

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

Estratificación de áreas de riesgo de transmisión de dengue y sus características espacio temporales en la ciudad de Jaén, Perú entre 2000 y 2022

Mario Neyser Vásquez Dominguez, José Joaquín Carvajal Cortés

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.12820>

Enviado en: 2025-07-30

Postado en: 2025-07-31 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

Estratificação das áreas de risco de transmissão da dengue e suas características espaço-temporais na cidade de Jaén, Peru, entre 2000 e 2022.

Mario Neyser Vásquez Dominguez^{1,2}

José Joaquín Carvajal Cortés^{2,3}

¹Médico, Jefe de Inteligencia Sanitaria – Red Amazonas, ESSALUD,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7755-3832>

Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1844235426460623>

e-mail: mvd551@hotmail.com

²Programa de Pós-graduação em Condições de Vida e Situações de Saúde na Amazônia – PPGVIDA/Vigifronteiras Brasil, Instituto Leônidas e Maria Deane – ILMD/Fiocruz Amazônia

³Núcleo de Patógenos, Reservatórios e Vetores na Amazônia – PReV Amazônia, Instituto Leônidas e Maria Deane – ILMD/Fiocruz Amazônia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4162-6654>

Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5457183219151103>

e-mail: jose.carvajal@fiocruz.br

Resumo

A dengue é a principal arbovirose nas Américas, com o Peru entre os países mais afetados na última década. Este estudo observacional, ecológico e retrospectivo teve como objetivo identificar padrões temporais e estratificar áreas de risco de transmissão na cidade de Jaén,

responsável por mais de 80% dos casos no departamento de Cajamarca. Utilizaram-se dados de casos entre 2000 e 2022 e informações clínicas georreferenciadas de 2019 a 2022. Foram registrados 4.540 casos no período recente, com aumento expressivo a partir de 2021. Observou-se predominância de mulheres, adultos e casos sem sinais de alarme. Verificou-se que o sorotipo DENV-2 foi o predominante no período analisado. Os sintomas mais comuns foram febre, mialgia, cefaleia, artralgia, dor retroocular, lombalgia e exantema. A análise espaço-temporal revelou concentração de casos no centro urbano (59,87%) e periodicidade de surtos a cada 3–4 anos, encurtada com a introdução de novos sorotipos em condições climáticas favoráveis. Houve associação entre a incidência e altos índices de precipitação e umidade, especialmente nos primeiros seis meses do ano. A estratificação espacial em três níveis permite orientar ações de controle mais precisas no tempo e no espaço.

Palavras-chave: Dengue, Clima, Aedes, estratificação de risco.

Stratification of dengue transmission risk areas and their spatiotemporal characteristics in the city of Jaén, Peru, between 2000 and 2022.

Abstract

Dengue is the leading arboviral disease in the Americas, with Peru among the most affected countries over the past decade. This observational, ecological, and retrospective study aimed to identify temporal patterns and stratify transmission risk areas in the city of Jaén, which accounts for over 80% of dengue cases in the Cajamarca department. Data on reported cases from 2000 to 2022 and georeferenced clinical information from 2019 to 2022 were analyzed. A total of 4,540 cases were recorded in the recent period, with a marked increase from 2021 onward. Most cases occurred in women, adults, and individuals without warning signs. It was found that the

DENV-2 serotype was the predominant one in the analysis period. The most frequent symptoms were fever, myalgia, headache, arthralgia, retro-ocular pain, lower back pain, and rash. Spatiotemporal analysis revealed a concentration of cases in the city center (59.87%) and an outbreak periodicity of 3–4 years, shortened by the introduction of new serotypes under favorable climatic conditions. A temporal association was found between incidence and high levels of rainfall and humidity, especially during the first six months of the year. The spatial risk stratification into three levels supports more targeted control actions in both time and space.

Keywords: Dengue, Climate, Aedes, risk stratification.

Estratificación de áreas de riesgo de transmisión de dengue y sus características espacio temporales en la ciudad de Jaén, Perú entre 2000 y 2022

Resumen

El dengue es la principal arbovirosis en las Américas, y el Perú se encuentra entre los países más afectados en la última década. Este estudio observacional, ecológico y retrospectivo tuvo como objetivo identificar patrones temporales y estratificar áreas de riesgo de transmisión en la ciudad de Jaén, que concentra más del 80% de los casos del departamento de Cajamarca. Se analizaron datos de casos notificados entre 2000 y 2022 y datos clínicos georreferenciados de 2019 a 2022. Se registraron 4.540 casos en el período reciente, con un aumento marcado a partir de 2021. Predominaron los casos en mujeres, adultos y sin signos de alarma. Se encontró que el serotipo DENV-2 fue el predominante en el período de análisis. Los síntomas más frecuentes fueron fiebre, mialgia, cefalea, artralgia, dolor retroocular, lumbalgia y exantema. El análisis espacio-temporal reveló concentración de casos en el centro urbano (59,87%) y una periodicidad de brotes de 3 a 4 años, acortada por la introducción de nuevos serotipos en condiciones climáticas favorables. Se observó una asociación temporal entre la incidencia y

altos niveles de precipitación y humedad, especialmente en los primeros seis meses del año. La estratificación espacial en tres niveles permite orientar acciones de control más precisas en tiempo y espacio.

Palabras clave: Dengue, Clima, Aedes, estratificación de riesgo.

Introducción

El dengue sigue siendo un problema prioritario de salud pública, especialmente en las regiones tropicales de Asia, América Latina y el Pacífico. Su expansión desde la década de 1960 se ha visto impulsada por el crecimiento poblacional, la urbanización, el aumento de los viajes y el control inadecuado del vector ¹

En el Perú, el impacto de esta enfermedad es considerable. En 2019, el dengue fue responsable de la pérdida de 859 años de vida saludable (AVISA), constituyéndose como la arbovirosis con mayor carga, por encima de otras enfermedades la malaria por *P. falciparum* y *P. vivax*, y sólo superado por el mal de Chagas (1541 AVISA) ².

Jaén, ubicada en la Alta Amazonía peruana, presenta transmisión local no solo de dengue, sino también de chikungunya, Zika y Oropouche ³. Geográficamente estratégica, forma parte de un corredor bioceánico que conecta el Atlántico brasileño con el Pacífico peruano, además de compartir frontera con Ecuador, lo cual plantea desafíos adicionales para la vigilancia sanitaria binacional ⁴.

Esta ciudad concentra más del 80 % de los casos provinciales de dengue y una proporción considerable del total departamental en Cajamarca, lo que refuerza su relevancia epidemiológica ^{5,6}.

En este contexto, la estratificación de riesgo, entendida como el proceso de identificación de áreas con mayor riesgo entomológico-epidemiológico, ha demostrado ser una herramienta

eficaz en escenarios urbanos de varios países de la región, como Venezuela, Colombia, México y Brasil ⁷⁻¹². Aunque en el Perú existe normativa que permite dicha estratificación a nivel distrital ¹³, es imprescindible fortalecer su aplicación a nivel urbano o municipal. Una delimitación más precisa y actualizada favorecería el uso eficiente de los recursos humanos y financieros, mejorando la efectividad de las intervenciones de vigilancia y control.

