

# RELATIONSHIP OF EL NIÑO COSTERO AND NATURAL HAZARDS WITH INCIDENCE OF DENGUE AND CHOLERA IN LURIGANCHO - PERU.

Ulises Francisco Giraldo Malca, Doctor<sup>1</sup>, Adriana Fabiola Salazar Mancilla<sup>2</sup>, Andrea Nicole Cañari Gutiérrez<sup>3</sup>, Katherine Ximena Allpoc Villazana<sup>4</sup>, César Antonio Piñan Nima<sup>5</sup>, Xiomara Villena Lorenzo<sup>6</sup>, and Kelvin Ernesto Martínez Santos<sup>7</sup>.

*Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, PERÚ, pcigugir@upc.edu.pe<sup>1</sup>, u202311037@upc.edu.pe<sup>2</sup>, u202310563@upc.edu.pe<sup>3</sup>, u20231d335@upc.edu.pe<sup>4</sup>, u202318967@upc.edu.pe<sup>5</sup>, u20221g110@upc.edu.pe<sup>6</sup>, Universidad de Cienfuegos, Cuba, kmartinez@ucf.edu.cu<sup>7</sup>*

*Abstract— The urban expansion of metropolitan Lima has led to the settlement of poor populations in the premontane zones and Andean desert foothills of its eastern periphery, in addition to the appearance of formal and informal solid waste disposal sites, where the occasional rains generated by the El Niño-Southern Oscillation trigger debris flows, landslides, river overflows and floods, in addition to the appearance of infectious and contagious diseases in their inhabitants, so it is necessary know the climatic and environmental conditions that cause these outbreaks, for a better management of these cases. To this end, the relationship between climate variability, natural hazards and the increase in cases of cholera and dengue in the district of Lurigancho between 1997 and 2024 was analyzed. For this purpose, data from hydrometeorological stations, ENSO indices, natural hazard reports and disease incidence records were systematized. As result, a strong relationship was found between rainfall in the Ñaña zone and the incidence of disease, which may be related to the inadequate disposal of solid waste and the precarious conditions in which many of its inhabitants live, aggravated by the lack of governmental management of the territory, hazard prevention and health care. In conclusion, the incidence of arboviral diseases in this case is not significantly correlated with the occurrence of hazards, but rather with favorable atmospheric conditions of higher minimum temperatures and rainfall, such as those generated by an ENSO event, combined with deficiencies in final disposal of solid waste and lack of basic services for the population.*

*Keywords—Huaycos; climate change; ICEN; Aedes aegypti; Vibrio cholerae.*

# RELACIÓN DE EL NIÑO COSTERO Y DESASTRES NATURALES CON LA INCIDENCIA DE DENGUE Y COLERA EN LURIGANCHO-PERÚ.

Ulises Francisco Giraldo Malca, Doctor<sup>1</sup>, Adriana Fabiola Salazar Mancilla<sup>2</sup>, Andrea Nicole Cañari Gutiérrez<sup>3</sup>, Katherine Ximena Allpoc Villazana<sup>4</sup>, César Antonio Piñan Nima<sup>5</sup>, Xiomara Villena Lorenzo<sup>6</sup> and Kelvin Ernesto Martínez Santos<sup>7</sup>.

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, PERÚ, [pcigugir@upc.edu.pe](mailto:pcigugir@upc.edu.pe)<sup>1</sup>, [u202311037@upc.edu.pe](mailto:u202311037@upc.edu.pe)<sup>2</sup>, [u202310563@upc.edu.pe](mailto:u202310563@upc.edu.pe)<sup>3</sup>, [u20231d335@upc.edu.pe](mailto:u20231d335@upc.edu.pe)<sup>4</sup>, [u202318967@upc.edu.pe](mailto:u202318967@upc.edu.pe)<sup>5</sup>, [u20221g110@upc.edu.pe](mailto:u20221g110@upc.edu.pe)<sup>6</sup>, Universidad de Cienfuegos, Cuba, [kmartinez@ucf.edu.cu](mailto:kmartinez@ucf.edu.cu)<sup>7</sup>

**Resumen**– *La expansión urbana de Lima Metropolitana ha provocado el asentamiento de poblaciones pobres en las zonas premontanas y estribaciones andinas desérticas de su periferia este, además de la aparición de puntos de disposición de residuos sólidos formales e informales, donde las ocasionales precipitaciones generadas por El Niño-Oscilación del Sur desencadenan flujos de detritos, deslizamientos de tierra, desbordamientos de ríos e inundaciones, además de la aparición de enfermedades infectocontagiosas en sus habitantes, por los que se necesita conocer las condiciones climáticas y ambientales que ocasionan estos brotes, para una mejor gestión de estos casos. Con ese fin se analizó la relación entre la variabilidad climática, desastres naturales y el incremento de casos de cólera y dengue en el distrito de Lurigancho entre 1997-2024. Para ello, se sistematizó datos de cinco estaciones hidrometeorológicas, cuatro índices del ENOS, informes de desastres naturales, y registros de incidencia de enfermedades. Como resultado, se halló una fuerte relación entre las precipitaciones en la zona de Ñaña y la incidencia de enfermedades, que puede estar asociada con la disposición inadecuada de residuos sólidos y las precarias condiciones en que vive buena parte de sus habitantes, agravado por la deficiente gestión estatal del territorio, prevención de desastres y atención de salud. En conclusión, en este caso la incidencia de enfermedades arbovirales no presenta una correlación importante con la ocurrencia de desastres naturales, sino con condiciones atmosféricas favorables de temperaturas mínimas más altas y presencia de lluvias, como las generadas por un evento ENOS, en combinación con deficiencias en la disposición final de residuos sólidos y carencias en la provisión de servicios básicos a sus pobladores.*

**Palabras clave**-- *Huaycos; cambio climático; ICEN; Aedes aegypti; Vibrio cholerae.*

## I. INTRODUCCIÓN

Lima - Callao es reconocida, después de El Cairo, como la segunda ciudad más poblada del mundo ubicada en un desierto [1], con más de 11 millones de personas [2]. Esta área geográfica ha experimentado un agresivo proceso de urbanización durante el siglo XX, impulsado por la migración andina, un patrón vinculado a dinámicas históricas como la descentralización en la época colonial y la reforma agraria de 1969, procesos que favorecieron la lotización ilegal de terrenos y promovió la expansión hacia zonas montañosas [3]. En el

siglo XXI, según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la tasa de crecimiento natural proyectó un aumento constante de la población hasta 2030, una tendencia que se evidenció en el último censo realizado en 2017 . En este contexto, el crecimiento poblacional ha intensificado la expansión hacia zonas periféricas caracterizadas en su mayoría por el bajo poder adquisitivo de sus habitantes [4].

En ese sentido, las zonas montañosas con climas áridos se caracterizan por una pérdida de agua por evaporación significativamente mayor a la caída de precipitaciones, lo que resulta en niveles de disponibilidad hídrica reducidos [5]. Según Tapia, estos ambientes presentan precipitaciones anuales inferiores a los 200 mm, lo que permite apenas el desarrollo de una vegetación discontinua adaptada a la escasez de agua, o carece de esta . Además, sus características de pendiente pronunciada, carencia de cobertura vegetal continua e inestabilidad del terreno generan condiciones propicias para la ocurrencia de ciertos tipos de movimientos en masa [6].

Por otro lado, los flujos de detritos, también conocidos como “*huaycos*” en Perú, consisten en el arrastre de materiales rocosos, tierra y vegetación debido a lluvias intensas, lo que representa una peligrosa amenaza para la población que habita zonas montañosas [7]. Según Copaja et al., estos flujos pueden ser violentos y destructivos, ocasionando pérdidas materiales significativas, obstrucción de vías de comunicación y afectaciones directas a la vida de las personas . Sin embargo, el impacto de estos fenómenos trasciende la destrucción física, afectando indirectamente a la salud pública. En este contexto, las inundaciones provocadas por *huaycos* forman pequeños cuerpos de agua que favorecen la reproducción de vectores transmisores de enfermedades, incrementando el riesgo de brotes epidémicos [8].

