municipio de Palmira.

Consideraciones éticas

Esta investigación fue realizada conforme a la declaración de Helsinki. Además, fue aprobada como una investigación sin riesgo por el Comité de Ética de la Universidad Libre, según Acta n.º 02 del 28 de abril del 2017.

RESULTADOS

Entre enero del 2010 y diciembre del 2015 se notificaron 4549 casos de dengue en la ciudad de Palmira y 1717 registros (38%) se excluyeron por: ubicaciones en zonas rurales (998), estar fuera de Palmira (320), descartados por laboratorio (227), casos duplicados (136) y errores de digitación (36). Se analizaron 2832 casos, donde la mediana global de la edad fue de 25,6 años, el 60% fueron dengue sin signos de alarma, un 38% sí los presentó y un 2% fue catalogado como dengue grave, la incidencia notificada en los hombres fue superior a la de las mujeres durante todos los años y los hombres como las mujeres de 20 a 30 años fueron afectados en un 46% y 35%, respectivamente; como dato adicional, el 80% estaba afiliado al régimen de seguridad social en salud contributivo y el 12% al subsidiado.

La incidencia anual de los casos osciló entre 6 y 210 casos por cada 100.000 habitantes, durante los cinco años estudiados. En el año 2010, con 787 casos, fue el periodo en el que se notificó el mayor número de casos, donde el promedio mensual fue de 87 casos (mediana de 71 casos), seguido del 2014, con un promedio por mes de 63 casos (mediana de 57 casos). Con la aplicación de la prueba de *Mann-Kendall*, se interpretó que no hubo una tendencia en la serie durante el periodo estudiado $p=0,104$ (Figura 1).

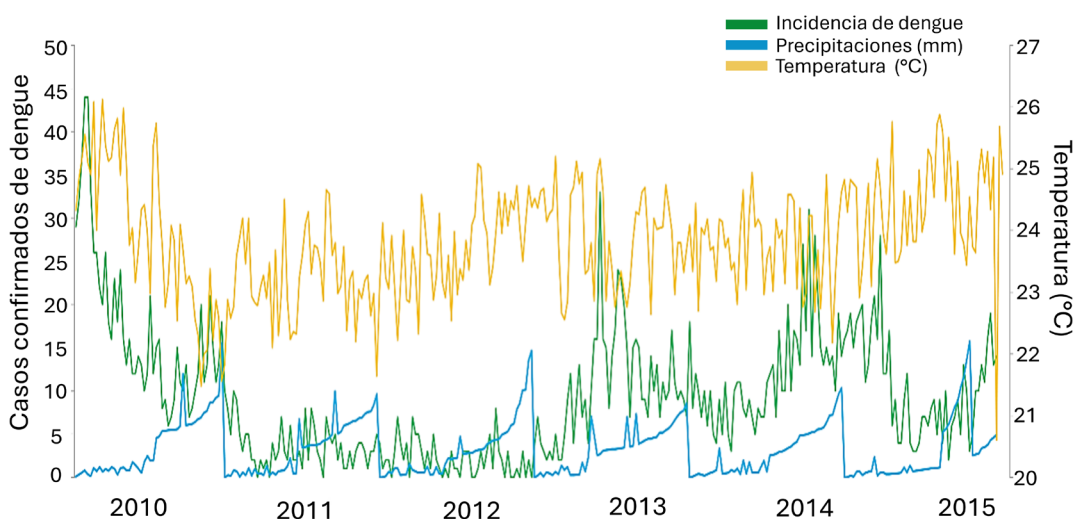


Figura 1. Comportamiento de la incidencia del dengue temperatura y precipitaciones, 2010-2015

Se observaron picos epidémicos en tres años, los cuales conformaron el grupo de los años epidémicos: en el año 2010 se presentaron 44/100.000 habitantes en las semanas epidemiológicas 6 y 7; en el 2013 con 33/100.000 habitantes en la semana 23, y en el 2014 con 26/100.000 habitantes. El 2012 fue el año con menor reporte de casos, con solo 2/100.000 habitantes en las semanas 5, 7, 9 y 10 (Figura 1).

En cuanto al comportamiento de la temperatura y las precipitaciones, se identificó que, durante los años de seguimiento, el Ideam declaró la presencia del fenómeno de La Niña desde julio del 2010 hasta mayo del 2011. En cuanto a la temperatura tomada de la estación ubicada en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), zona urbana del municipio de Palmira, se encontró (con valores absolutos mes) que las temperaturas máximas registradas ocurrieron en los años 2010, 2012 y 2015, con valores entre los 34,4°C y los 35,1°C (Figura 1).