Metodología

Se llevó a cabo un estudio observacional, ecológico y retrospectivo, con un enfoque cuantitativo. La unidad de análisis fue la ciudad de Jaén (Perú), considerando como unidad espacial los sectores urbanos delimitados para fines de vigilancia sanitaria, y como unidad temporal el mes calendario. El periodo analizado fue de 2000 a 2022.

Área de estudio. El estudio se desarrolló en la zona urbana del distrito de Jaén, provincia del mismo nombre, en el departamento de Cajamarca, al norte del Perú (Figura 1). Esta ciudad se ubica a una altitud de 730 metros sobre el nivel del mar ¹⁴. Presenta un clima cálido, con temperaturas que oscilan entre los 17 °C y 32 °C. La temporada de lluvias se extiende de octubre a mayo, alcanzando su punto máximo en marzo, mientras que la estación seca va de mayo a octubre, siendo julio el mes más seco. La humedad es perceptible entre diciembre y mayo, especialmente en marzo, mientras que entre junio y noviembre el ambiente es más seco y confortable ¹⁵.

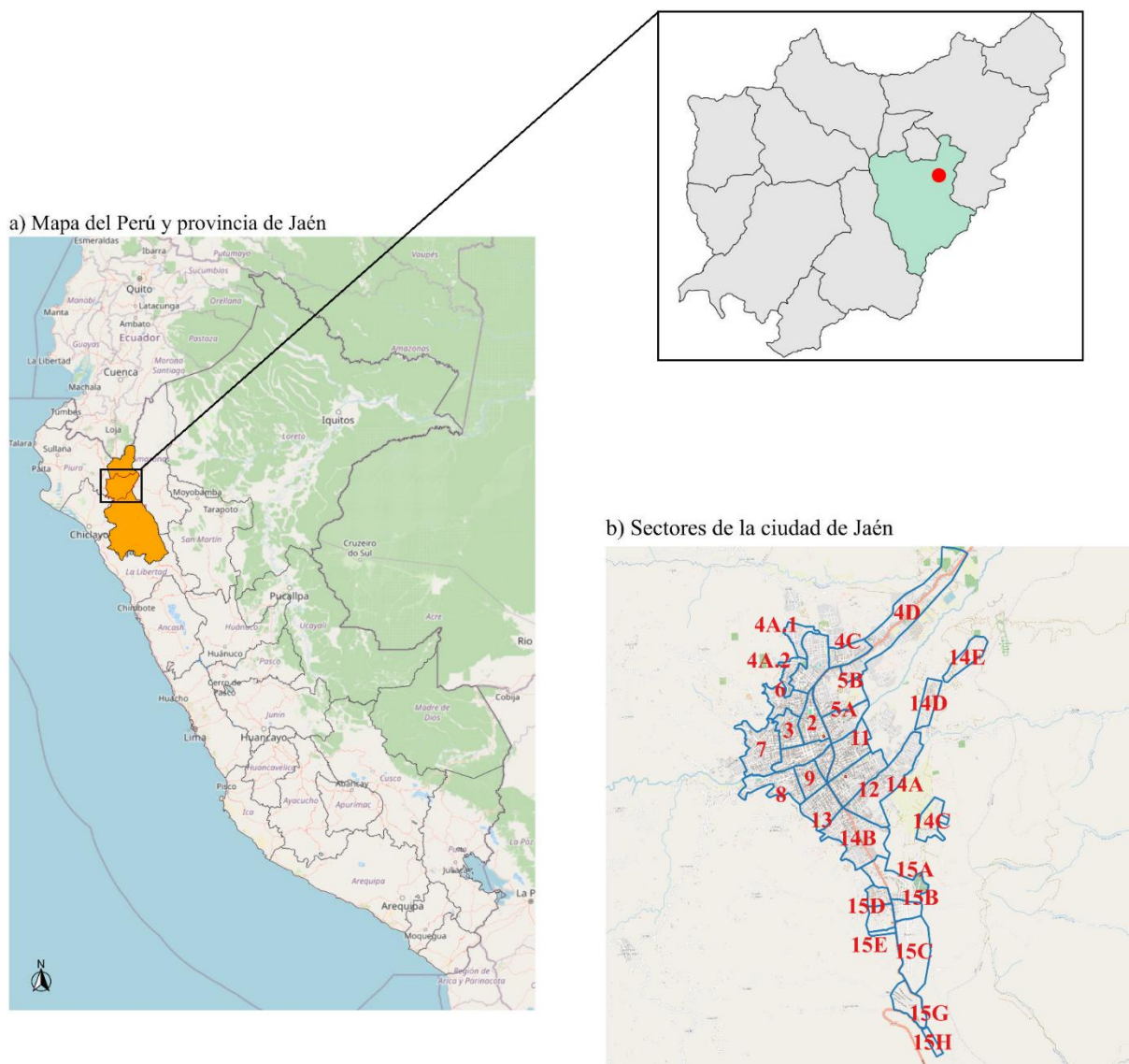


Figura 1: Mapa de ubicación de Jaén y sus sectores.

Fuente: Elaboración propia

Para el año 2022, la población urbana fue estimada en 94.273 habitantes, distribuida en quince sectores correspondientes a las áreas de intervención de siete establecimientos de salud: Hospital General de Jaén, Centros de Salud Morro Solar, Magllanal, Los Sauces, Fila Alta, y los Puestos de Salud Nuevo Horizonte y Montegrande (Figura 1). La estimación poblacional se realizó indirectamente a partir del número de viviendas por sector, considerando un promedio de cuatro personas por hogar, basado en una encuesta CAP realizada por la Subregión de Salud Jaén en 2022, actividad realizada de forma programada por la institución.

Sistemas de vigilancia en salud. La vigilancia epidemiológica en el Perú está estructurada según la Directiva Sanitaria N.º 046-MINSA/DGEV.01. En el caso del dengue, chikungunya y Zika, se aplican los lineamientos establecidos en la Normas Técnicas de Salud N.º 125-2016 y N.º 211-2024. El sistema de notificación se basa en la detección clínica, el llenado de la ficha epidemiológica y la toma de muestra, que se integran en el sistema Notiweb, el cual conecta los establecimientos de salud con las redes y direcciones regionales ^{16,17}.