El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) forma parte de la variabilidad climática del hemisferio sur y afecta directamente la intensidad y frecuencia de lluvias extremas, así como el incremento de las temperaturas en las costas del Pacífico oriental [9], teniendo un impacto significativo en la ocurrencia de flujo de detritos en zonas como vertiente occidental de los

Andes [10]. Su monitoreo internacional se realiza con distintos indicadores como: el Índice Costero El Niño (ICEN), que evalúa la variabilidad climática en el este del Océano Pacífico ecuatorial, frente a Ecuador y el norte de Perú, utilizando promedios trimestrales de anomalías en la temperatura superficial del mar [11].

El Niño Costero, es una variante del ENOS que se presenta en Perú y Ecuador, caracterizado por el calentamiento superficial del mar y el incremento de los niveles de humedad específica en su desértica costa [12]. Este evento altera los patrones climáticos, provocando en la vertiente occidental de los Andes lluvias más intensas de lo habitual [13], habiéndose evidenciado que dichas precipitaciones afectan la dinámica de sedimentos y materiales en suspensión al interior de las cuencas hidrográficas [10], generando cambios geomorfológicos por erosión en partes altas y modificaciones del perfil longitudinal de los cauces [14]. Asimismo, el cambio climático, consecuencia del aumento de carbono en la atmósfera y otros factores, estaría alterando los patrones de ocurrencia del ENOS, reduciendo el tiempo de retorno, incrementando su magnitud e incluso prolongando su duración, impacto combinado que exacerbaría los desastres naturales relacionados [15], alterando los patrones históricos de temperatura y precipitación, especialmente en zonas montañosas y costeras de Perú [9].

De esta forma, los fenómenos climáticos extremos generan condiciones propicias para la aparición de enfermedades asociadas a cuerpos de agua. Entre estas se encuentra el cólera, el cual es una infección diarreica aguda causada por la ingesta de alimentos o agua contaminados con la bacteria *Vibrio cholerae*, que afecta principalmente a comunidades con saneamiento y acceso a agua potable deficientes [16], pudiendo ser transmitida por vectores como la mosca doméstica (*Musca domestica*) [17]. La primera pandemia del cólera ocurrió en India entre 1817 y 1823, en un periodo de intensas lluvias que provocaron inundaciones [18] y en 1991 se presenta la primera epidemia de cólera en Perú, considerada una de las más grandes en Latinoamérica [19]. Durante el ENOS de 1997-1998, se registró un incremento de casos de cólera asociado al colapso de alcantarillado, consumo de agua no segura y aglomeración de personas en albergues [20].

Por otro lado, el dengue es transmitido por el mosquito *Aedes aegypti*, de comportamiento estacional asociado con las temporadas de lluvia y calor, que tiene su desarrollo óptimo entre 27°C y 30°C [21], se reproduce en agua estancada, y sus huevos pueden permanecer inactivos por meses en contenedores secos hasta que haya presencia de agua, facilitando nuevos brotes cuando se den condiciones favorables [22]. La enfermedad se presenta por primera vez en el Caribe y Centroamérica en los años 1635 y 1699 [23], llegando a Perú con un primer brote en 1990 en la ciudad de Iquitos [24]. En Lima Metropolitana aparece el año 2000 en el distrito del Rímac [25], presentando un importante brote en 2017, tras lluvias intensas e inundaciones causadas por El Niño Costero, con 74,581 casos reportados y 86 muertes [26], [27]. De manera similar, las precipitaciones del ENOS de 2023, incrementaron

los casos de dengue, afectando especialmente las zonas periféricas de las ciudades costeras, donde la infraestructura de saneamiento es inadecuada, caracterizada por redes de agua y desagüe vulnerables, sistemas de drenaje ineficientes y un crecimiento urbano desordenado que ocupa zonas de alto riesgo [28]. Además, la falta de planificación preventiva y el mantenimiento insuficiente de obras estructurales limitaron la capacidad de respuesta frente a estos eventos climáticos [28], evidenciado en los reportes de ese año, que muestran que solo en marzo se registraron aproximadamente 1,200 casos de dengue en el departamento de Lima [29].

Por ende, la expansión urbana desordenada del distrito de Lurigancho, ubicada entre las zonas premontana y montañosa de Lima, han contribuido a la ocurrencia de brotes de enfermedades asociadas a desastres naturales, teniendo efectos negativos sobre la salud pública [30]. Además, la presencia del ENOS en la región costera de Perú empeoran esta situación, ante la ocurrencia de flujo de detritos, deslizamientos, desborde e inundaciones, que agravan las condiciones sanitarias y crean ambientes propicios para la proliferación de vectores de enfermedades arbovirales [31].

Por lo expuesto, es necesario entender la relación que existe entre los brotes de enfermedades como cólera y dengue con la ocurrencia de los diferentes tipos desastres naturales, o los eventos hidrometeorológicos que los ocasionan, porque permitirá brindar datos más precisos a los tomadores de decisión para que realicen labores preventivas e implementen medidas de mitigación, que reduzcan el efecto de estos eventos en la salud de sus pobladores. En ese marco, el objetivo del estudio es analizar la relación entre la variabilidad climática, desastres naturales provocados por el ENOS y el incremento de casos de cólera y dengue en el Lurigancho-Chosica entre 1997-2024.

## II. ÁREA DE ESTUDIO

Está constituido por el distrito de Lurigancho, situado al este de la provincia de Lima, entre las coordenadas geográficas 11°52'28'' S - 12°01'23'' S; y 76°38'48'' O - 76°58'11'' O (Fig. 1); con una altitud que varía entre 279 y 2,272 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.) aproximadamente, de acuerdo con el modelo de elevación digital Aster GDEM, formando parte de la aglomeración metropolitana de Lima – Callao.

El área presenta una geomorfología compleja con forma en "V" de fondo angosto delimitado por cadenas montañosas [32], que combina profundos valles fluviales, terrazas aluviales y coluviales, y laderas de alta pendiente, evidencia de una fuerte interacción entre procesos tectónicos, volcánicos y sedimentarios [33].

Las formaciones montañosas y quebradas descienden hacia el valle del río Rímac, principal fuente hídrica del distrito, donde se generan zonas de acumulación de sedimentos en las áreas más bajas [33], [34]. Además, los suelos ubicados fundamentalmente en el fondo del valle y quebradas son de naturaleza arenosa, con fragmentos rocosos subredondeados de origen aluvial y coluvial, lo que refleja una dinámica de

transporte y deposición de sedimentos característicos de esta área [32]. Estas características, junto con las pendientes pronunciadas, incrementan la susceptibilidad de ocurrencia de flujos de detritos, los cuales afectan principalmente a las quebradas Quirio y Mariscal Castilla [35].

El clima, de acuerdo con los datos de la estación meteorológica (EM) Ñaña (11°59'14.94" S; 76°50'30.94" O; 553 m s.n.m.) es de tipo árido, con nulo exceso de agua, mesotérmica templada cálida, y con 35% de eficiencia térmica en verano (EdB'3a') según la clasificación de Thornthwaite. Las ocasionales lluvias que presenta son breves, pero altamente erosivas [28], y ocurren principalmente desde diciembre hasta marzo [34]. La combinación de estos factores climáticos, geológicos y geomorfológico de la zona, impactan severamente en la población e infraestructura por la ocurrencia de flujos de detritos [28].