Los mayores promedios anuales fueron de 24,6°C y se presentaron en el año 2015. El mínimo anual de temperatura se mantuvo en un promedio de 16°C y, a partir del 2010, la tendencia al aumento de la temperatura máxima absoluta fue evidente (figura 1); en el 2015 ocurrió el pico más alto, con 35,1°C de temperatura promedio y la menor cifra registrada sucedió en el 2010, con una temperatura promedio de 29,2°C (Figura 1).

En cuanto a las precipitaciones, durante los años 2010 al 2015, Palmira tuvo un valor medio de precipitaciones de 95,7 mm, con un total de 6926,9 mm de precipitación durante todos los años. El año en el que más precipitaciones hubo fue el 2010, donde el total de milímetros fue de 1548,5, mientras que el año que tuvo menos precipitaciones fue el 2015, con 845,3 mm (Tabla 1).

Tabla 1.
Descripción de las precipitaciones, Palmira (Colombia), 2010 - 2015

| Precipitaciones (mm) | Año | | | | | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Promedio mensual | 128,8 | 118,5 | 84,1 | 93,3 | 80,1 | 69,5 |
| Mediana | 111,7 | 138,9 | 59,7 | 59,7 | 72,5 | 35,4 |
| Desviación estándar | 109 | 63,2 | 61,4 | 61,4 | 48,7 | 67,0 |
| Máximo mensual | 397,8 | 228,1 | 184,9 | 184,9 | 159 | 220,4 |
| Mínimo mensual | 4,8 | 9,4 | 13,7 | 7,3 | 12,6 | 4,4 |

La precipitación promedio mensual más alta se dio en el año 2010, con un total de 128,8 mm, y la más baja fue en el año 2015 con 69,5 mm. El valor mínimo de precipitaciones presentado por mes se dio en septiembre del 2015, donde cayeron 4,4 mm de precipitaciones y el año que tuvo más días con precipitaciones fue el 2011, con un total de 186 días (186/365), mientras que el año en que menos días llovió fue en el 2015, con solo 98 días de lluvia (98/365).

Al describir la relación entre el dengue, la temperatura y las precipitaciones, se encontró que, en el 2010, la incidencia de dengue fue mayor a la de todos los años analizados, ya que el promedio de temperatura se mantuvo muy parecido al de los demás años y el de precipitaciones fue el más alto de todos (Tabla 2).

| Variable | Año | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------|------|------|------|------|
| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 |
| Incidencia de dengue | | | | | | |
| Promedio | 86,5 | 18,3 | 11,6 | 50,1 | 63,3 | 49,8 |
| Mediana | 71 | 14,5 | 12,5 | 48,5 | 57 | 35,5 |
| Desviación estándar | 49,3 | 8 | 6,5 | 25,9 | 25,5 | 22,7 |
| Temperatura (°C) | | | | | | |
| Promedio | 32 | 31 | 31,9 | 31,9 | 32,4 | 33,5 |
| Mediana | 31,8 | 31,3 | 31,6 | 32 | 32,4 | 33,4 |
| Desviación estándar | 2 | 1 | 1,1 | 0,8 | 0,9 | 1,1 |
| Precipitaciones (mm) | | | | | | |
| Promedio | 128,8 | 118,5 | 84,1 | 93,3 | 80,1 | 69,5 |
| Mediana | 11,7 | 138,9 | 59,7 | 76,9 | 72,5 | 52,9 |
| Desviación estándar | 109 | 63,2 | 61,4 | 76,7 | 48,7 | 64,2 |

Tabla 2.

Estadísticos descriptivos de la incidencia de dengue, temperatura y precipitaciones en Palmira (Colombia), 2010 - 2015

Al realizar un análisis gráfico y del coeficiente de correlación de Pearson de los datos, se observó una correlación entre las variables en estudio, encontrando que la asociación de la temperatura, la precipitación y la incidencia de dengue explicó en un 65% los casos de esta enfermedad (Figura 1). La correlación que se presenta en algunos casos es positiva entre el número de casos de dengue *versus* la temperatura, y es negativa entre el número de casos de dengue *versus* las precipitaciones. En el año 2010, donde la temperatura se mantuvo sobre los 24,9°C, también se presentó una alta notificación de casos. A finales de cada año, las precipitaciones aumentaron, pero a medida que esto ocurría, la temperatura disminuía y, en algunos años, lo mismo sucedía con la incidencia del dengue (Figura 1).