Datos epidemiológicos. Se utilizaron dos bases de datos principales para el análisis. La primera, correspondiente al sistema de vigilancia individual (Notiweb), incluyó registros de casos confirmados de dengue en Jaén entre 2000 y 2022, incorporando variables como fecha de inicio de síntomas, edad, sexo, establecimiento de notificación y clasificación clínica. La segunda base, del subsistema de arbovirosis (2019–2022), proporcionó información clínica ampliada, resultados de laboratorio y direcciones georreferenciadas, a partir del registro completo de fichas clínico-epidemiológicas. Debido a su elevado requerimiento de procesamiento, esta última base representó solo una fracción de los casos confirmados, seleccionados en función de la disponibilidad de recursos humanos. Para ambas bases se incluyeron exclusivamente los casos notificados por establecimientos de salud dentro del área urbana de Jaén. Se procedió a una depuración que excluyó registros duplicados, casos sin localización geográfica válida, eventos recurrentes en un mismo paciente con menos de 30 días de diferencia y registros correspondientes a otras enfermedades. Como resultado final, se analizaron 12.097 casos en la base individual y 2.853 casos en la base de arbovirosis.

Datos climáticos. Se obtuvieron datos mensuales y anuales de temperatura media a 2 m, humedad relativa y precipitación acumulada desde la plataforma NASA POWER. Los valores corresponden a un punto geográfico ubicado en el centro urbano de Jaén, procesados a partir de registros diarios agregados estadísticamente por la plataforma. El período evaluado fue de 2000 a 2022 ¹⁸.

Análisis de datos. El análisis se estructuró en cuatro etapas metodológicas. En primer lugar, se elaboró el perfil epidemiológico de los casos de dengue mediante la caracterización de variables demográficas (edad, sexo), clínicas (formas de presentación, signos y síntomas), virológicas (serotipos circulantes) y letalidad. Se aplicaron frecuencias absolutas y relativas, así como la prueba de *chi* cuadrado para identificar variaciones significativas en la expresión clínica a lo largo del tiempo. En segundo lugar, se realizó un análisis espacial en el que los casos georreferenciados fueron asignados a sectores sanitarios definidos, permitiendo calcular tasas de incidencia por 10.000 habitantes, persistencia de transmisión (número de meses con casos durante el período 2019–2022) y visualizar la distribución mediante mapas temáticos generados con Google Earth Pro y QGIS 3.16.16. Además, se identificaron clústeres espacio-temporales mediante el estadístico local *Gi* de Getis-Ord, implementado en el software GeoDa 1.22.0.4. En tercer lugar, se desarrolló un análisis temporal empleando el modelo STL (Seasonal-Trend Decomposition using Loess) para descomponer las series mensuales de casos, temperatura, humedad y precipitación en componentes de tendencia, estacionalidad y residuales. Para ello, se utilizó la función *stl* del paquete *stats* en RStudio, complementado con cálculos de correlación cruzada mediante la función *ccf*, con el fin de identificar desfases temporales entre las variables. Finalmente, se aplicó un análisis de wavelet para explorar componentes no estacionarios y estimar la coherencia entre las series de casos de dengue y las variables climáticas. Esta etapa se realizó con la librería *WaveletComp* en RStudio, empleando 100 simulaciones, un suavizado de 0,75 y resolución de escala de 1/20, sin restricciones de periodicidad.

Resultados

Perfil clínico-epidemiológico del dengue en Jaén

Durante el periodo 2000–2022, la ciudad de Jaén presentó una transmisión endemo-epidémica de dengue, con marcada variabilidad interanual. Entre 2000 y 2018, los casos se mantuvieron

en cifras relativamente estables, sin variaciones significativas por sexo, edad o forma clínica, razón por la cual los datos fueron consolidados como acumulados en ese tramo temporal. Sin embargo, a partir de 2019 se evidenció una alteración sustancial en la tendencia, con un aumento progresivo y sostenido del número de casos confirmados. Se registraron 336 casos en 2019 y 236 en 2020, seguidos por un incremento abrupto en 2021 (3.038 casos) y 2022 (2.102 casos), lo que marcó una fase epidémica más intensa (Tabla 1).

Tabla 1. Casos de dengue según características demográficas y clínicas. Jaén. 2000 – 2022.

Característica	2000–2018 N = 6,385	2019 N = 336	2020 N = 236	2021 N = 3,038	2022 N = 2,102
Sexo					
Femenino	3,325 (52.08%)	216 (64.29%)	106 (44.92%)	1,525 (50.20%)	1,109 (52.76%)
Masculino	3,060 (47.92%)	120 (35.71%)	130 (55.08%)	1,513 (49.80%)	993 (47.24%)
Grupo etario					
Niño	1,421 (22.26%)	36 (10.71%)	25 (10.59%)	469 (15.44%)	404 (19.22%)
Adolescente	1,061 (16.62%)	40 (11.90%)	15 (6.36%)	487 (16.03%)	338 (16.08%)
Adulto joven	1,672 (26.19%)	93 (27.68%)	61 (25.85%)	775 (25.51%)	500 (23.79%)
Adulto	1,964 (30.76%)	150 (44.64%)	110 (46.61%)	1,121 (36.90%)	718 (34.16%)
Adulto mayor	267 (4.18%)	17 (5.06%)	25 (10.59%)	186 (6.12%)	142 (6.76%)
Forma clínica					
Dengue sin signos de alarma	5,815 (91.07%)	326 (97.02%)	195 (82.63%)	2,625 (86.41%)	1,456 (69.27%)
Dengue con signos de alarma	546 (8.55%)	10 (2.98%)	41 (17.37%)	406 (13.36%)	643 (30.59%)
Dengue grave	24 (0.38%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	7 (0.23%)	3 (0.14%)
Evolución					
Hospitalizados	22 (0.34%)	9 (2.68%)	6 (2.54%)	365 (12.01%)	630 (29.97%)
Manejo ambulatorio	6,363 (99.66%)	327 (97.32%)	230 (97.46%)	2,673 (87.99%)	1,472 (70.03%)
Desenlace					
Altas	6,383 (99.97%)	336 (100.00%)	236 (100.00%)	3,035 (99.90%)	2,100 (99.90%)
Fallecidos	2 (0.03%)	0 (0.00%)	0 (0.00%)	3 (0.10%)	2 (0.10%)

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del sistema de vigilancia epidemiológica de Jaén

En cuanto a la distribución por sexo, se observó un aumento en la proporción de casos en varones, pasando de 35,7 % en 2019 a 47,2 % en 2022. Por grupos etarios, los niños y adolescentes fueron los más afectados en términos proporcionales. En los niños, la proporción de casos pasó de 10 % en 2019 a 19,2 % en 2022, y en adolescentes de 11,9 % a 16,1 %. Asimismo, los casos con signos de alarma aumentaron de 3 % a 30,6 %, mientras que las hospitalizaciones crecieron de 2,7 % a casi 30 % en el mismo período. A pesar de este incremento en la complejidad clínica, los casos graves continuaron representando menos del 1 % del total (Tabla 1).

