

Análisis en la dinámica regional de datos del dengue en Perú mediante Componentes Principales, periodo 2000-2023

Analysis of Regional Dengue Data Dynamics in Peru Using Principal Components, 2000–2023

Wildon Rojas-Paucar^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6590-3225>

Alberto Octavio Carranza López² <https://orcid.org/0000-0002-5147-2134>

Elena Miriam Chávez Garcés³ <https://orcid.org/0000-0002-0384-8758>

Karin Yanet Supo Gavancho³ <https://orcid.org/0000-0002-8568-0564>

Julia Rosa Gutierrez Perez³ <https://orcid.org/0000-0002-1011-324X>

¹Universidad Nacional de Moquegua, Moquegua-Perú

²Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú

³Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna-Perú

*Autor para la correspondencia: wrojasp@unam.edu.pe

RESUMEN

Objetivo: Analizar el comportamiento espacial y temporal de los casos registrados del dengue en Perú desde el año 2000 hasta el 2023, utilizando el análisis de componentes principales (ACP) para identificar patrones de comportamiento y factores que contribuyen a la propagación de la enfermedad.

Métodos: Estudio descriptivo exploratorio de 775,142 atenciones registrados en casos de dengue en 22 regiones del estado peruano conforme a la red nacional de epidemiología (RENACE); al aplicar ACP se seleccionaron dos componentes

principales PC1 y PC2 debido a que lograron explicar el 73% de la variabilidad de los datos.

Resultados: Las regiones Piura, Lambayeque, Lima, La Libertad y Tumbes y Ancash fueron las más afectadas debido al incremento sostenido de los casos de dengue en el tiempo, en ello se destaca al periodo 2023 con el mayor índice de contagio de las últimas décadas. El ACP destaca al PC1 en 59,2% de explicación de variabilidad, en donde reveló una alta correlación con los incrementos sostenidos de los casos en las regiones involucradas, mientras el PC2 explica la variabilidad en 14,7%, en donde describe los casos erráticos en las regiones involucradas.

Conclusiones: El ACP, como una técnica fundamental de ciencia de datos, demostró su utilidad para comprender el comportamiento del dengue en contextos complejos y dinámicos. Además, se destaca que en las regiones con mayor tasa de infecciones se deben priorizar estrategias para prevenir y controlar los altos índices de contagio.

Palabras clave: Dengue; patrones de comportamiento; análisis de componentes principales; salud pública.

ABSTRACT

Objective: To analyze the spatial and temporal behavior of reported dengue cases in Peru from 2000 to 2023, using Principal Component Analysis (PCA) to identify behavioral patterns and factors contributing to the spread of the disease.

Methods: This exploratory descriptive study analyzed 775,142 dengue cases recorded across 22 regions of Peru, based on data from the National Epidemiological Network (RENACE). PCA was applied, selecting two principal components, PC1 and PC2, which together explained 73% of the data variability.

Results: The regions of Piura, Lambayeque, Lima, La Libertad, Tumbes, and Ancash were the most affected, with a sustained increase in dengue cases over time,

particularly during 2023, which recorded the highest infection rate in recent decades. PCA identified PC1 as accounting for 59.2% of the variability, showing a strong correlation with sustained case increases in the affected regions. PC2 explained 14.7% of the variability, describing erratic case trends in the involved regions.

Conclusions: PCA proved valuable in understanding the dynamics of dengue in complex and changing scenarios. Priority should be given to regions with higher infection rates, implementing strategies to prevent and control elevated contagion levels.

Keywords: Dengue; behavioral patterns; principal component analysis; public health.

Recibido: 27/10/2024

Aprobado: 23/11/2024

Introducción

El dengue, una enfermedad transmitida por la picadura del mosquito *Aedes aegypti* y causada por el virus del dengue (DENV), representa una amenaza significativa para la salud pública mundial, con aproximadamente cada año se producen de 100 y 400 millones de infecciones de casos, históricamente han pasado de 505,430 en 2000 a 5.2 millones en 2019, siendo el mayor número de casos en 2023, en donde afectaron a más de 80 países de todas las regiones de la OMS ^(1,2) en particular en las regiones tropicales y subtropicales del sudeste asiático, el pacífico occidental y las Américas; en los últimos años ha aumentado su prevalencia, poniendo en peligro a casi la mitad de la población mundial, asociadas a la morbilidad, mortalidad y costos significativos. ⁽²⁻⁴⁾ Esta enfermedad se caracteriza por fiebre alta, dolores musculares

y articulares, dolor de cabeza y erupciones cutáneas. En casos más graves, puede evolucionar hacia el dengue grave o hemorrágico, que puede ser potencialmente mortal. ⁽⁵⁻⁸⁾

En Perú, como en muchos otros países tropicales y subtropicales, el dengue representa una carga significativa para los sistemas de salud y la calidad de vida de la población, ⁽⁹⁾ siendo reconocido como un problema de salud desde hace décadas, por ello el país experimenta brotes periódicos de la enfermedad, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando las condiciones ambientales favorecen la proliferación del mosquito transmisor, ^(10,11) así como las zonas de estancamiento de agua. ⁽¹²⁾ Además, factores como el rápido crecimiento urbano, la falta de servicios básicos de saneamiento y el cambio climático han contribuido a la expansión del dengue en diversas regiones del país, ^(13,14) adicionalmente la corriente del niño ha contribuido a cambios globales al incrementar las temperaturas del medio ambiente, evidenciándose posteriormente su relación con el dengue, ⁽¹⁵⁾ conllevando al Ministerio de Salud (MINSA) a declarar el estado de “Alerta del Niño Costero”. ⁽¹⁶⁾

Es importante destacar que se han implementado diferentes estrategias de control del dengue en Perú, incluyendo la vigilancia epidemiológica, la eliminación de criaderos de mosquitos, la promoción de medidas de protección personal y la educación de la comunidad, ^(17, 18) que han intentado contribuir a reducir la transmisión del virus y mitigar el impacto de la enfermedad en la población peruana en las diferentes regiones.

Los estudios previos han proporcionado información valiosa sobre la epidemiología del dengue en Perú, por ejemplo, se realizaron estudios retrospectivos referentes a casos de muertes por dengue en el departamento de Piura en 2017, estableciendo que la tasa de mortalidad del dengue grave tuvo predominio en mujeres adultas y con sintomatología clásica. ⁽¹⁰⁾ Durante el proceso pandémico del COVID 19 se analizaron series de tiempo por cada región endémica, pese a los controles sanitarios el dengue se incrementó a excepción de la región Piura. ⁽¹⁹⁾ Asimismo, un estudio analítico

transversal, basado en el análisis de regresión multivariado en función de conocimientos y actitudes de prevención del dengue de la población peruana en 2019 reveló una alta tasa de desconocimiento y pocas actitudes preventivas hacia el dengue en la población peruana. ⁽²⁰⁾

Estudios acerca del comportamiento de la epidemia del dengue desde 1994 hasta 2008 en diferentes sectores geográficos y climatológicos en Perú identificaron una notable presencia de la enfermedad en áreas selváticas y costeras, vinculada al ciclo estacional de la temperatura, ⁽²¹⁾ un estudio posterior referente al efecto del tiempo y el clima en el comportamiento del dengue en Perú desde 2000 hasta 2018 confirmó el efecto positivo y significativo de la temperatura en las regiones de Selva Alta y Costa, en comparación con las regiones de invierno y Selva Baja y Sierra.