En el análisis de localización espacial se identificó el comportamiento de la localización geográfica de riesgo de los eventos de dengue por cada año dentro del periodo 2010-2015, con relación a la edad y el número de casos de dengue (Figuras 2). Este análisis se realizó también sobre los 2458 eventos que lograron ser posicionados mediante el proceso de localización geográfica de riesgo dentro del perímetro urbano de Palmira y, a pesar de que no se lograron identificar conglomerados por la falta de datos de la capa base de la ciudad, sí se identificó que las comunas 5 y 6 presentaron la mayor cantidad de casos de dengue (Figura 2a).

En el año 2010 se dieron el mayor número de eventos dentro del periodo de estudio, por ello, se realizó un análisis de este periodo y de la variable edad, evidenciando el rango de edades entre 11 y 20 años como el tope máximo, con un equivalente de participación del 31% y una distribución de ocurrencia general en el área del municipio (Figura 2b).

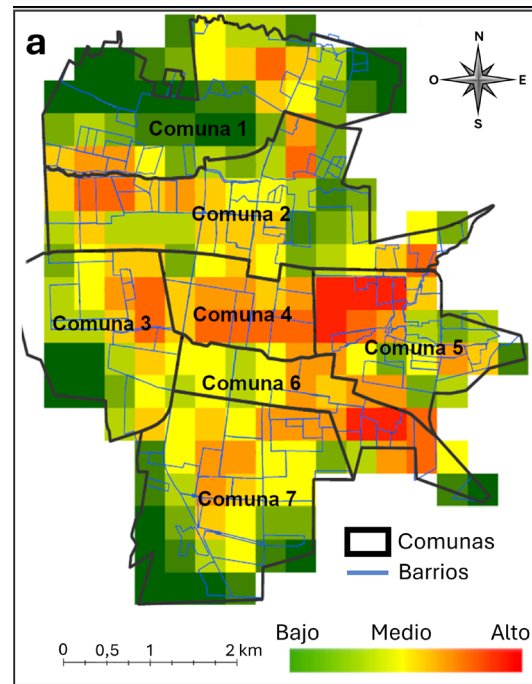
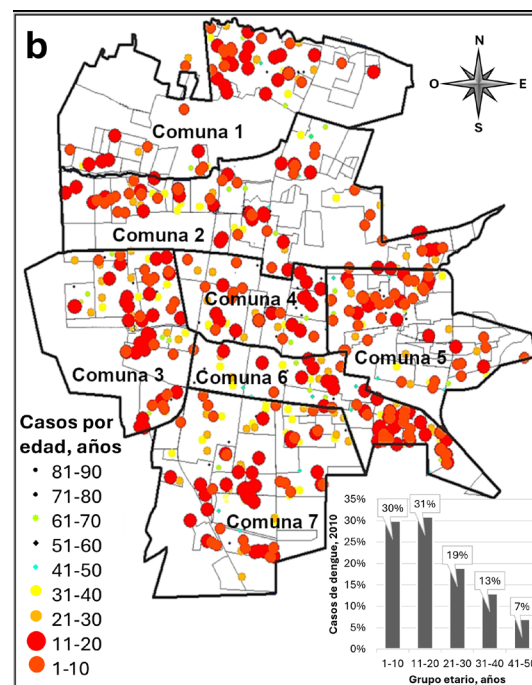


Figura 2.
Localización geográfica de riesgo de los eventos de dengue:

2a) Análisis de densidad en Palmira, Colombia, en el periodo 2010-2015

2b) Eventos de dengue por rango de edad en el año 2010



DISCUSIÓN

Este estudio correlacionó la incidencia de los casos de dengue confirmados y notificados al Sivigila, con la temperatura y la precipitación en Palmira (Colombia) entre 2010 y 2015. Se observó una correlación significativa entre la incidencia del dengue y el análisis simultáneo de la precipitación y temperatura. Además, se observó que en 2010 hubo la incidencia de dengue más alta y el promedio de precipitaciones fue el más alto.