Respecto a la sintomatología, entre 2019 y 2022 se reportaron con mayor frecuencia fiebre (98,5 %), cefalea (85,5 %), mialgias (75,2 %), artralgias en manos (58,6 %) y pies (54,2 %), dolor ocular (56,4 %) y náuseas/vómitos (45,6 %). No obstante, se identificaron cambios significativos en algunos síntomas. Por ejemplo, el rash exantemático disminuyó en frecuencia ($p < 0,05$), mientras que el dolor abdominal y los vómitos aumentaron en 2022 ($p < 0,05$). También se evidenció un incremento sostenido en la frecuencia de artralgias a partir de 2020 y una disminución de la conjuntivitis tras su pico en 2020 ($p < 0,05$).

Desde el punto de vista virológico, se ha documentado la circulación de los cuatro serotipos del virus del dengue en Jaén. En 2011 se identificó DENV-4, seguido por DENV-2 (genotipo América/Asia) en 2012, el cual estuvo vinculado a un brote importante. En 2015 se aisló DENV-1, y desde entonces ha predominado DENV-2. A partir de 2019, el genotipo Cosmopolitan de DENV-2 fue detectado en el Perú, primero en Madre de Dios y luego en regiones como Cajamarca, lo que sugiere una expansión nacional. Entre 2019 y 2022, se confirmaron combinaciones de serotipos en circulación: DENV-2 (65–76 %) y DENV-1 (14–34 %), con presencia ocasional de DENV-3 (2020: 20 %) ^{6,19,20}.

Estratificación del riesgo de transmisión de dengue por sectores (2019-2022)

Se logró georreferenciar 2.853 casos del total de 9.759 registros analizados para el periodo 2019–2022. En 2019 y 2020, la incidencia se mantuvo por debajo de 10 casos por cada 10.000 habitantes, con afectación principal en sectores del centro urbano (1, 5A, 7, 9, 10, 11, 12 y 13). En 2021, se produjo un cambio sustancial: el sector 3 alcanzó incidencias entre 30–40 casos por 10.000 hab., mientras que sectores como 1, 2, 7, 9, 11, 12 y 13 oscilaron entre 20–30 por 10.000 hab. La transmisión comenzó a expandirse hacia sectores periféricos, como el sector 15. En 2022, la incidencia general fue menor que en 2021, pero se mantuvo la tendencia de

transmisión significativa en los sectores del centro de la ciudad (1, 2, 3, 7 y 9), con tasas entre 20 y 30 por 10.000 hab. Además, sectores tradicionalmente periféricos como el 14 y 15 comenzaron a mostrar incidencias comparables a los sectores del centro, lo que sugiere una progresiva expansión del área de transmisión hacia zonas periurbanas (Figura 2, a-d).

En términos de persistencia, ningún sector presentó transmisión continua durante todo el periodo; sin embargo, los sectores del centro de la ciudad alcanzaron niveles de persistencia entre 50 % y 75 %. Los periodos sin transmisión más evidentes fueron entre agosto y diciembre de 2019, enero-marzo de 2020, y septiembre-noviembre de 2022 (Figura 2, e). El análisis de conglomerados espaciales destacó los sectores 3, 1, 8, 9, 10, 11 y 12 como de alta prioridad, concentrando el 49,8 % de los casos. A ellos se sumaron los sectores 6 y 2 como prioridad media, representando el 10,1 % adicional (Figura 2, f).

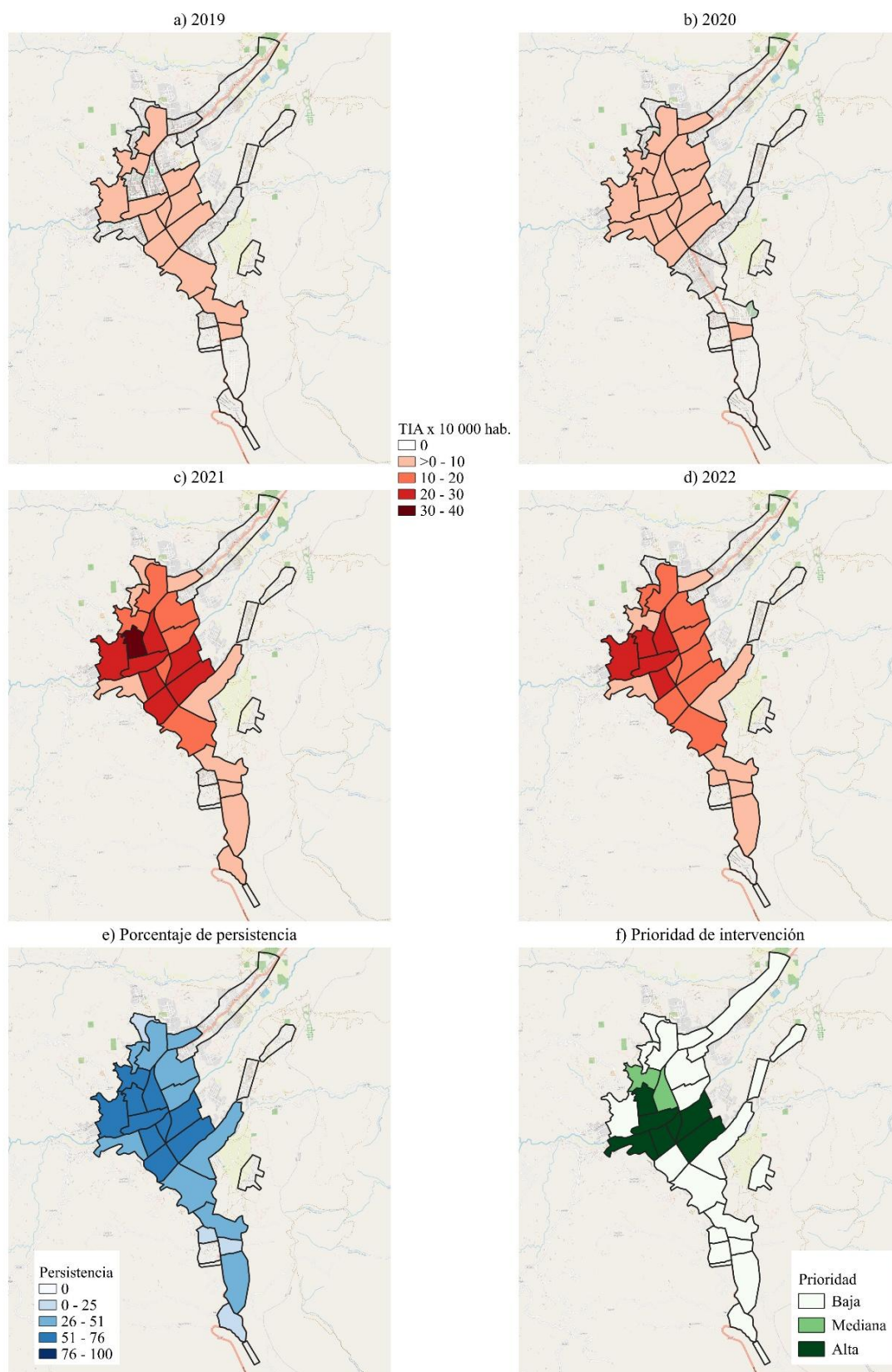


Figura 2: Tasa de incidencia, porcentaje de persistencia y áreas prioritarias de intervención. Jaén 2019 – 2022.