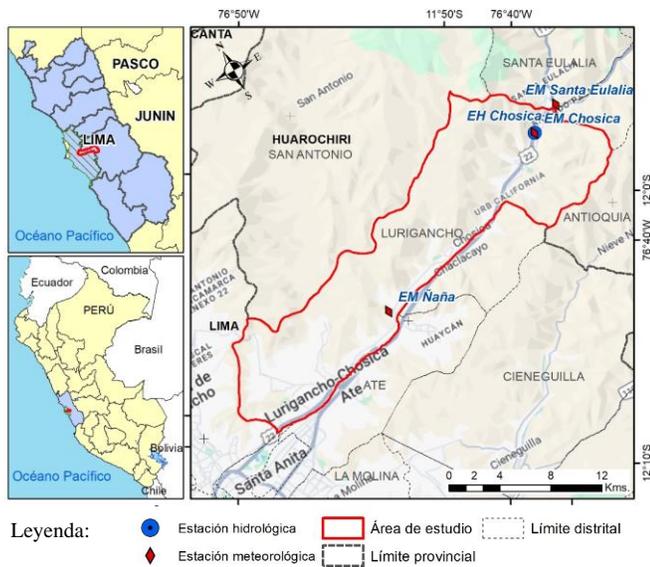


Fig. 1: Ubicación del distrito de Lurigancho (área de estudio) y las estaciones hidrometeorológicas analizadas.

Según el Censo Nacional de 2017, el distrito de Lurigancho-Chosica tenía una población de 240,814 personas, que refleja un crecimiento promedio anual de 3.6% en comparación con el censo del 2007, que registró 169,359 habitantes [36]. El crecimiento poblacional acelerado se ha presentado de manera desordenada, especialmente hacia las quebradas donde se han establecido asentamientos informales [28]. En cuanto al máximo nivel educativo alcanzado, predomina secundaria completa con 48.8% de la población, mientras que la tasa de analfabetismo se sitúa en 3% [36]. Por otro lado, de acuerdo con el INEI, los estratos socioeconómicos predominantes en la población corresponden al nivel socioeconómico bajo (43.8%) y medio bajo (28.5%), representando en conjunto más del 70% de sus habitantes [37]. Aunque el distrito cuenta con servicios básicos como de agua potable, las zonas periféricas enfrentan deficiencias, con un 25% de población sin acceso a este recurso [38].

A. Tipo de investigación y revisión de información bibliográfica

La presente investigación es de tipo cuantitativa no experimental de alcance correlacional, realizada con técnicas estadísticas y computacionales. Se consultaron bases de datos científicas como *Scopus*, *Science Direct* y *Web of Science*, priorizando artículos e informes relacionadas con la gestión de riesgos y la variabilidad climática en el Perú, para la definición del marco teórico y estado del arte. También se revisaron bases de datos y documentos oficiales emitidos por instituciones como el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el Ministerio de Salud de Perú (MINSA), Instituto Nacional del Mar Peruano (IMARPE), INEI, Instituto Geofísico del Perú (IGP), entre otros.

B. Sistematización de datos hidrometeorológicos y del ENOS

Se sistematizó la data disponible de precipitaciones, temperaturas y nivel del río en la plataforma web del SENAMHI, correspondientes a las EM de Santa Eulalia - Automática (472E2480), Santa Eulalia - Convencional (202930), Chosica - convencional (111060), Ñaña - automática (111290); y estaciones hidrológicas (EH) de Chosica - convencional (202906), Chosica - automática (47278214), que combina datos históricos y mediciones de los últimos años, distribuidas en los distritos de Lurigancho, Santa Eulalia y Ricardo Palma (Fig. 1). Asimismo, se obtuvo información sobre caudales promedio y máximos desde la plataforma web "OASIS - Disponibilidad hídrica" de SENAMHI que proyecta la lectura de datos del producto: PISCO\_HyM\_GR2M, correspondiente a los ríos Alto Rímac, Bajo Rímac y Santa Eulalia.

Los datos del ENOS fueron extraídos del IGP, *National Centers for Environmental Information* (NOAR) y el IMARPE, correspondientes al ICEN, MEI v2, ONI y SOI, datos que permitieron analizar su relación con los patrones de precipitación, la ocurrencia de flujo de detritos y la proliferación de enfermedades.

C. Identificación de desastres naturales y casos de cólera o dengue

Se recopiló datos históricos extraídos de la base de datos de INDECI, DesInventar, ESRI y reportes periodísticos. Estos registros contienen data sobre los sectores afectados, cantidad de personas heridas, personas fallecidas y viviendas afectadas por los flujos de detritos ocurridos entre 1997 y 2024 en el distrito de Lurigancho, Santa Eulalia y Ricardo Palma, pero en orden y detalle distinto, presentando algunas deficiencias en la precisión de los datos provistos. Además, se hizo una validación de la tipificación de los desastres en función de la clasificación que les dieron en el documento de origen y su descripción. Para analizar el impacto de enfermedades asociadas a los desastres

naturales como el cólera y el dengue en los distritos de Lurigancho-Chosica, Santa Eulalia y Ricardo Palma, se solicitó información epidemiológica al Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del MINSA, cuyos registros indican la cantidad de personas infectadas, las zonas geográficas afectadas y el tipo de enfermedad que posee la población.

Estos registros fueron sistematizados en hojas de cálculo del software Microsoft Excel, para identificar los patrones de ocurrencia anuales y mensuales, así como los periodos con mayor recurrencia de flujo de detritos, y la relación que han tenido con enfermedades del cólera y el dengue.

#### D. Correlación de variables analizadas

Se analizaron las diferentes variables de estudio mediante técnicas de correlación como coeficiente de Pearson y regresión lineal en los programas SPSS, Minitab y Microsoft Excel, relacionando las variables de precipitaciones, caudales, niveles de los ríos, los índices de ENOS, número de desastres naturales y casos de dengue y cólera ocurridos de forma anual dentro del periodo de análisis.

### IV. RESULTADOS

Las precipitaciones en la EM de Santa Eulalia (977 m s.n.m.) presenta una media anual de 37.53 mm, mostrando picos como en 2023 (valor máximo) que alcanzó los 114.6 mm; en tanto, la EM de Chosica (867 m s.n.m.) registra una precipitación media de 6.84 mm al año, siendo la más alta la del año 2023 con 67.8 mm; mientras que la EM Ñaña (553 m s.n.m.) registró una precipitación media anual de 6.23 mm, teniendo su registro más alto también en 2023 con 67.8 mm (Fig. 2). Sin embargo, se observa un incremento importante en las precipitaciones por encima del promedio en la EM Santa Eulalia al superar los 40 mm en 1998, 1999, 2006, 2008, 2009 y 2023, y en Chosica al presentar valores superiores a los 30 mm en 1999, 2000, 2002, 2009, 2012 y 2023, mientras que en Ñaña solo se dan el 2002, 2012, y 2018 al superar los 15 mm de precipitación. En este caso se puede apreciar que la mayoría de los incrementos en las precipitaciones se presentó en los periodos en los que se registró el ENOS como 1998 (extraordinario), 2002 (débil), 2008 (débil), 2009 (débil), 2012 (débil) y 2023 (fuerte).

Al analizar los datos de temperatura en la EM de Ñaña (Fig. 3), se determinó que la temperatura media anual asciende a 19.8°C, con el valor más alto en 2024 (31.7°C) y el más bajo en 2023 (5.2°C). La temperatura media anual durante el periodo de análisis fluctúa entre 18.7°C y los 21.4°C, registrando una ligera tendencia negativa, siendo más fuerte esta tendencia en el promedio anual de la temperatura máxima descendiendo desde 25.9°C (2002) a 23.3°C (2019). En cambio, la temperatura mínima promedio anual muestra un marcado incremento en el periodo completo, subiendo de 13.9°C (2013) hasta 19.1°C (2020). Asimismo, se destaca que los años más cálidos fueron 1997 (20.6°C), 2002 (20.9°C), 2006 (20.7°C), 2020 (21.4°C), y el 2023 (20.86°C). Sin embargo, a partir del 2018, las temperaturas máximas invirtieron su tendencia y

tuvieron un marcado incremento, mientras que las temperaturas mínimas muestran una mayor variabilidad incrementando la varianza de 1997-2013 (0.304) a la varianza que presenta el periodo 2018-2024 (1.505).