La incidencia global en el periodo estudiado fue de 650 casos de dengue notificados por cada 100 000 habitantes; siendo mayor que la reportada para el país (412 casos por 100 000 habitantes). Se observó que en el 2010 hubo un pico importante de casos, comportamiento que cambió tras la finalización del fenómeno de la Niña en 2011. Sin embargo, existe la posibilidad de subregistro debido a dificultades en la notificación, barreras de acceso a los servicios de salud, y no consulta por parte de pacientes con síntomas leves, por ello, los resultados de este estudio deben ser tomados con precaución⁽¹⁷⁾.

No se identificaron diferencias significativas con relación al sexo, edad, procedencia y régimen de salud, posiblemente debido a que *A. aegypti*, es una especie sinantrópica y puede adaptarse fácilmente a las viviendas humanas. Además, porque su hábito alimenticio es en las horas vespertinas, por lo cual, todos los individuos pueden estar expuestos al mismo riesgo. Otros estudios en América Latina documentaron un comportamiento de las variables demográficas similar al identificado en esta investigación⁽¹⁸⁻²⁰⁾.

Se identificó que aunque en el análisis individual de las variables climáticas no se explicaron de forma contundente los casos de dengue en Palmira, sí hubo una influencia importante entre el conjunto de variables climáticas locales estudiadas (temperatura y precipitación) y los casos de dengue para la ciudad, ya que el asocio de la temperatura, precipitación e incidencia de dengue explicó en un 65 % los casos de dengue, hecho que tiene similitud con lo documentado por varias investigaciones, que de forma reiterativa recomiendan la evaluación de las variables ambientales locales para el análisis de la incidencia del dengue^(9,14,21,22), pero el asocio de estas variables aún es tema de estudio, y se ha referido que por sí solas estas no explican en totalidad el comportamiento epidemiológico de

esta enfermedad, ya que pueden estar involucradas otras variables sociodemográficas, culturales y comportamentales de cada población^(21,22), las cuales no se abordaron en esta investigación.

Adicionalmente, se identificó que, en el contexto de la ubicación geográfica de Palmira -zona endémica con centros urbanos densamente poblados-, durante el periodo evaluado, en los periodos de tiempo en los que se presentaron más precipitaciones, con temperaturas óptimas para el vector del dengue, la incidencia del dengue fue mayor. Esto puede explicarse porque en los periodos de lluvia aumenta la disponibilidad de criaderos de vectores y se promueve en el mosquito la replicación, y dado que son centros urbanos densamente poblados, a mayor densidad y mayor número de recipientes u objetos que pueden servir de criaderos, entonces, mayor riesgo de la transmisión de dengue⁽²³⁻²⁷⁾.

Se observó que conforme terminaba un periodo de lluvia y aumentaba paulatinamente otro, los casos aumentaban con diferentes rezagos de tiempo que no se midieron en este estudio. Establecer un rezago igual entre las precipitaciones y la incidencia de dengue en diferentes localizaciones geográficas ha sido complejo; un estudio en Colombia, uno en México y otro en Barbados, documentaron rezagos de 20, 2 y 7 semanas respectivamente^(14,20,28), y se ha reportado que la incidencia del dengue puede disminuir en el primer mes después de una inundación solo para aumentar en los próximos 3 meses^(28,29).

Los rezagos observados en este estudio podrían explicarse con la hipótesis de que, en los días de fuertes lluvias, los vectores no se desarrollan debido a la interrupción de su desarrollo, ya que estos son capaces de eliminar los huevos, las larvas y las pupas de los sitios de reproducción, sin embargo, cuando comienzan a disminuir las lluvias (momento posterior a la lluvia), puede evidenciarse un ambiente óptimo para la continuidad de la vida de los vectores, que pueden aumentar dependiendo del número variable de criaderos según la infraestructura local y la temperatura de la región^(24,26,29); no obstante, la depresión temporal inicial de la incidencia de dengue, luego de las lluvias, aún no está completamente clara, y los sistemas de vigilancia que integran variables climáticas y de monitorización continua pueden ser de utilidad para mejorar la comprensión de este fenómeno⁽¹¹⁻¹³⁾, ya

que pueden ayudar a determinar qué otras variables influyen en la dinámica del dengue, como las sociodemográficas, las culturales, las comportamentales y las geográficas, que no se evaluaron en esta investigación⁽²⁸⁻²⁹⁾.