Las contribuciones importantes desarrolladas por las investigaciones anteriores han empleado métodos analíticos descriptivos, exploratorios en función del tiempo, a fin de describir y explicar la dinámica de los casos de transmisión del dengue, los cuales han sido efectivos en la identificación de los diferentes riesgos locales y regionales, pero aplicar métodos analíticos de simplificación de variables de significancia han sido escasos por ello la presente investigación desarrollará específicamente el método de Análisis de Componentes Principales (ACP), el cual consiste en reducir la dimensionalidad de grandes conjuntos de datos, conservando el valor de la información, lo cual se traduce en transformar los datos en nuevos ejes (componentes principales) las cuales capturan la varianza máxima, de tal manera que ayudan a identificar los patrones y las tendencias de los datos.

El objetivo general de este estudio fue analizar el comportamiento espacial y temporal de los casos registrados del dengue en Perú desde el año 2000 hasta el 2023, utilizando el análisis de componentes principales (ACP) para identificar patrones de comportamiento y factores que contribuyen a la propagación de la enfermedad. En ese sentido, se identificaron nuevas variables claves influyentes el comportamiento de los brotes de dengue en las regiones de Perú desde el 2000

hasta 2023. Asimismo, fue posible identificar patrones espaciales y temporales significativos, que ayudaron a una mejor visualización e interpretación de los datos complejos.

Los objetivos específicos de este estudio fueron a) Identificar los factores clave que contribuyen al conocimiento del comportamiento del dengue en las regiones de Perú, mediante el ACP. b) Analizar los patrones espaciales y temporales de los contagios del dengue y su correlación con las variables interviniente. c) Proporcionar un marco comprensión del comportamiento del dengue a fin de predecir los brotes de dengue a nivel nacional.

Métodos

Tipo de estudio: El estudio fue descriptivo exploratorio longitudinal, ⁽²²⁾ conforme a los registros nacionales de casos informados de Dengue, mediante el ACP en regiones afectadas por el dengue en función del tiempo establecido.

Población y muestra: La investigación consideró los 775,142 registros de atenciones del sistema de vigilancia en salud pública del Perú, gestionados y administrados por el Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades (CDC PERU). Los datos provienen de la Red Nacional de Epidemiología (RENACE), conformados 10034 establecimientos de salud del Ministerio de Salud, EsSalud y otros del sector en los diferentes niveles de las Direcciones Regionales de Salud que tiene el Perú.

Procedimientos de la recolección de datos: La recolección de datos se realizó en la plataforma nacional de datos abiertos del gobierno peruano, conforme a la Licencia de atribución de datos abiertos y comunes.

Limpieza de datos: Se realizó una limpieza de datos excluyendo los datos no válidos; dicho resultado excluyó 444 registros sin definición de atención de los

establecimientos de salud de las direcciones regionales de salud desde el periodo 2009 hasta el periodo 2022 y 8 registros sin definición del periodo anual de atención en la región Piura. Por tanto, del conjunto de datos de 501,692 registros al final se incluyeron 775,142.00 registros de atención.

Variables de estudio: Las variables principales a analizar fueron el número de casos registrados de pacientes graves, pacientes con alarma y pacientes sin alarma entre los años 2000 hasta 2022 y por región disponible en los datos.

Consideraciones éticas: Al tratarse de datos abiertos y agregados, no se requerirá aprobación de un comité de ética. Sin embargo, se mantendrá la confidencialidad y el anonimato de cualquier información individual que pueda estar presente en los datos. ⁽²³⁾

Resultados

Descripción del comportamiento del dengue

Se evaluaron 775,142 registros de atenciones a pacientes de 22 regiones afectadas a nivel nacional durante el periodo 2000 hasta 2023, de los cuales 206,161 (26,6 %) representan a la región Piura, luego 100,210 (12,9 %) pacientes representan a la región Loreto, seguido de 55,504 (7,2 %) pacientes representan a la región Ucayali, luego 55,111 (7,1 %) pacientes registrados en la región Lambayeque, luego 53,727 (6,9 %) registrados en la región de La libertad, 40,394 (5,2 %) registrados en la región Tumbes, 39,097 (5 %) registrados en la región Ica, 34,729 (4,5 %) registros en la región Lima, 33,585 (4,3 %) pacientes registrados en la región San Martín, 32,698 (4,2 %) registrados en la región Madre de Dios, 26,984 (3,5 %) registrados en la región Cajamarca, 22,696 (2,9 %) registrados en la región Junín, 18,509 (2,4 %) registros en la región Ancash, 15,380 (2 %) pacientes registrados en la región Amazonas, 13,210 (1,7 %) pacientes registrados de la región Cusco, 11,572 (1,5 %) pacientes registrados de la región Huánuco, 9,606 (1,2 %) pacientes registrados de la región Ayacucho,

3,113 (0,4 %) registros en la región Pasco, 2,422(0,3 %) registros en la región Callao, 426 (0,1 %) registros en la región Puno, 7 registros en la región Arequipa y 1 registro en la región Moquegua, tal como se muestra en la Tabla 1.

En la figura 1 y tabla 2, podemos observar los comportamientos de los contagios a nivel nacional, los más expresivos se han desarrollado en las regiones de Piura, Loreto, Ucayali, Lambayeque, La libertad, Tumbes, Ica, Lima, San Martín, Madre de Dios, Cajamarca, Junín, Ancash, Amazonas, Cusco, Huánuco, Ayacucho, Pasco, Callao, Puno, asimismo las regiones Arequipa y Moquegua según los datos históricos se han registrado casos mínimos de contagio, por otro lado, es importante mencionar que las regiones de Apurímac, Huancavelica y Tacna no han sido afectadas por la infección vírica.