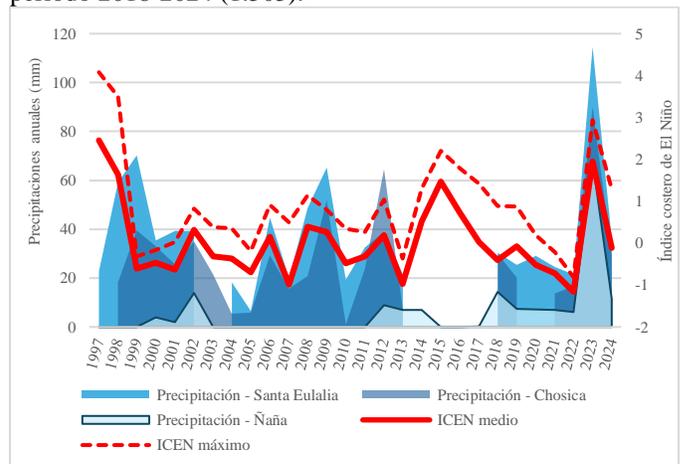


Fig. 2: Relación temporal de las precipitaciones anuales de EM y el nivel de incidencia anual del ENOS medida con el ICEN

Según los datos obtenidos de la plataforma OASIS (Fig. 4), el río Rímac en su zona baja registró los caudales más altos de todo el sistema hidrológico, con un promedio anual de 35m<sup>3</sup>/s, y registros destacados en el año 2000 con una media de 42.6 m<sup>3</sup>/s, el 2001 y 2017 con 45 m<sup>3</sup>/s cada uno, años en los que se registró máximas crecidas de 92.4 m<sup>3</sup>/s, 117.2 m<sup>3</sup>/s y 126.4 m<sup>3</sup>/s respectivamente. El alto río Rímac registra un caudal medio anual de 17.3 m<sup>3</sup>/s, cuyos valores fluctúan entre 13.6 (1997) y 21.8 m<sup>3</sup>/s (2017), llegando a tener crecidas hasta 59 m<sup>3</sup>/s (2017). Por último, el río Santa Eulalia con un caudal medio de 17.2 m<sup>3</sup>/s, presento su mayor caudal promedio en 2001 con 25 m<sup>3</sup>/s y una máxima crecida de 73.4 m<sup>3</sup>/s ese mismo año, mientras que en 1998 y 2000, los valores máximos fueron de 50.1 m<sup>3</sup>/s y 49.3 m<sup>3</sup>/s respectivamente, y el menor caudal promedio ocurrió en 2023, con 14.4 m<sup>3</sup>/s y un máximo de 27.0 m<sup>3</sup>/s.

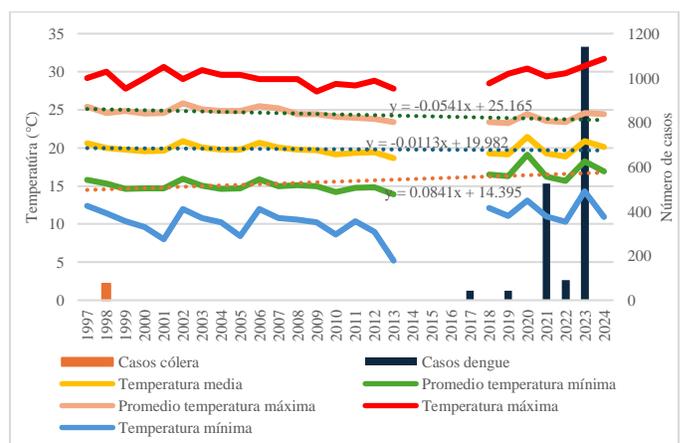


Fig. 3: Evolución temporal de las temperaturas en la EM Ñaña y total anual de casos de cólera y dengue.

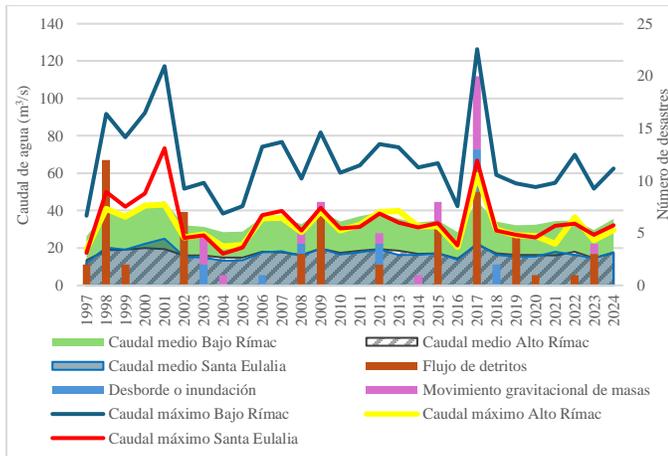


Fig. 4: Caudales de los principales ríos y desastres naturales ocurridos en el área de estudio.

Al analizar los datos de la intensidad del ENOS, se identificó su fortalecimiento en el periodo 1997-1998 donde el ICEN alcanzó su punto máximo en noviembre de 1997 con 4.08 y un promedio de 2.64 durante 19 meses, desde marzo de 1997 hasta septiembre de 1998; en el periodo 2015-2016 el ICEN tuvo un máximo de 2.2 en septiembre de 2015 y un promedio de 1.53, con una duración de 16 meses desde abril de 2015 hasta julio de 2016; en el evento de 2016-2017, las condiciones del ENOS fueron poco definidas, donde el ICEN tuvo su mayor valor en marzo de 2017 con 1.42 y un promedio de 0.95, con una duración de 6 meses, desde diciembre de 2016 hasta mayo de 2017, pero los otros índices que miden a ENOS (MEI, SOI y MEI) muestra que no hubo un evento claro; en 2018-2019, el evento ENOS se manifestó con una corta duración y baja intensidad, donde el ICEN alcanzó un máximo registro de 0.89 en diciembre de 2018 y un promedio de 0.67 con cinco meses de duración; y en 2023-2024 ENOS vuelve a presentarse, mostrando valores ICEN que llegaron hasta 2.94 en julio de 2023 y un promedio de 1.89, con una duración de 14 meses, desde febrero de 2023 hasta marzo de 2024. En 2005, no se presentaron condiciones cálidas, presentando el ICEN valores negativos, con un máximo de -0.19 en enero y un promedio de -0.678, y en 2021-2022, se registró un evento de La Niña, registrando el ICEN un promedio de -1.17 y un máximo de -0.22, por un lapso de nueve meses.

Entre 1997 y 2024 se reportaron (Fig. 4) un total de 90 desastres naturales relacionados a movimientos en masa y dinámica hidrológica, 60 de los cuales son flujos de detritos, 12 desbordos o inundaciones y 18 movimientos gravitacionales en masa, siendo el año con más incidencia el 2017 con 20 eventos, seguido de 1998 con 12 eventos. En cuanto al flujo de detritos de los 28 años analizados, solo 13 presentaron flujo de detritos, siendo los años más destacados, 1998 con 12 eventos y 2017 con 9. En el caso de los desbordos o inundaciones, se presentaron en solo 6 años, siendo el 2017 el que registra el valor máximo con 4 eventos, mientras que los movimientos gravitacionales en masa se reportaron en 10 años diferentes, de los cuales el registro más destacable es en 2017 con 7 eventos.

Finalmente, el registro de casos atendidos de cólera y dengue provenientes del distrito de Lurigancho en los establecimientos de salud muestra que en 1998 hubo 74 reportes de cólera, seguidos de una ausencia total de registros hasta 2005, cuando se tiene un único caso de dengue. A partir de 2017, comienza el incremento de casos de dengue, con 43 reportes, en 2019 aparecen 44 casos más, mientras que en 2021 la cifra se eleva significativamente, alcanzando 524 casos. Posteriormente, en 2022 disminuye la incidencia con 90 registros, pero al año siguiente se eleva nuevamente hasta llegar al máximo registro con un total de 1,141 casos de dengue para 2023. Asimismo, se hace notar que solo hubo presencia de casos de dengue en los años que se presentaron precipitaciones en el área de estudio.