Los resultados de este estudio coinciden con los de otras investigaciones que evaluaron la influencia de las variables climáticas en la incidencia del dengue, tanto en Colombia como en Asia, toda vez que se reporta que la incidencia de dengue aumenta en los periodos de mayor precipitación^(16,28-29), sin embargo, en dichos estudios también se menciona la importancia de la humedad como variable de interés, por esto, una futura investigación en la ciudad podría considerar esta variable^(16,27-28). Ordoñez-Sierra *et al.*⁽⁹⁾ analizaron factores sociales, climáticos y entomológicos, y reportaron que la temperatura tiene una correlación positiva con la incidencia de los casos de dengue, además, cuestionaron otros estudios colombianos que han evaluado y encontrado una correlación de las precipitaciones y la incidencia del dengue, pero en su estudio no consideraron a la infraestructura particular de cada localización geográfica estudiada y solo analizaron un dato por año por cada municipio en cuanto a los factores entomológicos, lo cual pudo afectar los resultados⁽⁹⁾. Por lo tanto, se recomienda reforzar la vigilancia de estos factores y considerar la infraestructura local en futuros estudios⁽³⁰⁾.

En Palmira, durante el periodo evaluado, se identificó que a medida que pasaba el tiempo, la temperatura aumentaba y también lo hacían los casos de dengue; sin embargo, según el modelo de *Pearson*, no se encontró una relación significativa entre la temperatura y los casos de dengue, ya que se requiere de un valor de asociación de causalidad mayor al 50%. Aunque Johansson *et al.*⁽³¹⁾ encontraron resultados similares en Puerto Rico, con datos de 77 municipios en un periodo de 20 años, la ausencia de asociación se podría explicar por la óptima temperatura de transmisión y la supervivencia del virus en el vector en dicho estudio y en Palmira, durante el periodo evaluado.

Lo anterior concuerda con la hipótesis de que un aumento de un grado centígrado de temperatura en la superficie del mar se refleja en un aumento del 14% en la incidencia de dengue cuando se mantiene a las demás variables constantes^(16,30). El hallazgo tiene sentido ecológico debido a que las

temperaturas están acordes al comportamiento del vector en etapas en fase larval, en el municipio de Palmira. Adicionalmente, los resultados de esta investigación apoyan la premisa de que la incidencia del dengue está asociada a la variabilidad climática local de cada ubicación geográfica, no obstante, no se limita a ellas^(16, 28-29, 32-33).

Esta investigación presenta varias limitaciones: primero, no se incluyeron otras variables significativas como la humedad, la infraestructura, las características socioculturales y comportamentales, debido a la disponibilidad limitada de información durante el estudio; aunque, para mitigar posibles amenazas a la validez interna, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de todos los datos disponibles a lo largo de un quinquenio, con el propósito de minimizar sesgos de información, selección y la influencia de factores de confusión.

De igual forma, el estudio se centra en explorar la influencia de la variabilidad climática en la incidencia del dengue en Palmira, sin intención de establecer causalidad. Además, la falta de capas base (comunas, barrios, malla vial y perímetro urbano) impidió realizar una georreferenciación precisa, por lo que se recurrió a la localización manual de casos, método que, aunque funcional, limita la precisión en la detección de conglomerados espaciales. Aun así, se observó una mayor densidad de casos en las comunas 5 y 6, especialmente en barrios como Municipal, Urbanización El Bosque y La Alameda, caracterizados por amplias zonas verdes y bajo control vectorial. En concreto, las limitaciones subrayan la necesidad de contar con herramientas como capas base y de realizar futuras investigaciones más robustas y controladas para mejorar la comprensión epidemiológica del dengue.

CONCLUSIONES

Se observó una correlación entre la incidencia del dengue y las condiciones climáticas, donde el análisis simultáneo de la temperatura, la precipitación y la incidencia de dengue explicó en un 65 % los casos de esta enfermedad. Además, durante los periodos de mayor precipitación hubo más casos, pero estos disminuyeron cuando las lluvias aumentaban en cada periodo.

Se recomienda incluir análisis geoespaciales y variables climáticas en los sistemas de vigilancia y alerta temprana contra el dengue. Futuras investigaciones deberían considerar incluir variables sociodemográficas, culturales, comportamentales y geográficas que no se analizaron en esta investigación.

Agradecimientos: Los autores agradecen a la Secretaría de Salud Pública de Palmira, Colombia.

Financiamiento: El desarrollo de esta investigación fue financiado con recursos propios de los investigadores.