Fuente: Elaboración propia

Estacionalidad del dengue y clima

El análisis de las series temporales reveló un patrón estacional claro, con aumento de casos entre enero y junio, y picos entre marzo y mayo. La humedad relativa fue más elevada entre enero y julio, mientras que la temperatura media presentó valores altos en enero-febrero y septiembre-diciembre. Las precipitaciones máximas se registraron entre febrero y marzo (Figura 3).

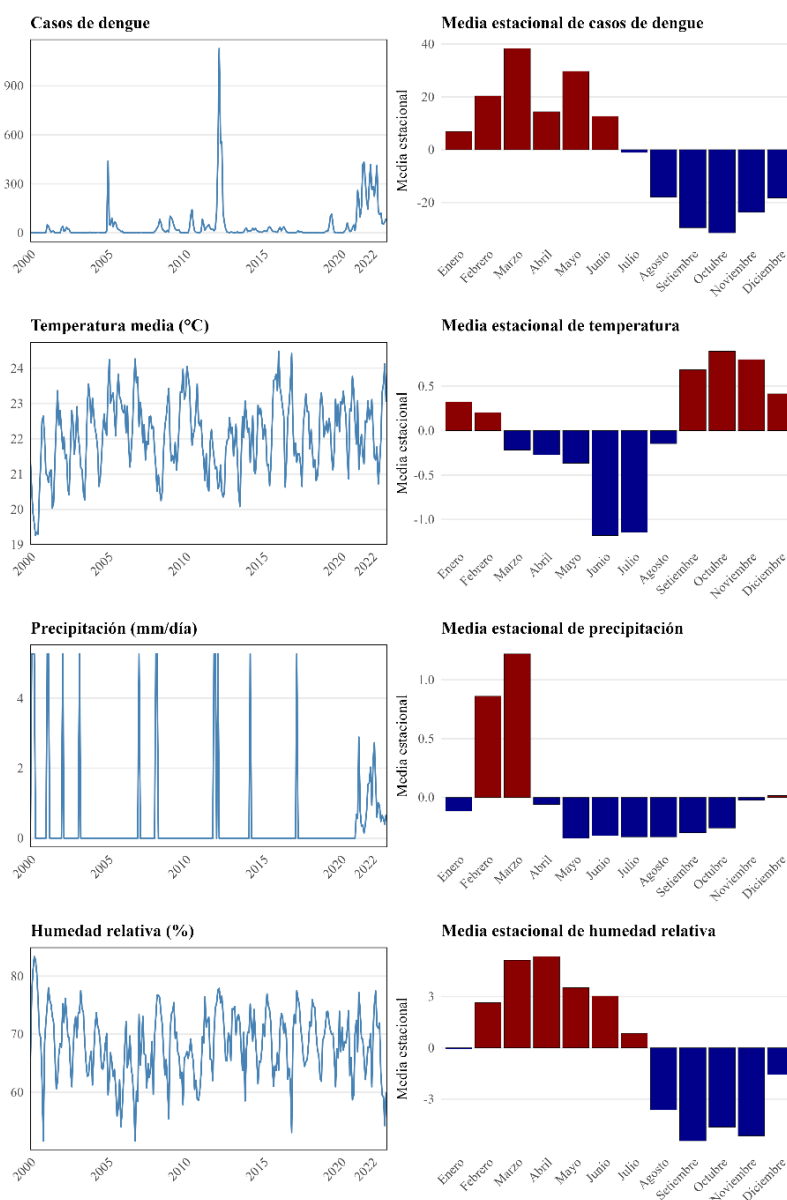


Figura 3: Variación mensual en relación con su promedio de casos de dengue, humedad relativa, temperatura media y precipitación. Jaén 2000 – 2022.

Fuente: Elaboración propia

La descomposición temporal mediante STL confirmó un comportamiento aditivo para todas las series. El análisis de wavelet mostró un patrón trianual bien definido entre 2002–2007, seguido de dinámicas más complejas entre 2008–2014. Desde 2019 se observaron ciclos anuales y semestrales más marcados, reflejando una posible combinación de factores epidemiológicos y ambientales. Las series climáticas también mostraron variaciones en su periodicidad. La precipitación presentó ciclos menores a un año entre 2000 y 2003, así como en 2007–2008, y ciclos semestrales en 2012–2013. La temperatura y la humedad mantuvieron una periodicidad principalmente anual (Figura 4).