El resultado más destacado es la alta correlación que se presenta entre el número de casos de enfermedades con las precipitaciones de la EM Ñaña (Fig. 5), especialmente con los casos de dengue ( $r=0.887$ ;  $p\text{-value}<0.001$ ), muy superior a los resultados que presentaron las EM de Chosica ( $r=0.52$ ;  $p\text{-value}=0.011$ ) y Santa Eulalia ( $r=0.61$ ;  $p\text{-value}=0.002$ ), siendo llamativo que el año con mayor incidencia de casos de dengue en Lurigancho, coincide con la máxima precipitación histórica de la EM Ñaña registrando un acumulado cuatro veces superior a la del segundo año con más lluvias.

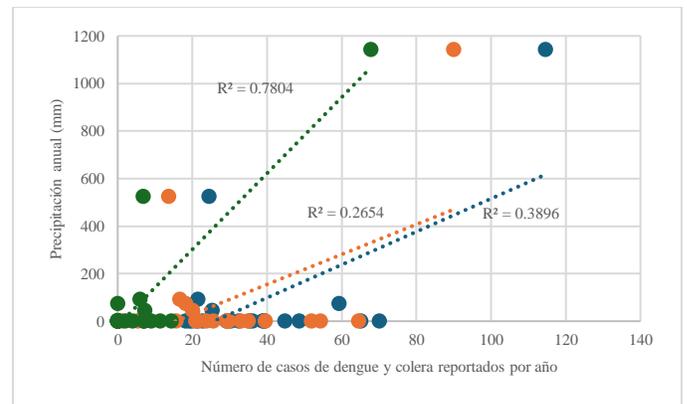


Fig. 5: Regresión lineal entre el número de casos de enfermedades registrados por año y las precipitaciones anuales registradas por las EM del área de estudio

Al comparar los resultados de temperaturas medias y máximas de la EM Ñaña con los casos registrados de enfermedades se observa una relación muy baja y poco significativa ( $r<0.21$ ;  $p\text{-value}>0.05$ ), pero se incrementa la correlación a moderada significativa entre el promedio de temperaturas mínimas y los valores mínimos anuales con los casos de dengue ( $r=0.486$ ;  $p\text{-value}=0.016$  y  $r=0.424$ ;  $p\text{-value}=0.039$  respectivamente).

La relación entre los desastres naturales y las precipitaciones de la EM de Ñaña tienen una correlación muy baja y no es significativa ( $r=0.091$ ). Sin embargo, a pesar de que solo se registra un año con la ocurrencia de cólera en Lurigancho, se observa una relación moderada alta entre los casos registrados y los flujos de detritos ( $r=0.592$ ;  $p\text{-value}=0.002$ ).

value=0.001), mientras que los casos de dengue muestran correlaciones muy bajas y no significantes con los desastres naturales.

La relación más destacada en el análisis entre desastres naturales y los caudales de los ríos comprendidos en el estudio, se da de forma moderada entre el número de desastres con el máximo caudal del río Alto Rímac con  $r=0.516$  (p-value=0.005), reduciéndose con el máximo caudal del Bajo Rímac ( $r=-0.464$ ; p-value=0.013) y con el río Santa Eulalia ( $r=0.41$ ; p-value=0.03). Las mayores relaciones se dan entre los caudales máximos del Alto Rímac con los movimientos gravitacionales en masa ( $r=0.477$ ; p-value=0.01) y desbordes o inundaciones ( $r=0.474$ ; p-value=0.011), disminuyendo en el caso de los caudales máximos del Bajo Rímac con los movimientos gravitacionales en masa ( $r=0.415$ ; p-value=0.028), y desborde o inundaciones ( $r=0.389$ ; p-value=0.041). Los flujos de detritos solo registran una correlación moderada con las máximas crecidas del Alto Rímac ( $r=0.373$ ; p-value=0.05). Finalmente, el único promedio de caudales anuales que tiene una correlación significativa fue del río Alto Rímac con los desbordes o inundaciones ( $r=0.387$ ; p-value=0.042) y el total de desastres ( $r=0.399$ ; p-value=0.035).

Finalmente, no se encontró correlaciones significativas entre los caudales de los ríos Rímac y Santa Eulalia con el número de casos de dengue y cólera en el área de estudio.

## V. DISCUSIÓN

La alta relación entre las precipitaciones de la EM de Ñaña y la incidencia de enfermedades podría explicarse a partir de las diferencias que se tiene con el ámbito de las otras EM como factores geográficos, climáticos y urbanos. Como precisan Urure et al., el crecimiento poblacional y urbanístico han generado una mayor cantidad de residuos domésticos, entre los que se encuentran posibles criaderos de larvas de vectores [39]. Este fenómeno afectaría más la zona de Ñaña al tener un mayor número de lugares de disposición de residuos sólidos formales e informales, como la planta de tratamiento de residuos sólidos Huaycoloro de Petramás, que a diferencia de la zona de Chosica, por su fisiografía fuertemente accidentada, los terrenos de pendientes bajas y moderadas están ocupadas casi en su totalidad por infraestructura urbana, sin dejar espacios para otros usos, razón por la cual, la Municipalidad de Chosica dispone sus residuos sólidos en el relleno sanitario de Huaycoloro (próximo a la EM Ñaña), además de presentar problemas por la inadecuada disposición de residuos en algunos puntos críticos según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental de Perú [40].

Por otro lado, el clima también jugaría un papel clave, porque según los datos la EM Ñaña (553 m.s.n.m.) al tener temperaturas más cálidas, en comparación con las EM Chosica (867 m.s.n.m.) y Santa Eulalia (977 m.s.n.m.) de temperaturas más frescas por su mayor altitud, tendría condiciones más favorables para el ciclo de reproducción del mosquito. Además, la fisiografía de Chosica al tener mayores pendientes en comparación a la zona de Ñaña, genera que, tras una

precipitación intensa o el desborde de un río, los escurrimientos sean más rápidos, reduciendo el tiempo o probabilidad de estancamientos de agua, un factor clave en la proliferación de vectores.

A pesar de que las temperaturas medias registradas en la EM de Ñaña se encuentran por debajo del umbral óptimo para la proliferación del vector del dengue ( $18.6^{\circ}\text{C} - 21.4^{\circ}\text{C}$ ), como manifiesta Di Battista et al., temperaturas más bajas ralentizan el crecimiento de estos vectores, pero no impide que los mosquitos puedan desarrollarse hasta la edad adulta, especialmente en las hembras [41].

De acuerdo con los resultados obtenidos, se entiende que las esporádicas precipitaciones en la EM de Ñaña, que pertenece al desierto costero tropical del oeste sudamericano, tuvieron un mayor efecto sobre los casos registrados de enfermedades en el distrito de Lurigancho, especialmente de dengue, siendo muy superior a la relación con las otras dos EM que se ubican en la ciudad de Chosica (capital del distrito) donde las precipitaciones son más frecuentes en los meses de verano por estar a mayor altitud, en un ámbito montano. Esto se debería a la ubicación que tiene la EM de Ñaña, cercana a la desembocadura de la quebrada Huaycoloro/Jicamarca, de fuerte expansión urbana en las últimas décadas, principalmente por asentamientos humanos de bajos recursos económicos, con deficiencias en las coberturas de agua potable y desagüe [42], además de serios problemas en la recolección y adecuada disposición final de residuos sólidos. Al presentar estas deficiencias, desde la aparición del primer caso de dengue en 2005, y su posterior dispersión, tal como afirma Navarro-Kraul et al., la presencia de larvas de mosquitos es más frecuente en contenedores pequeños, en su mayoría residuos domésticos, que incrementan los casos de enfermedades vectoriales por acumulación de desechos, especialmente cuando las campañas de control no se enfocan en la eliminación de huevos [43]. Por eso, la mala disposición de residuos sólidos en botaderos informales, constituyen espacios donde los mosquitos transmisores pueden desovar en potenciales depósitos de agua (botellas de plástico, tachos en desuso, retretes, llantas, etc.). Además, como precisa Prasad et al., los huevos de *Aedes aegypti* pueden permanecer en estado de latencia por hasta un año en condiciones secas, y cuando se producen las precipitaciones, estos depósitos se llenan de agua, permitiendo la eclosión, incrementando significativamente el número de individuos, así como las posibilidades de contagiar el dengue a las personas que habitan los alrededores [44].