Contribución de autores: La conceptualización y curación de datos fue realizada por Robinson Pacheco, Mayra Montoya y Diana Noguera. La metodología, el análisis formal y la interpretación de los resultados estuvieron a cargo de Robinson Pacheco, José Fuertes, Mayra Montoya y Diana Noguera. La visualización fue realizada por Robinson Pacheco, José Fuertes, Mayra Montoya y Diana Noguera. La redacción del borrador original estuvo a cargo de Mayra Montoya y Diana Noguera, mientras que la redacción, revisión y edición fueron realizadas por José Fuertes y Robinson Pacheco. La administración y supervisión estuvo a cargo de Robinson Pacheco.

Aprobación de ética y consentimiento para participar: Acta n.º 02 del 28 de abril del 2017 emitida por el Comité de Ética de la Universidad Libre.

Disponibilidad de datos y materiales: Los datos analizados durante el presente estudio están disponibles a través del autor de correspondencia, sujeto a una solicitud razonable.

Conflicto de intereses: Todos los autores declaran no tener conflicto de interés.

Consentimiento para publicación: Todos los autores revisaron y aprobaron la publicación de este estudio.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Vector-borne diseases [Internet]. OMS; [citado 2023 Ene 16]. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>
2. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS). Actualización Epidemiológica: Dengue y otras Arbovirosis (10 junio 2020) [Internet]. Washington D.C: OPS/OMS; 2020. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52289>
3. Maestre Serrano R, Gómez Camargo D. Dengue: epidemiología, políticas públicas y resistencia de vectores a insecticidas. *Rev Cienc Biomed* [Internet]. 2013 [citado 2023 Enero 16]; 4(2):302-317. Disponible en: <https://revistas.unicartagena.edu.co/index.php/cbiomedicas/article/view/2826>
4. Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS). Boletín epidemiológico semanal. Semana epidemiológica 33: 15 al 21 de agosto de 2021 [Internet]. (COL): INS; 2021. DOI: 10.33610/23576189.2021.33
5. Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS). Informe de Evento Dengue, Colombia, 2019 [Internet]. (COL): INS; 2019 [2023 Ene 16]. Disponible en: https://www.ins.gov.co/busador-eventos/Informesdeevento/DENGUE_2019.pdf
6. Boletín del Observatorio de Salud Pública de Palmira #5 Enfermedad por Dengue - Semanas epidemiológicas 1-32 -Agosto 2020- [Internet]. Alcaldía de Palmira; 2020 [citado 2023 Ene 16]. Disponible en: <https://oldpage.palmira.gov.co/index.php/9199-balancedendgueenpalmira>
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). Scaling up the response to infectious diseases: a way out of poverty: report on infectious diseases 2002 [Internet]. Geneva (CHE): OMS; 2002. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/67248>
8. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Últimos adelantos técnicos en la prevención y el control del dengue en la Región de las Américas. Informe de reunión (28-29 de mayo del 2014, Washington DC) [Internet]. Washington D.C (USA): OPS; 2014. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/31294>
9. 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
10. Naish S, Dale P, Mackenzie JS, McBride J, Mengersen K, Tong S. Climate change and dengue: A critical and systematic review of quantitative modelling approaches. *BMC Infect Dis* [Internet]. 2014; 14(1):167. DOI: 10.1186/1471-2334-14-167
11. Baharom M, Ahmad N, Hod R, Arsad FS, Tangang F. The impact of meteorological factors on communicable disease incidence and its projection: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021; 18(21):11117. DOI: 10.3390/ijerph18211117
12. Li C, Lu Y, Liu J, Wu X. Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges. *Sci Total Environ* [Internet]. 2018; 622-623:493-501. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.326
13. Baharom M, Ahmad N, Hod R, Abdul Manaf MR. Dengue early warning system as outbreak prediction tool: A systematic review. *Risk Manag Healthc Policy* [Internet]. 2022; 15:871-886. DOI: 10.2147/RMHP.S361106
14. Rúa-Urbe GL, Suárez-Acosta C, Chauca J, Ventosilla P, Almanza R. Modelización del efecto de la variabilidad climática local sobre la transmisión de dengue en Medellín (Colombia) mediante análisis de series temporales. *Biomédica* [Internet]. 2013; 33(Suppl 1):142-152. DOI: 10.7705/biomedica.v33i0.1444
15. Instituto Nacional de Salud de Colombia (INS). Vigilancia y análisis del riesgo en salud pública, protocolo de vigilancia en salud pública dengue [Internet]. (COL): INS; 2017 [citado 2023 Ene 16]. Disponible en: <https://www.ins.gov.co/Noticias/Dengue/7%20Dengue%20PROTOCOLO.pdf>
16. 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