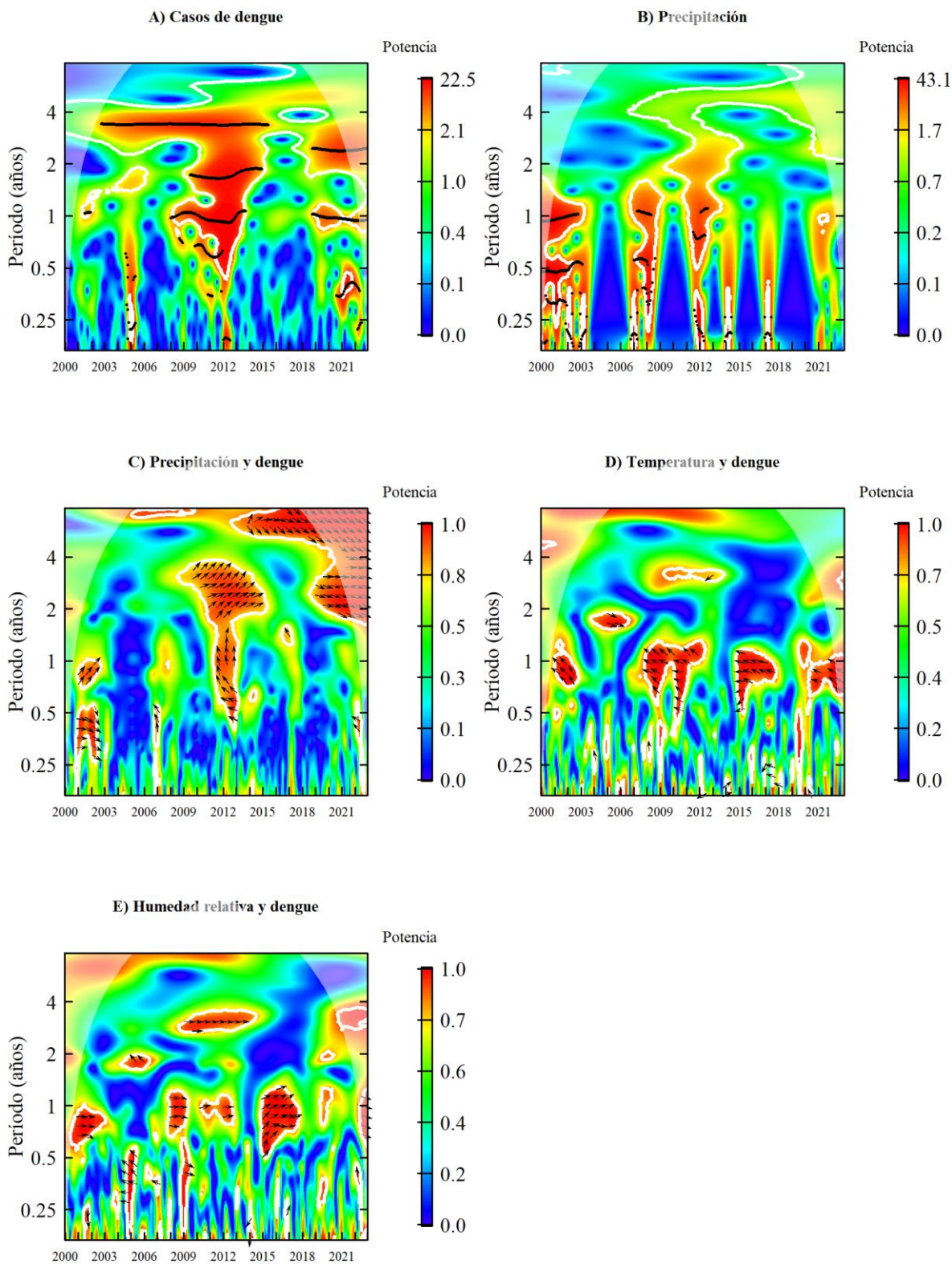


Figura 4: Análisis de wavelet de casos de dengue y variables climáticas. Jaén 2000 – 2022.

Fuente: Elaboración propia

La coherencia entre precipitación y casos fue alta entre 2010–2015, con periodicidad trianual a semestral. La correlación con la temperatura fue más débil, con patrones negativos en varios periodos ciclos (2001–2002, 2008–2012, 2015–2017 y 2020–2022). La humedad relativa mostró coherencia positiva anual sostenida entre 2001–2002, 2008–2009 y 2015–2017 (Figura 4).

Finalmente, la correlación cruzada indicó que los aumentos de temperatura preceden a los picos de casos entre 1,25 y 1,58 meses; la precipitación anticipa en hasta 0,42 meses, y la humedad en aproximadamente 0,16 meses. Estos resultados confirman la influencia de variables climáticas en la dinámica de transmisión del dengue en Jaén.

Discusión

Desde la introducción del vector *Aedes aegypti*, la ciudad de Jaén enfrenta un problema persistente de salud pública, caracterizado por brotes recurrentes y transmisión sostenida del dengue. A pesar de múltiples esfuerzos institucionales, el control vectorial no ha logrado contener la propagación de la enfermedad de manera efectiva. Aunque las manifestaciones clínicas han permanecido relativamente estables a lo largo del tiempo, los cambios en la incidencia y gravedad de los casos parecen estar estrechamente vinculados a la introducción de nuevos serotipos y a condiciones ambientales favorables para el vector.

El año 2021 marcó un punto de inflexión tras un periodo de baja notificación durante la pandemia de COVID-19. No se registraron fenómenos climáticos extremos que justifiquen el repunte, pero sí se evidenció una alteración en el funcionamiento de los servicios de salud, priorizando la atención de la pandemia y reduciendo la vigilancia entomológica⁶. Esta situación coincidió con un incremento abrupto de casos confirmados, hospitalizaciones y casos con signos de alarma, lo cual refuerza la necesidad de mantener las estrategias de control incluso en contextos sanitarios excepcionales⁶.

En el plano internacional, también se observó un comportamiento atípico del dengue durante y después de la pandemia. Según la OMS (2023) ²¹, en 2023 se reportaron más de cinco millones de casos y 5.000 muertes por dengue a nivel mundial, concentrándose el 80 % en las Américas, siendo Perú el segundo país más afectado después de Brasil. Este patrón resalta la necesidad de integrar las enfermedades endémicas dentro de los planes de respuesta a emergencias sanitarias.

El perfil clínico-epidemiológico observado en Jaén es coherente con estudios realizados en otros países de la región. Se mantiene una predominancia de mujeres y adultos entre los casos, con una baja letalidad (<1 %). No obstante, se evidenció un incremento progresivo de casos en niños y adolescentes, junto con mayor frecuencia de signos de alarma como dolor abdominal y vómitos, especialmente entre 2021 y 2022. Este patrón podría estar relacionado con la introducción del genotipo Cosmopolitan del serotipo DENV-2, detectado en Madre de Dios en 2019 y posteriormente en varias regiones, incluida Cajamarca ¹⁹.

Las manifestaciones clínicas más frecuentes, como fiebre, mialgia, cefalea y dolor retroocular, fueron consistentes con la literatura. Halsey et al. (2012) ²² reportaron síntomas similares en poblaciones de Perú, Bolivia, Ecuador y Paraguay, aunque señalaron variaciones según el serotipo: por ejemplo, DENV-3 se asoció con mayor frecuencia a síntomas musculoesqueléticos y gastrointestinales, mientras que DENV-4 con síntomas respiratorios. Además, un metaanálisis reciente que incluyó estudios desde 1943 hasta 2020, de los cuatro serotipos, reportó fiebre (97,5 %), cefalea (81,6 %) y mialgias (74,2 %) como los síntomas más prevalentes ²³.

Tomando en cuenta que el perfil clínico-epidemiológico presenta variaciones puntuales a lo largo del tiempo, resulta evidente que el abordaje del dengue no puede limitarse únicamente a la atención de casos o a evitar casos graves. Es necesario ampliar la perspectiva hacia intervenciones más integrales, que consideren los determinantes territoriales y sociales de la transmisión.

La estratificación de riesgo territorial ha sido una herramienta fundamental para identificar áreas prioritarias de intervención. En Jaén, los sectores del centro de la ciudad concentraron el 59,87 % de los casos georreferenciados entre 2019 y 2022. Esta distribución desigual es coherente con estudios realizados en Maracay (Venezuela), donde se identificaron barrios que representaban el 35 % del área urbana, pero concentraban el 70 % de los casos ⁷, y con investigaciones más recientes en Belo Horizonte y Natal (Brasil), donde se implementó la estrategia ARBOALVO para orientar intervenciones tempranas en áreas de mayor transmisión ¹².

El uso del estadístico G_i^* permitió identificar clústeres espaciales con persistencia de transmisión, lo que facilita la focalización de acciones de control vectorial. Esta aproximación, recomendada por la Organización Panamericana de la Salud ²⁴, mejora la eficiencia operativa y la relación costo-efectividad de las intervenciones, al priorizar sectores con alta vulnerabilidad epidemiológica.