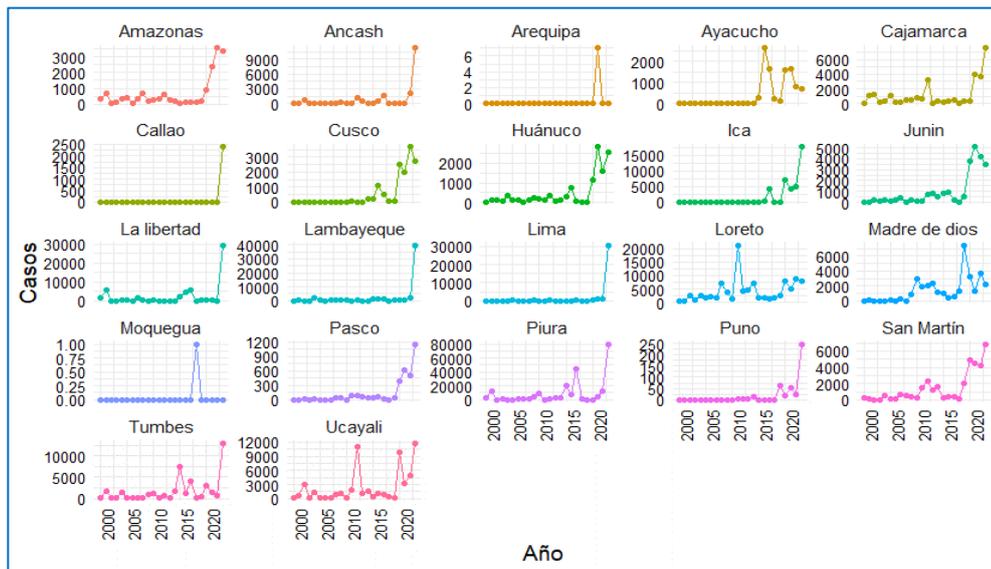
El periodo en estudio muestra que el comportamiento generalizado histórico del dengue a lo largo del tiempo ha sido ascendente (figura 2), los picos en el tiempo fueron 2001 (23,526 casos), 2004(9,547 casos), 2008(12,824 casos), 2011(28,084 casos), 2012 (28,505 casos), 2015 (35,815 casos), 2017 (68,289 casos), 2020 (47,932 casos), 2022 (63,215 casos) y el año 2023 (273,902.00 casos) muestre un incremento sustancial, siendo el año con más casos de infección (Plataforma nacional de datos abiertos 2023).

Tabla 1. Casos de dengue según regiones durante el periodo 2000 hasta 2023

Región	Casos	%
Amazonas	15,380	2,0
Ancash	18,509	2,4
Arequipa	7	0,0
Ayacucho	9,606	1,2
Cajamarca	26,984	3,5
Callao	2,422	0,3
Cusco	13,210	1,7
Huánuco	11,572	1,5
Ica	39,097	5,0
Junín	22,696	2,9
La libertad	53,727	6,9
Lambayeque	55,111	7,1
Lima	34,729	4,5

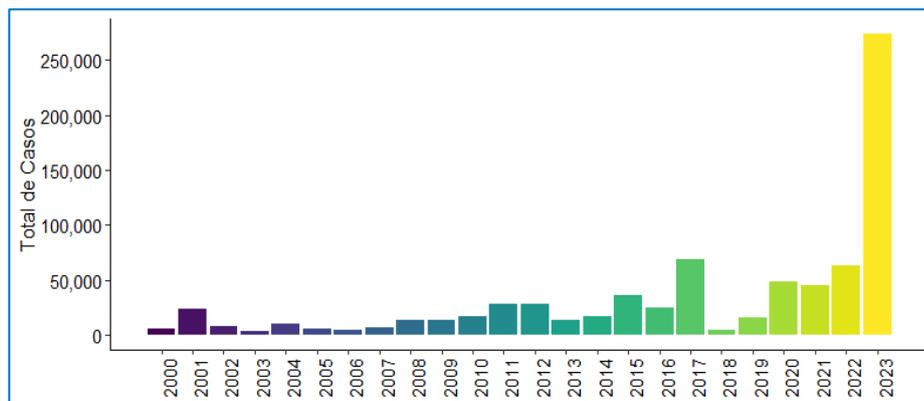
Loreto	100,210	12,9
Madre de dios	32,698	4,2
Moquegua	1	0,0
Pasco	3,113	0,4
Piura	206,161	26,6
Puno	426	0,1
San Martín	33,585	4,3
Tumbes	40,394	5,2
Ucayali	55,504	7,2

Nota: (Plataforma nacional de datos abiertos 2023).



Nota: (Plataforma nacional de datos abiertos 2023).

Fig. 1. Comportamiento de casos de dengue en regiones desde 2000 – 2023.



Nota: (Plataforma nacional de datos abiertos 2023).

Fig. 2. Comportamiento ascendente de casos de dengue 2000 – 2023.

Análisis de Componentes Principales

Variabilidad explicada

El ACP es una técnica estadística que se emplea principalmente para disminuir la dimensionalidad de un conjunto de datos, manteniendo la mayor cantidad de variabilidad posible de los datos originales, para ello se establecieron componentes principales con sus respectivos valores de sus varianzas (tabla 3 y figura 3) en donde se seleccionaron el componente principal 1 (PC1) explica el 59,2 % de la variabilidad de los datos totales, esto indica que este elemento procesa la mayor parte del conjunto de datos, luego el componente principal 2 (PC2) es responsable del 14,7 % de la variabilidad, a pesar que es mucho menor que PC1, sigue siendo un componente importante porque PC1 y PC2 explican más del 73 % de la variabilidad total.

Los componentes subsiguientes, el valor de la variabilidad explicada disminuye rápidamente a medida que avanza a través de los componentes, por ejemplo, PC3 explica 6,5 %, PC4 4,6 %, desde los componentes de PC5 (3,1 %) muestran una notable disminución en la varianza explicada, mientras que los componentes finales (PC20 y PC22) explican menos del 1 % cada uno.

La figura 3 muestra un punto claro de "codo" después de PC1, lo que indica que los primeros dos componentes (PC1 y PC2) son los más informativos. Esto indica que podría considerar limitar su análisis a estos elementos para capturar la mayor parte de la variabilidad sin incluir los elementos menos importantes.

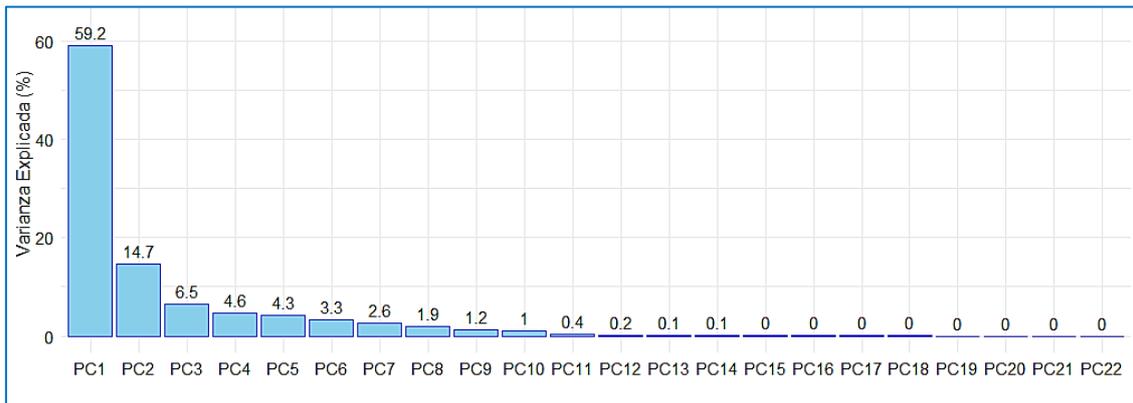
Tabla 2. Comportamiento del dengue durante el periodo 2000 hasta 2023