Las correlaciones moderadas entre los casos de enfermedades (específicamente de dengue) con la temperatura mínima, dan a entender que se tienen mejores condiciones para la proliferación del vector transmisor, cuando se incrementan las temperaturas más bajas del día (antes del amanecer). Este fenómeno se puede explicar con la afirmación de Valdez et al. al precisar que el *Aedes aegypti* no sobrevive a temperaturas por debajo de los  $10^{\circ}\text{C}$  y solo puede sobrevivir algunas horas a temperaturas próximas a esta [45], razón por la cual, durante 15 años la EM de Ñaña presentó temperaturas mínimas por debajo

de 11°C (60% del total de registros), de los cuales solo en 2 se registraron casos de dengue, porque serían años en los que las temperaturas invernales afectarían el normal desarrollo de esta especie. Esta hipótesis sería otra posible explicación de porque habría una menor correlación con las precipitaciones de las EM de Chosica y Santa Eulalia, porque al ser localidades a mayor altitud, sus temperaturas mínimas son menores, por lo que sus condiciones climáticas serían menos favorables para el desarrollo del *Aedes Aegypti*.

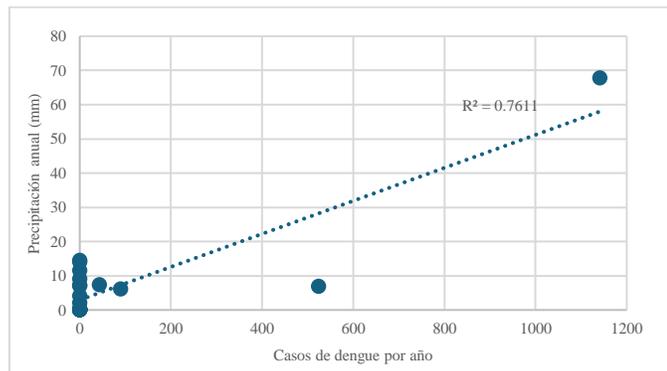


Fig. 6: Regresión lineal entre casos de dengue y precipitaciones de EM-Ñaña

Según Ramírez et al., se demostró que los efectos del ENOS sobre enfermedades como el dengue varían dependiendo de la región y la fase del fenómeno [46], así en este caso, la correlación moderada entre los casos de cólera con los flujos de detritos se entiende porque es el único año en que se registró esta epidemia (1998) dentro del periodo de análisis, coincide con la ocurrencia de un ENOS extremo, el cual produjo fuertes precipitaciones en las estribaciones andinas y un alto número de flujos de detritos en el distrito de Lurigancho. En ese sentido, como informa el INDECI, durante este periodo, los numerosos *huaycos* dañaron infraestructuras de abastecimiento de agua potable y recolección de aguas servidas en las zonas afectadas como Chosica, La Cantuta, Cajamarquilla, Carapongo, Huachipa y Campoy [47], [48], teniendo como resultado una mayor exposición de la población damnificada o afectada a la acumulación de aguas servidas y el consumo de agua no potabilizada, creando condiciones propicias para el contagio con la bacteria *Vibrio cholerae*, presente en el territorio nacional desde la epidemia de 1991. En cuanto al dengue y su baja correlación con los desastres naturales, dan a entender que la ocurrencia de estos eventos no serían causas para la proliferación de los mosquitos, pues no generarían las condiciones ideales para su reproducción.

En cuanto a la ocurrencia de casos de dengue en el área de estudio, se entiende que al ser una enfermedad no oriunda de la vertiente occidental de los Andes centrales, la ocurrencia de precipitaciones, flujos de detritos o inundaciones en el pasado no provocaron brotes de dengue hasta el año que llega a la ciudad de Lima. Esta lógica permite explicar porque los primeros años con la presencia del dengue en Lurigancho, el

número de casos fue bajo, a pesar de tener precipitaciones altas como en 2017. Ello se debería a que el vector de la enfermedad tenía una distribución aún limitada y recién se expandía en el territorio, por lo que, en años siguientes a pesar de tener precipitaciones más bajas, al encontrarse más diseminado, generó un número mayor de casos. Finalmente, al tener condiciones extraordinarias en 2023 por el evento ENOS fuerte, la reproducción del mosquito *Aedes aegypti* fue mucho más agresiva y por ende se tuvo una gran propagación de la enfermedad en las poblaciones expuestas a esta plaga.

Para el caso del año 2020, se observa que las estaciones meteorológicas reportan precipitaciones regulares, así como un incremento de todas las temperaturas en la estación de Ñaña, lo que da a entender que hubo buenas condiciones para el desarrollo del vector y la aparición de casos de dengue en Lurigancho, pero ese año no tiene registro alguno de los casos. Probablemente este resultado tenga relación con el inicio de la pandemia del COVID-19, la declaratoria de cuarentena y el colapso del sistema de salud en Perú, por el alto número de casos de COVID-19, además de la resistencia que tuvieron los pobladores a acudir a centros de salud en busca de atención por otras enfermedades ante el temor de contagio, razones que permitirían asumir que en ese año puede existir un subregistro de casos de dengue en el Perú.

Al tener bajas correlaciones no significativas entre los caudales de los ríos y los casos de enfermedades registrados en Lurigancho durante el periodo de análisis, se interpreta que el ascenso del nivel de los ríos o incluso su desbordamiento, no serían una causa directa o indirecta de la proliferación del mosquito *Aedes aegypti* o de la bacteria *Vibrio cholerae*. Por esta razón, en los años que se produjeron desbordes o inundaciones, los casos de dengue no se incrementaron, o no se produjeron nuevas epidemias de cólera en el distrito, hipótesis que se confirmaría con la baja correlación que se obtuvo entre los casos de enfermedades y los desastres naturales ( $-0.088 > r > -0.108$ ;  $p\text{-value} > 0.585$ ).

Estos procesos relacionados con la aparición de enfermedades infectocontagiosas asociadas a los desastres naturales también involucran factores derivados de la deficiente gestión y administración del territorio, y la prevención de estas enfermedades. Así, por ejemplo, solo en la provincia de Lima (Capital de Perú), el OEFA identificó 165 puntos críticos de acumulación inadecuada de residuos sólidos, siendo Lurigancho uno de los distritos que concentra un alto número de esos puntos, 6 de los cuales aún no eran atendidos por la municipalidad distrital hasta la fecha del reporte [49]. Otro ejemplo de esta problemática es la baja ejecución presupuestal que tuvo el MINSa, destinado a la limpieza de zonas afectadas tras el ENOS 2023-2024 y acciones preventivas contra el dengue, varios meses después de ocurridas las emergencias [50].

Por lo expuesto, es importante considerar la implementación de programas que monitoreen, además del clima y la dinámica hidrológica de los ríos, las condiciones ambientales de los lugares donde se acumulen residuos sólidos

(de forma temporal o final). Seguidamente se adopten medidas para su adecuada gestión, o al menos la realización de campañas de fumigación de esos puntos, previo a la llegada de la estación de lluvias, además del fortalecimiento de la resiliencia de sus pobladores frente a los desafíos climáticos y epidemiológicos futuros, tomando en cuenta un enfoque más integrado y multidisciplinario para el manejo eficiente de riesgos y las enfermedades infectocontagiosas vinculadas a ellos.

## VI. CONCLUSIONES

La aparición de casos de enfermedades arbovirales en el área de estudio no está relacionada con la ocurrencia misma de desastres naturales, sino a las condiciones climáticas favorables como temperaturas mínimas más elevadas y la ocurrencia de precipitaciones, especialmente en zonas de baja altitud. Estos factores, combinados con problemas sociopolíticos como la expansión urbana desordenada, deficiente gestión de residuos sólidos, limitada infraestructura de saneamiento, y restringida cobertura de salud permiten el incremento de incidencias de estas enfermedades. Solo los casos de cólera tuvieron una relación significativa con los flujos de detritos, debido a la presencia de la bacteria *Vibrio cholerae* en ese momento y la interrupción de servicios básicos.