Por otro lado, los análisis temporales y climáticos aportan evidencia relevante sobre los determinantes ambientales de la transmisión. Se identificó una clara estacionalidad, con incremento de casos entre enero y junio, coincidiendo con niveles elevados de humedad y precipitación. El análisis de correlación cruzada reveló que los aumentos de temperatura preceden los picos de casos en 1,25 a 1,58 meses, mientras que la precipitación y la humedad tienen un desfase menor (0,42 y 0,16 meses, respectivamente), lo que sugiere su papel facilitador en la proliferación del vector.

Estos resultados concuerdan parcialmente con la literatura. Por ejemplo, Chowell et al. (2011) ²⁵ y Duarte et al (2019) ²⁶ identificaron alta coherencia entre temperatura y casos de dengue, mientras que Abdullah et al. (2022) ²⁷ reportaron una correlación positiva en rangos específicos de temperatura mínima. En contraste, en Jaén, la temperatura mostró una correlación débil,

incluso negativa, en varios periodos, lo cual puede explicarse por la influencia dominante de la humedad y la lluvia en esta zona tropical.

El análisis de wavelet amplió la comprensión de la dinámica temporal, revelando una reducción de la periodicidad de los ciclos de transmisión en los últimos años. Antes de 2010, los ciclos eran trianuales, mientras que entre 2021 y 2022 se acortaron a 3–6 meses, probablemente por la combinación de condiciones climáticas favorables y la introducción de nuevos serotipos. La precipitación fue la variable más dinámica, con cambios frecuentes en su periodicidad (Figura 4), especialmente durante eventos como el Fenómeno del Niño ²⁸.

Estas evidencias muestran la relación con varios estudios publicados previamente, con cierto grado de incertidumbre aun que debe ir afinándose con el tiempo para poder tener evidencias cada vez más sólidas sobre la dinámica de transmisión de la enfermedad y así poder plantear nuevas estrategias de intervención.

Finalmente, una limitación importante fue la escasa disponibilidad de datos continuos sobre vigilancia entomológica. Aunque sólo se obtuvo información sobre el índice aéxico en 2021, este fue superior al 2 % durante la mayor parte del año, lo que indica una alta infestación. La integración sistemática de indicadores vectoriales en futuros estudios permitiría mejorar la comprensión de la relación entre presencia del vector y aparición de casos, fortaleciendo así la planificación de intervenciones preventivas.

Conclusiones

Los resultados de este estudio evidencian que la ciudad de Jaén presenta una transmisión persistente y heterogénea del dengue, concentrada principalmente en los sectores del centro de la ciudad. La estratificación de riesgo permitió identificar áreas prioritarias que, al ser intervenidas de manera focalizada, podrían reducir hasta un 59,9 % de la carga total de casos

en la ciudad. Este hallazgo respalda la implementación de estrategias diferenciales y territoriales, optimizando el uso de los recursos disponibles.

Considerando el patrón estacional del vector *Aedes aegypti*, las actividades de vigilancia y control deben ejecutarse anualmente, de manera sistemática y con financiamiento garantizado. Es recomendable iniciar la intensificación de estas acciones en el último trimestre del año, anticipándose a las condiciones climáticas más favorables para la proliferación del vector, que se concentran en el primer semestre.

El análisis clínico-epidemiológico mostró estabilidad en las formas de presentación del dengue, aunque se identificaron incrementos en la proporción de niños y adolescentes afectados, así como en los signos de alarma y hospitalizaciones entre 2021 y 2022. Estos cambios podrían estar asociados a la circulación del genotipo Cosmopolitan del DENV-2, lo cual resalta la importancia de fortalecer la vigilancia virológica en regiones con alta transmisión.

Asimismo, se confirmó la estrecha relación entre variables climáticas y la dinámica de transmisión del dengue, destacándose la precipitación y la humedad relativa como los principales factores asociados. La integración de datos climáticos en los sistemas de alerta temprana podría mejorar la capacidad de respuesta frente a brotes.

Finalmente, se recomienda fortalecer la vigilancia entomológica de manera continua, incorporando indicadores como el índice aélico, frecuentemente subutilizado, así como tecnologías de monitoreo como ovitrampas. La combinación de análisis espaciales, temporales y climáticos, junto con una adecuada gestión de datos, constituye una herramienta poderosa para orientar políticas públicas y diseñar intervenciones más eficientes frente al dengue en contextos urbanos complejos como el de Jaén.

Agradecimientos

A la Subregión de Salud Jaén, actualmente Red Integrada de Salud Jaén, en especial a la Dirección de Epidemiología y la Dirección de Salud Ambiental, por toda la información facilitada. Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento al Instituto Fiocruz y a su destacada plana docente, por la valiosa oportunidad académica brindada.

Declaraciones éticas

Este estudio se basó en el análisis de datos secundarios anonimizados provenientes de registros del sistema de vigilancia epidemiológica del Ministerio de Salud del Perú (Notiweb), por lo cual no fue necesario obtener consentimiento informado individual. No se identificó ni recopiló información personal de pacientes. La investigación cumple con los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y con las buenas prácticas científicas. Se obtuvo la autorización institucional correspondiente para el uso de los datos.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses financieros, personales o institucionales que pudieran haber influido en los resultados o la interpretación de este estudio.

Contribución de autoría

Mario Neyser Vásquez Domínguez: conceptualización, análisis de datos, redacción original.

José Joaquín Carvajal Cortés: diseño metodológico, análisis espacial, revisión crítica del manuscrito.

Nota: El autor *Mario Neyser Vásquez Domínguez* aparece en algunas publicaciones anteriores como *Mario Vasquez Dominguez*, debido a omisiones editoriales del segundo nombre y tilde. Ambas formas corresponden al mismo investigador (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7755-3832>).