Región	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Amazonas	341	692	30	143	312	409	35	320	648	158	273	305

Ancash	0	4	824	1	8	4	1	8	77	224	50	0
Arequipa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ayacucho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cajamarca	18	1,100	1,176	114	383	1,127	123	125	464	477	784	688
Callao	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cusco	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	57
Huánuco	29	159	132	107	356	143	128	28	110	261	214	136
Ica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Junín	7	48	207	116	192	114	189	378	8	245	140	87
La libertad	1,496	5,718	3	0	263	259	10	1,482	267	134	728	17
Lambayeque	0	813	45	79	1,868	804	77	656	718	679	291	10
Lima	0	2	0	0	0	443	10	91	0	235	90	0
Loreto	518	510	2,500	784	2,580	1,772	1,995	1,720	7,232	3,782	1,322	21,245
Madre de Dios	21	103	12	0	0	85	2	314	45	798	2,952	1,956
Moquegua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pasco	0	0	22	1	6	3	0	2	30	29	0	87
Piura	2,620	11,713	101	1,726	37	51	865	282	1,702	4,030	8,393	183
Puno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
San Martín	218	179	42	46	577	172	170	677	541	450	307	1,437
Tumbes	192	1,803	13	50	1,552	183	243	79	51	830	1,177	104
Ucayali	97	682	2,977	182	1,413	69	174	182	931	1,072	121	1,770

Región	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Amazonas	587	247	207	37	90	93	109	164	873	2,369	3,575	3,363
Ancash	1,068	454	0	118	454	1,720	6	20	0	28	2,145	11,295
Arequipa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0
Ayacucho	0	1	0	268	2,638	1,657	202	95	1,583	1,663	782	717
Cajamarca	3,208	85	295	218	281	420	6	398	266	4,015	3,638	7,575
Callao	0	0	0	0	0	5	0	0	4	9	8	2,396
Cusco	0	2	227	248	1,100	537	79	54	2,499	1,982	3,687	2,734
Huánuco	336	67	129	307	728	92	25	35	1,133	2,811	1,580	2,526
Ica	0	0	0	3	323	4,384	127	51	7,144	4,208	5,084	17,773
Junín	736	781	508	774	931	220	51	482	3,738	5,090	4,157	3,497
La libertad	104	23	63	2,073	4,650	5,904	3	366	390	262	162	29,350
Lambayeque	491	25	147	1,103	1,662	1,579	4	770	568	843	2,386	39,493
Lima	314	102	4	9	58	362	11	46	350	1,190	938	30,474
Loreto	4,382	4,479	7,049	1,630	1,686	1,089	1,833	2,547	7,800	5,115	8,926	7,714
Madre de Dios	2,047	2,272	1,117	966	468	565	1,234	7,398	3,233	1,333	3,641	2,136
Moquegua	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Pasco	80	56	33	32	50	4	3	36	377	616	496	1,150
Piura	1,181	1,976	2,675	20,041	7,610	44,274	525	70	125	4,072	12,150	79,759
Puno	1	2	13	0	0	0	0	65	20	51	25	247
San Martín	2,322	1,208	1,574	220	335	460	98	1,969	4,955	4,532	4,270	6,826
Tumbes	592	250	1,700	7,418	1,089	4,145	64	508	3,093	1,455	723	13,080
Ucayali	11,056	1,059	1,493	350	1,007	779	317	213	9,781	3,140	4,842	11,797

Nota: (Plataforma nacional de datos abiertos 2023).



Nota: (Plataforma nacional de datos abiertos 2023).

Tabla 3. Varianza de los componentes principales

PC	Varianza (%)	PC	Varianza (%)
PC1	59,2	PC12	0,2
PC2	14,7	PC13	0,1
PC3	6,5	PC14	0,1
PC4	4,6	PC15	0,0
PC5	4,3	PC16	0,0
PC6	3,3	PC17	0,0
PC7	2,6	PC18	0,0
PC8	1,9	PC19	0,0
PC9	1,2	PC20	0,0
PC10	1,0	PC21	0,0
PC11	0,4		

Matriz de componentes

Luego de realizar ACP podemos apreciar que el primer componente PC1 está correlacionado con las regiones de Amazonas, Ancash, Cajamarca, Callao, Ica, Lambayeque, Lima, Pasco, Puno, San Martín, Tumbes, Ucayali, cuyos patrones de casos de dengue están más alineados con las variaciones de datos capturadas y el segundo componente correlacionan positivamente con la región La libertad y Piura, luego negativamente con las regiones de Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de dios, Moquegua, el cual

indica que tienen un patrón diferente conforme a las particularidades del comportamiento de sus datos; en referencia a los datos de las regiones cercanas a ambos componentes, se consideró la asignación al componente donde su carga es mayor debido a su mayor influencia (tabla 4).

Correlaciones de componentes principales

El ACP determinó que el primer componente principal se relaciona con las regiones Amazonas, Ancash, Cajamarca, Callao, Ica, Lambayeque, Lima, Pasco, Puno, San Martín, Tumbes y Ucayali quienes muestran una tendencia general hacia un crecimiento en los casos de dengue. El segundo componente principal, por otro lado, se asocia con regiones como Arequipa, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Loreto, Madre de Dios, Moquegua y Piura, que experimentan variaciones más erráticas y brotes repentinos de casos de dengue (tabla 4, figura 4).

Tabla 4. Matriz de componentes

Región	PC1	PC2	Asignación
Amazonas	0,2	-0,2	PC1
Ancash	0,3	0,2	PC1
Arequipa	0,1	-0,4	PC2
Ayacucho	0,1	-0,2	PC2
Cajamarca	0,3	0,0	PC1
Callao	0,2	0,2	PC1
Cusco	0,2	-0,3	PC2
Huánuco	0,2	-0,3	PC2
Ica	0,3	0,0	PC1
Junín	0,2	-0,4	PC2
La libertad	0,2	0,3	PC2
Lambayeque	0,3	0,2	PC1
Lima	0,3	0,2	PC1
Loreto	0,1	-0,2	PC2
Madre de Dios	0,1	-0,2	PC2
Moquegua	0,0	0,0	PC2
Pasco	0,3	-0,1	PC1
Piura	0,2	0,2	PC2
Puno	0,3	0,1	PC1

San Martín	0,2	-0,2	PC1
Tumbes	0,2	0,2	PC1
Ucayali	0,2	-0,1	PC1

Biplot de componentes principales

La interpretación de los resultados del ACP a través de la herramienta visual biplot establece una combinación entre el eje X (PC1) quien explica el 59,2 % de la variabilidad total de los datos, luego el eje Y (PC2) quien explica el 14,7 % de la variabilidad total; dentro de la dinámica de datos cada punto azul indica un año en particular, distribuidos desde el 2000 hasta 2023 describiendo el comportamiento de las tasas de infección del dengue en el tiempo, las etiquetas de color rojo identifica a las regiones relacionadas con los puntos azules, asimismo dichas flechas cuentan con dirección y magnitud en función del tamaño de los casos de cada región.