17. Sarti E, L'Azou M, Mercado M, Kuri P, Siqueira JB Jr, Solis E, et al. A comparative study on active and passive epidemiological surveillance for dengue in five countries of Latin America. *Int J Infect Dis* [Internet]. 2016; 44:44-49. DOI: 10.1016/j.ijid.2016.01.015
18. Salazar Ceballos A, Álvarez Miño L. Asociación entre factores climatológicos y tasa de incidencia del dengue en Santa Marta, Colombia, 2007-2013 (*). *Rev Cienc Biomed* [Internet]. 2014; 5(1):41-47. Disponible en: <https://revistas.unicartagena.edu.co/index.php/cbiomedicas/article/view/2886>
19. Cassab A, Morales V, Mattar S. Factores climáticos y casos de dengue en Montería, Colombia. 2003-2008. *Rev Salud Pública* [Internet]. 2011 [citado 2023 Ene 16]; 13(1):115-128. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/43556>
20. Brunkard JM, Cifuentes E, Rothenberg SJ. Assessing the roles of temperature, precipitation, and ENSO in dengue re-emergence on the Texas-Mexico border region. *Salud Publica Mex* [Internet]. 2008; 50(3):227-234. DOI: 10.1590/s0036-36342008000300006
21. de Sousa SC, Carneiro M, Eiras ÁE, Bezerra JMT, Barbosa DS. Factores asociados a la aparición de epidemias de dengue en Brasil: Revisión sistemática. *Rev Panam Salud Publica* [Internet]. 2021; 45:e84. DOI: 10.26633/RPSP.2021.84
22. Gutierrez-Barbosa H, Medina-Moreno S, Zapata JC, Chua JV. Dengue infections in Colombia: Epidemiological trends of a hyperendemic country. *Trop Med Infect Dis* [Internet]. 2020; 5(4):156. DOI: 10.3390/tropicalmed5040156
23. Kronenwetter-Koepel TA, Meece JK, Miller CA, Reed KD. Surveillance of above- and below-ground mosquito breeding habitats in a rural midwestern community: Baseline data for larvicidal control measures against West Nile Virus vectors. *Clin Med Res* [Internet]. 2005; 3(1):3-12. DOI: 10.3121/cmr.3.1.3
24. 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
25. Semenza JC, Rocklöv J, Ebi KL. Climate change and cascading risks from infectious disease. *Infect Dis Ther* [Internet]. 2022; 11(4):1371-1390. DOI: 10.1007/s40121-022-00647-3
26. Lowe R, Lee SA, O'Reilly KM, Brady OJ, Bastos L, Carrasco-Escobar G, et al. Combined effects of hydrometeorological hazards and urbanisation on dengue risk in Brazil: A spatiotemporal modelling study. *Lancet Planet Health* [Internet]. 2021; 5(4):e209-e219. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30292-8
27. Chen Y, Zhao Z, Li Z, Li W, Li Z, Guo R, et al. Spatiotemporal transmission patterns and determinants of dengue fever: A case study of Guangzhou, China. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2019; 16(14):2486. DOI: 10.3390/ijerph16142486
28. Coalsou JE, Anderson EJ, Santos EM, Madera Garcia V, Romine JK, Dominguez B, 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
29. 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(12):e0006935. DOI: 10.1371/journal.pntd.0006935
30. 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
31. Johansson MA, Dominici F, Glass GE. Local and global effects of climate on dengue transmission in Puerto Rico. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2009; 3(2):e382. DOI: 10.1371/journal.pntd.0000382
32. Vásquez Rodríguez AB. Factores geográficos, ecológicos y sociodemográficos en la ocurrencia de dengue en Cundinamarca [Tesis de Maestría]. Bogotá D.C (COL): Universidad Nacional de Colombia; 2019 [citado 2023 Ene 16]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76319>
33. Vincenti-Gonzalez MF, Tami A, Lizarazo EF, Grillet ME. ENSO-driven climate variability promotes periodic major outbreaks of dengue in Venezuela. *Sci Rep* [Internet]. 2018; 8(1). DOI: 10.1038/s41598-018-24003-z