Referencias bibliográficas

1. Katzelnick LC, Coloma J, Harris E. Dengue: Knowledge gaps, unmet needs and research priorities. *Lancet Infect Dis.* marzo de 2017;17(3):e88-100.
2. Estudio de Carga de Enfermedad en el Perú. 2019 [Internet]. 2023 [citado 30 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/693008-estudio-de-carga-de-enfermedad-en-el-peru-para-el-2019-se-estimo-mas-de-5-8-millones-de-anos-de-vida-saludables-perdidos>
3. Martins-Luna J, Troyes L, Tarazona-Castro Y, Aguilar-Luis MA, Blitchtein SL, Carrillo-Ng H, et al. The Chikungunya Virus: A Reemerging Cause of Acute Febrile Illness in the High Jungle of Northern Peru. *Int J Infect Dis.* marzo de 2022;116:S124-5.
4. Planes Viales | Provias Descentralizado [Internet]. 2021 [citado 12 de diciembre de 2022]. Disponible en: https://www.proviasdes.gob.pe/Portal_PVDes/planes/cajamarca/pvpp/PVPP_Jaen_2021_2025.pdf
5. Dirección Regional de Salud Cajamarca. Sala de situación de salud, DIRESA Cajamarca [Internet]. Sala de situación de salud. 2025 [citado 22 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoim2Q1ZTc2YzktOWU0My00YmU3LTgxODItZTQyY2U5YTg3Yjg0IiwidCI6IjM0MGJjMDE2LWM2YTYtNDI2Ni05NGVjLWE3NDY0YmY5ZWZWM3MCIiImMiOjR9&embedImagePlaceholder=true&disablecdnExpiration=1711151484>
6. Red Integrada de Salud Jaén. Sala de situación de salud de la RIS Jaén [Internet]. 2025 [citado 26 de mayo de 2025]. Disponible en: <http://www.risjaen.gob.pe/portal/mn/1490>
7. Barrera R, Delgado N, Jiménez M, Villalobos I, Romero I. Estratificación de una ciudad hiperendémica en dengue hemorrágico. *Rev Panam Salud Pública.* octubre de 2000;8(4):225-33.
8. Cardona Ch NE, Duarte R MC, Delgado M LM, González B K del V, García O DM, Pacheco T MC, et al. Estratificación del riesgo de dengue en la ciudad de Puerto Ayacucho, estado Amazonas, Venezuela: Período 1995-2010. *Rev Inst Nac Hig Rafael Rangel.* junio de 2014;45(1):64-83.

9. Dzúl-Manzanilla F, Correa-Morales F, Che-Mendoza A, Palacio-Vargas J, Sánchez-Tejeda G, González-Roldan JF, et al. Identifying urban hotspots of dengue, chikungunya, and Zika transmission in Mexico to support risk stratification efforts: a spatial analysis. *Lancet Planet Health*. mayo de 2021;5(5):e277-85.
10. Porcasi X, Rotela CH, Introini MV, Frutos N, Lanfri S, Peralta G, et al. An operative dengue risk stratification system in Argentina based on geospatial technology. *Geospatial Health*. 1 de septiembre de 2012;6(3):31.
11. Possu NJM. MODELO DE ESTRATIFICACIÓN DEL RIESGO DE TRANSMISIÓN DE DENGUE PARA EL DISEÑO DE ESTRATEGIAS DE PREVENCIÓN EN LOS BARRIOS DE ALTO RIESGO «HOT SPOTS», EN DOS MUNICIPIOS DE COLOMBIA. 2018;200.
12. Santos JPC dos, Albuquerque HG, Siqueira ASP, Praça HLF, Pereira LV, Tavares A de M, et al. ARBOALVO: estratificação territorial para definição de áreas de pronta resposta para vigilância e controle de arboviroses urbanas em tempo oportuno. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 1 de abril de 2022 [citado 28 de noviembre de 2022];38. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/csp/a/PRHckVMX5h3SJSkKQvB8Ggg/>
13. Dirección General de Salud Ambiental del Perú. Norma Técnica de Salud para la Vigilancia Entomológica y Control de *Aedes aegypti* , vector de Arbovirosis y la Vigilancia del Ingreso de *Aedes albopictus* en el territorio nacional [Internet]. 2023 [citado 31 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/3957960-228-2023-minsa>
14. Geonames [Internet]. Jaén, Peru. [citado 29 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.geonames.org/3696150/jaen.html>
15. Jaén Climate, Weather By Month, Average Temperature (Peru) - Weather Spark [Internet]. [citado 29 de junio de 2025]. Disponible en: <https://weatherspark.com/y/19992/Average-Weather-in-Ja%C3%A9n-Peru-Year-Round>
16. Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del Perú. Norma técnica de salud para la vigilancia epidemiológica Y diagnóstico de laboratorio de dengue, chikungunya, zika y otras arboviroses en el Perú [Internet]. 2016 [citado 22 de diciembre de 2019]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes->

publicaciones/276731-norma-tecnica-de-salud-para-la-vigilancia-epidemiologica-y-diagnostico-de-laboratorio-de-dengue-chikungunya-zika-y-otras-arbovirosis-en-el-peru

17. Resolución Ministerial N.º 175-2024-MINSA [Internet]. 2024 [citado 29 de junio de 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/5323501-175-2024-minsa>
18. NASA POWER | Prediction Of Worldwide Energy Resources [Internet]. [citado 20 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://power.larc.nasa.gov/>
19. García MP, Padilla C, Figueroa D, Manrique C, Cabezas C, García MP, et al. Emergencia del genotipo Cosmopolitan del virus dengue serotipo 2 (DENV2) en Madre de Dios, Perú, 2019. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. marzo de 2022;39(1):126-8.
20. Instituto Nacional de Salud del Perú. DENGUE: Reportes de resultados por laboratorio en el Perú [Internet]. 2025 [citado 7 de diciembre de 2022]. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiMDU5MzQyZDUtYjM3Yi00NTBiLWE3YjEtNzQyZWZlMzIwNjA1IiwidCI6ImI0NzYxY2VlTlkyYWQtNDc3MS05ZjQ3LTVmYjc4Y2MxYjRhYSIsImMiOiR9>
21. World Health Organization WH. Dengue – Situación mundial [Internet]. Dengue – Situación mundial. 2023 [citado 22 de marzo de 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/emergencies/disease-outbreak-news/item/2023-DON498>
22. Halsey ES, Marks MA, Gotuzzo E, Fiestas V, Suarez L, Vargas J, et al. Correlation of Serotype-Specific Dengue Virus Infection with Clinical Manifestations. *PLoS Negl Trop Dis*. 1 de mayo de 2012;6(5):e1638.
23. Kharwadkar S, Herath N. Clinical manifestations of dengue, Zika and chikungunya in the Pacific Islands: A systematic review and meta-analysis. *Rev Med Virol*. 2024;34(2):e2521.
24. Organización panamericana de la Salud. Documento técnico para la implementación de intervenciones basado en escenarios operativos genéricos para el control del Aedes aegypti [Internet]. OPS; 2019 [citado 10 de enero de 2024]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/51654>

25. Chowell G, Cazelles B, Broutin H, Munayco CV. The influence of geographic and climate factors on the timing of dengue epidemics in Perú, 1994-2008. *BMC Infect Dis.* 8 de junio de 2011;11(1):164.
26. Duarte JL, Diaz-Quijano FA, Batista AC, Giatti LL. Climatic variables associated with dengue incidence in a city of the Western Brazilian Amazon region. *Rev Soc Bras Med Trop.* 21 de febrero de 2019;52:e20180429.
27. Abdullah NAMH, Dom NC, Salleh SA, Salim H, Precha N. The association between dengue case and climate: A systematic review and meta-analysis. *One Health.* diciembre de 2022;15:100452.
28. NOAA's Climate Prediction. NOAA's Climate Prediction Center [Internet]. 2025 [citado 27 de mayo de 2025]. Disponible en: https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.