Por tanto:

- Un punto en la parte superior derecha del gráfico representaría un año en el que las regiones muestran un crecimiento continuo en los contagios de dengue, acompañado de un bajo nivel de ruido en los contagios.
- Un punto en la parte inferior izquierda indicaría un año con bajo crecimiento continuo en los contagios de dengue, pero con un alto nivel de ruido, lo cual significa una mayor variabilidad de los brotes.

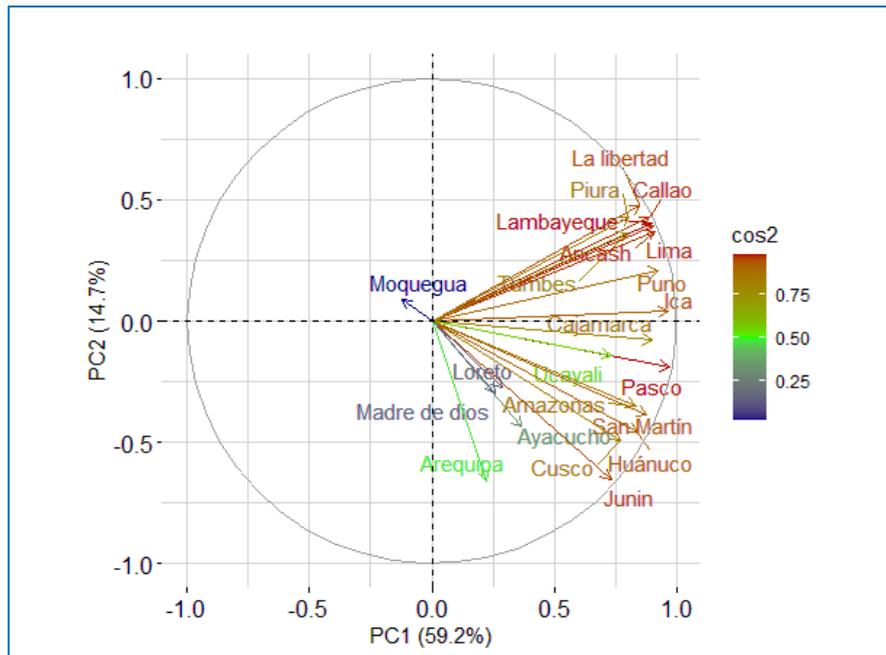


Fig. 4. Gráfico de Círculo de Correlaciones.

El comportamiento en el tiempo describe que, desde el inicio del 2000, 2003, 2005, 2006, 2007, 2018 las tasas de enfermedad fueron de bajo crecimiento, luego los años 2002, 2004, 2008, 2013, 2009, 2019, 2010, 2014, 2001, 2016, 2011, 2012 los casos se incrementaron paulatinamente y en periodos 2015, 2021, 2020, 2022, 2017 y 2023 los casos se han incrementado significativamente especialmente el año 2023. Permitiendo establecer que las regiones Callao, Lambayeque, Lima, Ancash, Tumbes, Puno e Ica, La libertad, Piura han tenido un continuo crecimiento de casos de dengue, luego las regiones Ucayali, Pasco, Cajamarca, San Martín, Amazonas Huánuco, Cusco, Junín Loreto, Madre de Dios, Ayacucho y Arequipa, los casos se han ido reduciendo y finalmente la región Moquegua los casos son bajos, tal como expresa la figura 5.

Los casos de alto contagio del dengue resaltan al periodo 2017 y especialmente al periodo 2023 conforme al cuadrante positivo, asimismo la magnitud de los casos destaca la presencia de regiones como Piura, Lambayeque, Lima, La Libertad, Tumbes, Callao y Ancash proporcionando de manera objetiva su participación en el incremento de casos en dichos periodos (figura 5 y tabla 2).

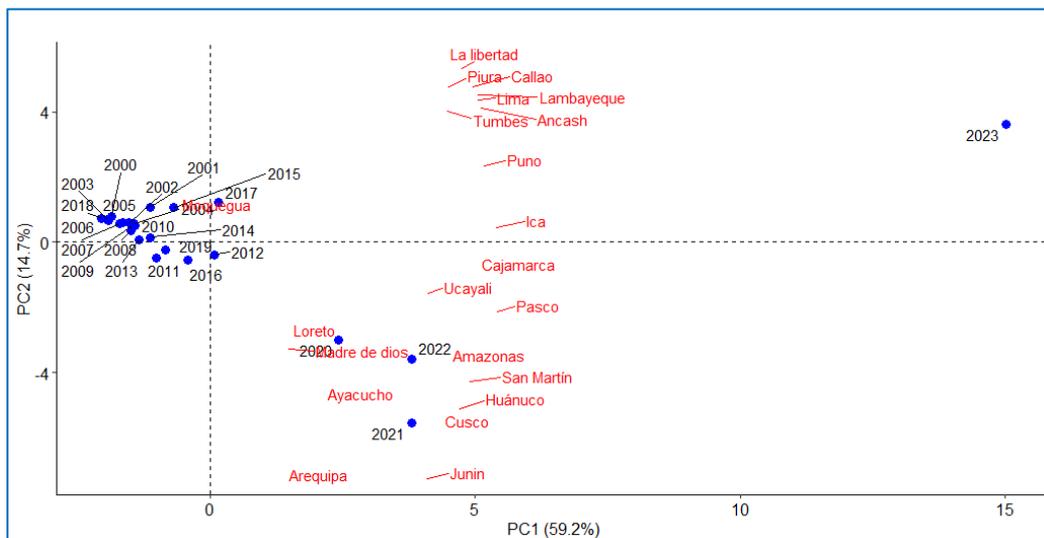


Fig. 5. Biplot de componentes principales PC1 y PC2.

Discusión

Interpretación de los resultados

Desarrollar el ACP en los registros de casos virales del dengue en Perú permitió hallazgos importantes, como la determinación de dos componentes principales (PC1 y PC2) los cuales pudieron explicar el 73 % de la variabilidad total de los datos, estableciendo madurez y fortaleza de los componentes al momento de explicar el comportamiento de las enfermedades virales y consolidar la utilidad del ACP en la reducción de las dimensiones sin perder información trascendental.

El primer componente (PC1), logró explicar el 59,2 % de la variabilidad, con una alta correlación con las regiones Piura, Lambayeque, Lima, La Libertad, Tumbes y Ancash, cuyos comportamientos respecto a la enfermedad viral mostraron un crecimiento continuo a lo largo de tiempo y ubicando a dichas regiones en áreas de alta incidencia en casos de contagio. Respecto al segundo componente,

logró explicar el 14,7 % de variabilidad de los datos, en donde destacaron las regiones de La Libertad y Piura, con variaciones más erráticas respecto a los casos de contagio, lo cual significa que el comportamiento de la enfermedad expuso brotes repentinos y menos consistentes.