Asimismo, el mosquito *Aedes aegypti* puede sobrevivir en zonas desérticas por su capacidad de mantener un estado de latencia como larva en periodos secos, proliferando en años más cálidos y con precipitaciones como los que genera la presencia de un evento ENOS, siendo más restringido en periodos donde las temperaturas mínimas descienden o no se presentan lluvias.

## REFERENCIAS

- [1] A. Gómez, M. Gutiérrez, S. Huamaní, T. Serebrisky, and B. Solís, "Reforma tarifaria e inclusión social: el caso de los subsidios en los servicios de agua y saneamiento en Lima y Callao," Dec. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.18235/0003809>.
- [2] D. Contreras, "Lima sostenible: los retos que enfrenta la capital peruana," INTE PUCP. [Online]. Available: <https://inte.pucp.edu.pe/noticias-y-eventos/noticias/lima-sostenible-los-retos-que-enfrenta-la-capital-peruana/>
- [3] J. C. Cockburn, I. V. León, and E. G. Campos, "The sale of communal land in Lima, 1990-2022," *Estud Demogr Urbanos Col Mex*, vol. 38, no. 3, pp. 919–955, Sep. 2023, doi: <https://doi.org/10.24201/edu.v38i3.2166>.
- [4] P. Kapstein and E. Dioses, "LAS PERIFERIAS INTERIORES DE LIMA: LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS BARRIOS FOCOS DE VULNERABILIDAD. EL CASO DE SAN COSME," 2014. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582014000300002>.
- [5] O. Briones, A. Búrquez, A. Martínez, N. Pavón, and Y. Perroni, "Biomass and productivity in mexican arid lands," *Madera y Bosques*, vol. 24, no. Special Issue, 2018, doi: <https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401898>.
- [6] G. Choque, "Estudio de movimientos en masa en la quebrada Chucumayo - Matucana - Huarochiri - Lima," Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2009. Accessed: Dec. 28, 2024. [Online]. Available: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB\\_fbe1a67ed5c9bfdbc994c65b827e2397](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNJB_fbe1a67ed5c9bfdbc994c65b827e2397)
- [7] E. Guadalupe and N. Carillo, "Caracterización y análisis de los huaycos del 5 de abril del 2012 Chosica- Lima," *Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM*, vol. 15, 2012, Accessed: Sep. 26, 2024. [Online]. Available: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/2206/1917/>
- [8] A. R. Kaye *et al.*, "The impact of natural climate variability on the global distribution of *Aedes aegypti*: a mathematical modelling study," *Lancet Planet Health*, vol. 8, no. 12, pp. e1079–e1087, Dec. 2024, doi: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00238-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00238-9).
- [9] V. Humanes *et al.*, "Two Centuries of Hydroclimatic Variability Reconstructed From Tree-Ring Records Over the Amazonian Andes of Peru," *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 125, no. 18, Sep. 2020, doi: <https://doi.org/10.1029/2020JD032565>.
- [10] J. S. Moquet *et al.*, "Control of seasonal and inter-annual rainfall distribution on the Strontium-Neodymium isotopic compositions of suspended particulate matter and implications for tracing ENSO events in the Pacific coast (Tumbes basin, Peru)," *Glob Planet Change*, vol. 185, Jan. 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.103080>.
- [11] SENAMHI, Dirección de Meteorología y Evaluación Atmosférica, Dirección de Hidrología, and Dirección de Agrometeorología, "MONITOREO Y PERSPECTIVAS CLIMÁTICAS, HIDROLÓGICAS Y AGROMETEOROLÓGICAS EN EL ACTUAL PERIODO DE LLUVIAS 2022-2023," Nov. 2022. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3859395/INFORME%20TÉCNICO%20MONITOREO%20Y%20PERSPECTIVAS%20NACIONAL%202022-2023.pdf>
- [12] K. Escate, N. Caldas, A. Ávila, B. Manturano, J. Colonna, and U. Girlando, "Impact of droughts and El Niño Costero on dry forest and white-tailed deer in the Coto de Caza El Angolo - Perú," in *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2024. doi: [10.18687/LACCEI2024.1.1.1288](https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1288).
- [13] A. Del Solar, G. Romagnoni, and M. Wolff, "The masked influence of remote ENSO-related drivers on the trophic dynamics of Independencia Bay, Peru: Insights for management from time-series analysis and food-web modelling," *Ocean Coast Manag*, vol. 251, May 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107047>.
- [14] C. Gregoret, L. M. Stancanelli, M. Bernard, M. Boreggio, M. Degetto, and S. Lanzoni, "Relevance of erosion processes when modelling in-channel gravel debris flows for efficient hazard assessment," *J Hydrol (Amst)*, vol. 568, pp. 575–591, Jan. 2019, doi: [10.1016/j.jhydrol.2018.10.001](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.10.001).
- [15] S. Lou *et al.*, "Black carbon increases frequency of extreme ENSO events," *J Clim*, vol. 32, no. 23, pp. 8323–8333, Dec. 2019, doi: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0549.1>.
- [16] C. Cruz, "El Cólera azota a Carabobo en el siglo XIX," *Gac Med Caracas*, vol. 132, no. 3, pp. 825–834, Sep. 2024, doi: [10.47307/GMC.2024.132.3.23](https://doi.org/10.47307/GMC.2024.132.3.23).
- [17] R. Fotedar, "Vector potential of houseflies (*Musca domestica*) in the transmission of *Vibrio cholerae* in India," *Acta Trop*, vol. 78, no. 1, pp. 31–34, Jan. 2001, doi: [https://doi.org/10.1016/S0001-706X\(00\)00162-5](https://doi.org/10.1016/S0001-706X(00)00162-5).
- [18] D. Vásquez, L. María, and A. Iglesias, "HISTORIA DE LA MEDICINA EL CÓLERA," *Revista Medicina*, vol. 42, 2020, doi: <https://doi.org/10.56050/01205498.1517>.
- [19] MINSA, "Protocolos de Vigilancia Epidemiológica - Parte I," Nov. 2006, [Online]. Available: [https://www.dge.gob.pe/buho/buho\\_colera.pdf](https://www.dge.gob.pe/buho/buho_colera.pdf)
- [20] L. Suarez, D. Estela, B. Cáceres, C. Gambirazio, and R. Cabrera, "IMPACTO DEL FENÓMENO 'EL NIÑO' DE 1997-1998 EN LA SALUD DE LA POBLACIÓN PERUANA, RIESGO POTENCIAL PARA EL 2015," *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, vol. 32, pp. 395–406, 2015, Accessed: Dec. 28, 2024. [Online]. Available: <https://www.scielosp.org/pdf/rpmesp/2015.v32n2/403-404/es>
- [21] CENAPRECE, "Guía Metodológica para la Instalación y Mantenimiento del Insectario," 2018, [Online]. Available: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/598095/Guia\\_Metodologica\\_para\\_la\\_Instalacion\\_y\\_Mantenimiento\\_del\\_Insectario\\_compressed.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/598095/Guia_Metodologica_para_la_Instalacion_y_Mantenimiento_del_Insectario_compressed.pdf)
- [22] W. H. Edrees, W. A. Al-Shehari, A. M. Al-Haddad, L. M. Alrahabi, O. S. Al-Haddad, and A. A. Al-Halani, "Dengue fever in Yemen: a five-year review, 2020–2024," *BMC Infect Dis*, vol. 25, no. 1, Jan. 2025, doi: [10.1186/s12879-024-10429-6](https://doi.org/10.1186/s12879-024-10429-6).
- [23] M. Guzmán, G. García, and G. Kourí, "Dengue y fiebre hemorrágica del dengue, un problema de salud mundial," *Rev Cubana Med Trop*, vol. 60,