Se ha podido evidenciar que los casos de contagio en el periodo 2023 tuvo un incremento significativo, destacando el año con la más alta tasa de casos de las dos últimas décadas, determinando un cambio significativo en el comportamiento dentro de la dinámica de la enfermedad, podemos mencionar que esté muy posiblemente relacionado con factores climáticos, demográficos y/o a la adaptación del mosquito *Aedes aegypti* a las nuevas condiciones ambientales tal como demuestran los estudios recientes sobre los efectos del cambio climático en la propagación de las enfermedades transmitidas por mosquitos. ⁽¹³⁾

Comparación con estudios previos

La investigación desarrollada confirma la relación del dengue con las condiciones ambientales respecto a las regiones geográficas del Perú. Evidencias anteriores establecieron una conexión directa entre las temperaturas altas y el incremento de casos de dengue, ⁽²⁴⁾ particularmente en regiones tropicales como Piura y Loreto, donde el medio ambiente es caluroso y las condiciones de humedad promueven la reproducción de los mosquitos.

La presente investigación confirma los hallazgos de las investigaciones anteriores respecto a la relación entre el dengue y las condiciones ambientales, relacionadas con las áreas geográficas en Perú. ^(10,11) Las evidencias anteriores mencionaron que existe una relación directa entre las temperaturas altas y el incremento de casos de dengue en las regiones tropicales ⁽³⁾ tal como se confirma en la región Piura y Loreto, en donde el clima es caluroso y predomina la humedad, facilitando la reproducción del mosquito. El ACP ha permitido una

mejor descripción de las tendencias regionales, en donde las regiones de la costa y de la selva continúan estableciendo patrones de brotes epidémicos consistentes con los hallazgos de estudios retrospectivos sobre la epidemiología del dengue en el país. ⁽¹⁰⁾

Es importante destacar que a diferencia de estudios anteriores en donde se basaban en métodos analíticos descriptivos y análisis de series temporales, el presente trabajo presenta *una innovación metodológica significativa* al utilizar el ACP para reducir la dimensionalidad de los datos. Este enfoque permitió la detección de patrones tanto espaciales como temporales y mejor interpretación de los datos complejos mediante la visualización gráfica. Se destaca una mejora notable con respecto a estudios anteriores, que se limitaban a técnicas tradicionales de análisis multivariante como la regresión y carecían de la capacidad de simplificar el conjunto de variables.

Implicaciones teóricas y prácticas

La técnica de ACP ha permitido identificar con precisión regiones críticas y sobre todo los períodos de tiempo en donde los casos de contagio han sido muy significativos; los resultados en situaciones prácticas serán cruciales en la toma de decisiones a fin de establecer políticas de salud pública en el Perú, debido a que permitirá predecir futuros brotes y concentrar recursos en las áreas de mayor riesgo. Por ejemplo, regiones como Piura, Lambayeque y Tumbes, que presentan una fuerte correlación con el PC1, podrían beneficiarse enormemente de medidas más intensivas y sostenidas, incluidos programas de control de vectores y campañas educativas, en particular durante los meses de máxima transmisión.

La presente investigación *mejora teóricamente* la comprensión del comportamiento epidemiológico del dengue permitiendo identificar las fuentes primarias de variabilidad en los datos, es decir confirmando que los factores

ambientales y sociales tienen un impacto significativo en la propagación de la enfermedad, ⁽¹³⁾ adicionalmente estudios realizados en la ciudad de Dhaka, Banglades evidenciaron que la proliferación del dengue destaca a las áreas con climas cálidos, húmedos y con precipitaciones, ⁽²⁴⁾ estudios realizados en República Dominicana demostró que la humedad y la temperatura tienen una correlación alta con los casos de dengue, ⁽²⁵⁾ adicionalmente países como Singapur, Fiji y Hong Kong ⁽²⁶⁾ confirman que los climas tropicales y subtropicales son propicios para la propagación del dengue favoreciendo el ciclo de vida del mosquito, acelerando desarrollo del virus dentro del insecto, asimismo la presencia de lluvias y las aguas estancadas proporciona los criaderos ideales para la reproducción de los mosquitos. ⁽¹²⁾

Limitaciones del estudio

Si bien el ACP ha sido un método valioso en la simplificación de datos complejos debemos reconocer varias limitaciones; el análisis se basa en datos recopilados y resumidos a lo largo del tiempo, lo que significa que no tiene en cuenta detalles individuales específicos, como la ubicación precisa de los casos, el comportamiento humano o las intervenciones sanitarias exactas, así también que factores contextuales han influenciado significativamente en los patrones de transmisión del dengue, los cuales no se abordaron directamente en este estudio.

Si bien el ACP es eficaz para identificar patrones significativos en los datos, pero existe una falta de claridad o comprensión sobre lo que ocurre en las variaciones observadas. Queda claro que los dos primeros componentes explican una parte sustancial de la variabilidad en 73,9 %; el 26,1 % restante indica que otros factores no considerados podrían estar influyendo en la dinámica, así como la migración interna de personas, ⁽²⁷⁾ en particular hacia zonas urbanas con infraestructura inadecuada, puede alterar sustancialmente la dinámica de transmisión del dengue; el cual se ha pasado por alto en el

análisis, la valiosa especificación de información ayudaría a comprender la dinámica de los casos de dengue en regiones específicas; otro aspecto sería la expansión urbana, ⁽²⁸⁾ la deforestación ⁽²⁹⁾ y otros cambios en el uso del suelo, ⁽³⁰⁾ que podrían crear nuevos entornos para el mosquito *Aedes aegypti*, afectando la aparición de brotes en zonas no afectadas, permitiendo nuevas variables que se relacionan con el uso del suelo a fin de relacionar la influencia de estos cambios en la propagación del dengue, que no se incluyeron en el análisis, aspectos que podría contribuir en las variaciones observadas.

Futuras Investigaciones

Los hallazgos de la presente investigación establecen nuevas alternativas de investigación acerca del dengue en Perú, es decir el ACP juntamente con modelos predictivos sofisticados, como el aprendizaje automático podrían mejorar la capacidad de pronosticar futuros brotes en función de variables climáticas, demográficas y geográficas, incluso incorporando datos concernientes a los factores ambientales como la humedad, las precipitaciones y la densidad poblacional a fin de mejorar significativamente la precisión de estos modelos.

Otra línea de investigación importante sería la evaluación acerca de la eficacia referente a las intervenciones específicas de las campañas de fumigación contra mosquitos o la distribución de mosquiteros en las zonas donde se registran incrementos de los casos del dengue, ello permitirá evaluar las medidas de controles actuales y desarrollar estrategias que se adapten mejor a las necesidades especiales de cada región.

Finalmente, la influencia del cambio climático en la dinámica del dengue en el Perú debe ser un área clave de investigación, dado que los pronósticos climáticos indican un aumento tanto en la frecuencia como en la gravedad de los brotes epidémicos. ⁽³¹⁾

Conclusiones

La presente investigación representa una mejor comprensión de la dinámica cartesiana y temporal de los registros de casos de dengue en Perú; la aplicación de ACP al conjunto de datos, permitió reducir la dimensionalidad del conjunto de datos en nuevos componentes principales, los cuales identificaron patrones complejos y subyacentes en la ocurrencia de la enfermedad en las diferentes regiones del Perú, asimismo el análisis ha proporcionado una visión más holística conforme a los factores intervinientes permitiendo interpretabilidad, eficiencia computacional y flexibilidad al momento de analizar el comportamiento de los registros de atención médica en los casos del dengue.

Se ha revelado que las regiones de La Libertad, Callao, Lambayeque, Lima y Ancash presentan una alta de correlación respecto a los casos de dengue, dichas regiones se destacan por ser vulnerables a los brotes epidémicos, asimismo dentro del ACP, las regiones mencionadas están directamente vinculadas al primer componente (PC1), cuya dinámica representan la mayor variabilidad en el comportamiento de los datos, razón por la cual dichas áreas claves deberían ser priorizadas para la implementación de medidas de control de mosquitos.

El ACP ha demostrado que las regiones de Piura, Lambayeque, Lima, La Libertad, Tumbes y Ancash presentan un patrón sostenido en el incremento de casos de dengue, destacando su alta susceptibilidad a brotes epidémicos, dichas regiones están se encuentran asociadas al primer componente principal (PC1), por su variabilidad en los datos, también deben ser consideradas como zonas prioritarias para la implementación de políticas de control vectorial.

El crecimiento significativo de casos de dengue registrados en el 2023, destaca al periodo con mayor número de contagios en las últimas dos décadas, mostrando un cambio preocupante en la dinámica de la enfermedad, dicho

crecimiento puede estar relacionado con cambios en las condiciones ambientales y los fenómenos como la corriente del Niño, que han incrementado las condiciones favorables para la proliferación del mosquito *Aedes aegypti*.

El uso del ACP permitió una reducción efectiva de la dimensionalidad de los datos, capturando más del 73 % de la variabilidad total a través de los dos primeros componentes principales. Esto expresa la utilidad del método en el análisis de grandes conjuntos de datos epidemiológicos, ya que permite identificar variables clave y tendencias sin perder información significativa.

Patrones regionales diferenciados: Las diferencias en los patrones de propagación entre las regiones resaltadas por los componentes principales sugieren que la dinámica de transmisión del dengue varía considerablemente según el contexto geográfico. Regiones como Piura y Loreto experimentan picos de brotes más erráticos y menos predecibles, mientras que otras áreas como Tumbes y Lambayeque muestran tendencias más estables de crecimiento continuo.

Implicancias para la gestión de la salud pública: Los hallazgos de este estudio proporcionan una base sólida para mejorar las estrategias de prevención y control del dengue en el Perú. Al identificar las regiones con mayor vulnerabilidad, se pueden desarrollar intervenciones dirigidas a mitigar la incidencia de la enfermedad durante los períodos de mayor riesgo, lo que podría tener un impacto significativo en la reducción de casos y morbilidad asociada.

Limitaciones y perspectivas futuras: A pesar de los importantes avances logrados, el estudio presenta limitaciones inherentes a los datos agregados y a la falta de incorporación de factores contextuales más detallados, como variables socioeconómicas o climáticas específicas. En futuras investigaciones, sería beneficioso integrar modelos predictivos más avanzados y una mayor variedad de variables para mejorar la capacidad de predicción y

control de brotes de dengue. Además, es fundamental profundizar en el impacto del cambio climático y otras variables ambientales en la dinámica del dengue para abordar la problemática de manera integral.

En conclusión, este trabajo aporta un enfoque innovador al análisis del dengue en el Perú, aplicando herramientas de ciencia de datos que ofrecen una nueva perspectiva sobre la evolución de la enfermedad a lo largo del tiempo. Los resultados no solo mejoran la comprensión del panorama epidemiológico en el país, sino que también pueden contribuir a la toma de decisiones informadas en políticas de salud pública, con el objetivo de reducir el impacto del dengue en la población peruana.

Referencias bibliográficas

1. Organización Mundial de la Salud. Dengue y dengue grave. 2024 [cited 2024 Jul 1]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>
2. Kularatne SA, Dalugama C. Dengue infection: Global importance, immunopathology and management. Clin Med. 2022 Jan 1 [cited 2024 Jul 1];22(1):9–13. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35078789/>
3. Harapan H, Michie A, Sasmono RT, Imrie A. Dengue: A Minireview. Viruses. 2020 Aug 1 [cited 2024 Jul 2];12(829):1–35. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/v12080829>
4. Jing Q, Wang M. Dengue epidemiology. Glob Heal J. 2019 Jun 1 [cited 2024 Jul 2];3(2):37–45. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2019.06.002>
5. Hasan S, Jamdar SF, Alalowi M, Al Ageel Al Beaiji SM. Dengue virus: A global human threat: Review of literature. J Int Soc Prev Community Dent. 2016 [cited

2024 Jul 2];6(1):1–6. Disponible en: <https://doi.org/10.4103/2231-0762.175416>

6. Zambrano LI, Fuentes-Barahona IC, Portillo-Pineda R, Aguilar-Ponce M, Murillo-Padilla JC, Suazo-Menocal M, et al. Assessment of Post-Dengue Rheumatic Symptoms Using the WOMAC and DAS-28 Questionnaires in a Honduran Population after a Four-Month Follow-Up. *Trop Med Infect Dis*. 2022 Dec 1 [cited 2024 Jul 2];7(12):1–11. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7120394>

7. Dutta SR, Sing P. Detrimental orofacial manifestations of dengue and dengue hemorrhagic fever-clinical case series, review of the causes, complications, and vaccine strategies. *South African Dent J* . 2021 Oct 26 [cited 2024 Jul 2];76(8):457–64. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17159/2519-0105/2021/v76no8a2>

8. Domingues RB, Kuster GW, Onuki De Castro FL, Souza VA, Levi JE, Pannuti CS. Headache Features in Patients with Dengue Virus Infection. 2006 Jul 1 [cited 2024 Jul 2];26(7):879–82. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1468-2982.2006.01100.x>

9. Khan MB, Yang ZS, Lin CY, Hsu MC, Urbina AN, Assavalapsakul W, et al. Dengue overview: An updated systemic review. *J Infect Public Health*. 2023 Oct 1 [cited 2024 Jul 2];16(10):1625–42. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37595484/>

10. Luque N, Cilloniz C, Pons MJ, Donaires F, Albornoz R, Mendocilla-Risco M, et al. Características clínicas y epidemiológicas de las muertes por dengue durante un brote en el norte del Perú. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2023 [cited 2024 Jul 3];40(1):67–72. Disponible en: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2023.401.12148>