- pp. 5–16, 2008, [Online]. Available: <http://scielo.sld.cu/pdf/mtr/v60n1/mtr01108.pdf>
- [24] MINSA, “DENGUE CLASICO Y DENGUE HEMORRAGICO,” 2000. [Online]. Available: [https://bvs.minsa.gob.pe/local/OGEI/799\\_MS-OGEI148.pdf](https://bvs.minsa.gob.pe/local/OGEI/799_MS-OGEI148.pdf)
- [25] MINSA, “ASIS REGIONAL 2010,” 2010, [Online]. Available: [https://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/1483-2.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://bvs.minsa.gob.pe/local/minsa/1483-2.pdf?utm_source=chatgpt.com)
- [26] O. Medrano, E. Córdova, P. Ojeda, and C. Díaz, “Perfil clínico, epidemiológico del brote epidémico de dengue,” 2018, Accessed: Nov. 21, 2024. [Online]. Available: <https://repositorio.essalud.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12959/3864/Perfil%20clínico%20%20epidemiológico%20del%20brote%20epidémico%20de%20dengue.pdf?sequence=1>
- [27] MINSA, “El Dengue en el Perú y en el mundo,” Jul. 2017. Accessed: Nov. 21, 2024. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6411045/5615401-boletin-epidemiologico-2017.pdf>
- [28] P. Depaula, “Huaycos en el distrito limeño de Lurigancho-Chosica: urbanización, vulnerabilidad social, cultura y resiliencia comunitaria,” *ConCiencia EPG*, vol. 4, no. 1, p. 91, 2019, doi: <https://doi.org/10.32654/CONCIENCIAEPG.4-1.5>.
- [29] CDC, “Sala situacional de Dengue,” Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades - MINSA. [Online]. Available: <https://www.dge.gob.pe/sala-situacional-dengue/#grafico16>
- [30] Y. Palmeiro, R. Aravena, J. Izcue, R. González, and I. Kelman, “Climate-related health impact indicators for public health surveillance in a changing climate: a systematic review and local suitability analysis,” Oct. 01, 2024, *Elsevier Ltd*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2024.100854>.
- [31] P. Molleda and G. Velásquez, “EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION AND THE PREVALENCE OF INFECTIOUS DISEASES: REVIEW,” 2024, *Universidad Politecnica Salesiana*. doi: <https://doi.org/10.17163/lgr.n40.2024.01>.
- [32] H. Tavera, “PROGRAMA PRESUPUESTAL N°068: REDUCCIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y ATENCIÓN DE EMERGENCIA POR DESASTRES,” 2012. [Online]. Available: [https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/informe\\_chosica\\_2012f.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/IGP/informe_chosica_2012f.pdf)
- [33] Y. Mamani, C. Fabián, and J. Jacay, “Geología del cuadrángulo de Chosica,” 2021. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3213>
- [34] MINAM and SENAMHI, “MONITOREO DE LLUVIAS EN LA CUENCA DEL RÍO RÍMAC,” 2021. [Online]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/02231SENA-44.pdf>
- [35] S. Acuña, Y. Marleny, and J. Aquino, “ESTIMACIÓN DEL RIESGO ANTE LA OCURRENCIA DE MOVIMIENTO EN MASA (FLUJO DE DETRITOS), CASO: QUEBRADA MARISCAL CASTILLA Y QUIRIO, DISTRITO DE LURIGANCHO - CHOSICA,” 2023. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/20.500.14005/13452>
- [36] INEI, “RESULTADOS DEFINITIVOS DE LOS CENSOS NACIONALES 2017,” 2017. [Online]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1583/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1583/)
- [37] INEI, “Planos Estratificados de Lima Metropolitana a Nivel de Manzanas 2020 - Según ingreso per cápita del hogar,” 2020. [Online]. Available: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1744/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1744/libro.pdf)
- [38] INEI, “ENCUESTA NACIONAL DE HOGARES 2024 - CONDICIONES DE VIDA Y POBREZA,” 2024. [Online]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3041467/8600-enaho-01-vivienda-gastos-y-programas-sociales.pdf>
- [39] I. N. Urure, L. A. Pacheco, K. L. Llerena, and P. L. Berrocal, “Conocimiento y prácticas sobre manejo de residuos sólidos en estudiantes de una universidad pública del Perú,” *Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, vol. 14, no. 14, pp. 2709–3689, Jul. 2024, doi: [10.18800/kawsaypacha.202402.D003](https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202402.D003).
- [40] OEFA, “Informe N°517-2013-OEFA/DE,” Dec. 2013. [Online]. Available: [https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/1275/IF\\_517-2013-OEFA-DE-SDCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/1275/IF_517-2013-OEFA-DE-SDCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [41] C. M. Di Battista, R. E. Campos, and S. Fischer, “Immature survival and female longevity of *Aedes aegypti* under natural winter conditions in the temperate region of Argentina,” *Acta Trop*, vol. 261, Jan. 2025, doi: [10.1016/j.actatropica.2024.107507](https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2024.107507).
- [42] Leyva; Ricardo, “Diseño del sistema de agua potable del sector Pedregal en el Anexo 22 de Jicamarca, Distrito San Antonio de Huarochiri 2021,” 2021. [Online]. Available: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74268/Leyva\\_SR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/74268/Leyva_SR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [43] J. I. Navarro-Kraul *et al.*, “The Field Assessment of Quiescent Egg Populations of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* during the Dry Season in Tapachula, Chiapas, Mexico, and Its Potential Impact on Vector Control Strategies,” *Insects*, vol. 15, no. 10, Feb. 2024, doi: [10.3390/insects15100798](https://doi.org/10.3390/insects15100798).
- [44] A. Prasad, S. Sreedharan, B. Bakthavachalu, and S. Laxman, “Eggs of the mosquito *Aedes aegypti* survive desiccation by rewiring their polyamine and lipid metabolism,” *PLoS Biol*, vol. 21, no. 10 OCTOBER, Feb. 2023, doi: [10.1371/journal.pbio.3002342](https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002342).
- [45] L. D. Valdez, G. J. Sibona, and C. A. Condat, “Impact of rainfall on *Aedes aegypti* populations,” *Ecol Modell*, vol. 385, pp. 96–105, Feb. 2018, doi: [10.1016/j.ecolmodel.2018.07.003](https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.07.003).
- [46] A. M. Ramírez, H. A. Chamizo, and J. C. Fallas, “El Fenómeno ENOS y el dengue, Regiones Pacífico Central y Huetar Atlántico, Costa Rica, 1990 a 2011,” *Poblac Salud Mesoam*, vol. 15, no. 1, Jun. 2017, doi: [10.15517/psm.v15i1.26189](https://doi.org/10.15517/psm.v15i1.26189).
- [47] INDECI, “DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES EMERGENCIAS PRODUCIDAS A NIVEL NACIONAL DURANTE EL AÑO 1998,” 1998. [Online]. Available: [https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/7\\_descripcion.pdf](https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/7_descripcion.pdf)
- [48] IGP, “ANÁLISIS Y EVALUACIÓN HISTÓRICA DEL FENÓMENO EL NIÑO EN LIMA METROPOLITANA: UN APORTE A LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES,” 2022. [Online]. Available: [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490\\_analisis-y-evaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-tecnico-n0027-2022ig.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14490_analisis-y-evaluacion-historica-del-fenomeno-el-nino-en-lima-metropolitana-un-aporte-a-la-gestion-del-riesgo-de-desastres-informe-tecnico-n0027-2022ig.pdf)
- [49] Gobierno del Perú, “OEFA viene verificando la atención de 165 puntos críticos de residuos sólidos identificados en Lima Metropolitana,” Jan. 2025. [Online]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/oefa/noticias/1097431-oefa-viene-verificando-la-atencion-de-165-puntos-criticos-de-residuos-solidos-identificados-en-lima-metropolitana>
- [50] MINAM, “Programa Presupuestal 0017: Enfermedades Metaxénicas y Zoonosis Reporte de seguimiento al I Semestre 2023,” 2023. Accessed: Nov. 21, 2024. [Online]. Available: [https://www.minsa.gob.pe/presupuestales/doc2024/reporte-seguimiento/Reporte%202023-I\\_PP%200017.pdf](https://www.minsa.gob.pe/presupuestales/doc2024/reporte-seguimiento/Reporte%202023-I_PP%200017.pdf)