11. Cabezas C. Dengue en el Perú: crónica de epidemias recurrentes (1990-2023), el virus, el Aedes aegypti y sus determinantes, ¿a dónde vamos? An la Fac Med. 2023 [cited 2024 Jul 2];82(2):145–8. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9026116.pdf>
12. Seltenrich N. Standing water and missing data: The murky relationship between flooding and mosquito-borne diseases. Environ Health Perspect. 2021 [cited 2024 Jul 2];129(12):12–3. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/EHP10382>
13. Cabezas C, Fiestas V, García-Mendoza M, Palomino M, Mamani E. Dengue en el Perú: a un cuarto de siglo de su reemergencia. Rev Peru Med Exp Salud Publica. 2015 [cited 2024 Jul 2];32(1):146–56. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342015000100021
14. Childs ML, Lyberger K, Harris M, Burke M, Mordecai EA. Climate warming is expanding dengue burden in the Americas and Asia. medRxiv. 2024 Jan 9 [cited 2024 Jul 2];1–22. Disponible en: <https://doi.org/10.1101/2024.01.08.24301015>
15. Jiang N, Zhu C, Hu ZZ, McPhaden MJ, Chen D, Liu B, et al. Enhanced risk of record-breaking regional temperatures during the 2023–24 El Niño. Sci Reports 2024 141. 2024 Feb 29 [cited 2024 Jul 5];14(1):1–10. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52846-2>
16. Ministerio de Salud (Perú). Documento técnico: Plan de Prevención y Control del Dengue Julio-Diciembre 2023. 2023 [cited 2024 Jul 5]. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/fi-admin/rm-660-2023-minsa.pdf>
17. Ministerio de Salud (Perú). Guía de práctica clínica para la atención de casos de dengue en el Perú. Vol. 1, R.M 087-2011/MINSA. Lima - Perú; 2011

[cited 2024 Jul 5]. Disponible en:

<https://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/2366.pdf>

18. Ministerio de Salud (Perú). Norma Técnica De Salud Para La Implementación De La Vigilancia Y Control Del Aedes Aegypti, Vector Del Dengue Y La Fiebre De Chikungunya Y La Prevencion Del Ingreso Del Aedes Albopictus en el Territorio Nacional. Norma técnica de Salud N° 116-MINSA/DIGESA-V.01. 2017 [cited 2024 Jul 2]. Disponible en:

<https://acortar.link/l3n975>

19. Plasencia-Dueñas R, Failoc-Rojas VE, Rodriguez-Morales AJ. Impact of the COVID-19 pandemic on the incidence of dengue fever in Peru. J Med Virol. 2022 Jan 1 [cited 2024 Jul 5];94(1):393–8. Disponible en:

<https://doi.org/10.1002/jmv.27298>

20. Fernandez-Guzman D, Caira-Chuquineyra B, Calderon-Ramirez PM, Cisneros-Alcca S, Benito-Vargas RM. Sociodemographic factors associated to knowledge and attitudes towards dengue prevention among the Peruvian population: findings from a national survey. BMJ Open. 2023 Mar 1 [cited 2024 Jul 4];13(3):1–12. Disponible en: [https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-071236)

[071236](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-071236)

21. Chowell G, Cazelles B, Broutin H, Munayco C V. The influence of geographic and climate factors on the timing of dengue epidemics in Perú, 1994-2008. BMC Infect Dis. 2011 Jun 8 [cited 2024 Jul 4];11(164):1–15. Disponible en:

<https://doi.org/10.1186/1471-2334-11-164>

22. Hernández-Sampieri R, Mendoza CP. Metodología de la Investigación. Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta. universidad tecnologica laja Bajío. 2018 [cited 2023 Sep 10]. 1–753 p. Disponible en:

<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612>

23. World Medical Association Declaration of Helsinki. Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. Clin Rev Educ. 2013 [cited 2021 May 30];310(20):2191–4. Disponible en: <https://www.wma.net/wp-content/uploads/2016/11/DoH-Oct2013-JAMA.pdf>
24. Islam S, Emdad Haque C, Hossain S, Hanesiak J. Climate variability, dengue vector abundance and dengue fever cases in dhaka, bangladesh: A time-series study. Atmosphere (Basel). 2021 Jul 1 [cited 2024 Jan 2];12(7):905. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/atmos12070905>
25. Robert MA, Rodrigues HS, Herrera D, de Mata Donado Campos J, Morilla F, Del Águila Mejía J, et al. Spatiotemporal and meteorological relationships in dengue transmission in the Dominican Republic, 2015–2019. Trop Med Health. 2023 Dec 1 [cited 2024 Jul 3];51(1):1–15. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s41182-023-00517-9>
26. Ong YY, Tan GE. Climate variability and dengue in Singapore, Fiji, and Hong Kong: small bite, big threat. <https://doi.org/10.1177/2010105818820006> . 2019 Aug 12 [cited 2024 Feb 2];28(3):145–6. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/2010105818820006>
27. Sharma KD, Mahabir RS, Curtin KM, Sutherland JM, Agard JB, Chadee DD. Exploratory space-time analysis of dengue incidence in Trinidad: A retrospective study using travel hubs as dispersal points, 1998-2004. Parasites and Vectors. 2014 [cited 2024 Jul 2];7(1):1–11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-341>
28. Kolimenakis A, Heinz S, Wilson ML, Winkler V, Yakob L, Michaelakis A, et al. The role of urbanisation in the spread of Aedes mosquitoes and the diseases they transmit—A systematic review. PLoS Negl Trop Dis. 2021 Sep 1 [cited

2024 Jul 2];15(9):e0009631. Disponible en:

<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009631>

29. Kalbus A, de Souza Sampaio V, Boenecke J, Reintjes R. Exploring the influence of deforestation on dengue fever incidence in the Brazilian Amazonas state. PLoS One. 2021 Jan 1 [cited 2024 Jul 4];16(1):e0242685.

Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242685>

30. Andrade AC, Falcão LAD, Borges MAZ, Leite ME, Espírito Santo MM do. Are Land Use and Cover Changes and Socioeconomic Factors Associated with the Occurrence of Dengue Fever? A Case Study in Minas Gerais State, Brazil.

Resources. 2024 Mar 1 [cited 2024 Jul 2];13(3):1–18. Disponible en:

<https://doi.org/10.3390/resources13030038>

31. 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 Heal. 2022 May 27 [cited 2024 Jul 5];10:1–16.

Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.884645>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos

Contribución de autoría

Conceptualización: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez

Curación de datos: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho

Análisis formal: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez

Investigación: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez

Metodología: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez

Administración del proyecto: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López

Software: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés

Supervisión: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Julia Rosa Gutierrez Perez

Validación: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez

Visualización: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho

Redacción – borrador original: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez

Redacción – revisión y edición: Wildon Rojas-Paucar, Alberto Octavio Carranza López, Elena Miriam Chávez Garcés, Karin Yanet Supo Gavancho, Julia Rosa Gutierrez Perez