

ANÁLISIS DEL RIESGO DE DESASTRES POR FLUJO DE LODO EN PUNTOS CRÍTICOS DE LA CUENCA CHILCA, REGIÓN DE LIMA, PERÚ

Edwin N. Gabriel-Campos¹, José A. Osejo-Maury¹, Maria del Carmen More-Altuna de Delgado¹ y José Luis Zuloaga-Obregón^{2*}

1. Departamento Académico de Ciencias Geográficas, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Lima, Perú.

2. Departamento de Humanidades, Sección Geografía y Medio Ambiente, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Lima, Perú.

RESUMEN

En un contexto de cambio climático en donde se incrementaron los fenómenos climáticos en intensidad, frecuencia y ocurrencia, este estudio plantea determinar el nivel de peligro por flujos de lodo en la cuenca Chilca en Lima, Perú, y analizar el nivel de vulnerabilidad y riesgo de desastre en cuatro puntos críticos dentro de esta. Para alcanzar este objetivo, se han aplicado metodologías cuantitativas en el procesamiento de la información, utilizando la matriz de jerarquización de pares de Saaty para obtener los parámetros respectivos y analizar el nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo con la ayuda del software ArcMap. Los resultados muestran que la cuenca presenta un nivel de peligro alto y muy alto, siendo la cuenca baja la más expuesta con un nivel muy alto; dentro de esta, se han identificado cuatro puntos críticos ocupados por 711 personas en 167 viviendas, donde más del 90% presentan un nivel de vulnerabilidad y riesgo alto y muy alto. El estudio concluye que la cuenca Chilca se encuentra expuesta a la ocurrencia de los flujos de lodo y/o detrito con niveles de riesgo alto y muy alto para la población e infraestructura, y debe implementarse medidas para la prevención y reducción del riesgo, especialmente en la cuenca baja, sector de la cuenca más poblada y de ocupación urbana, industrial y comercial.

PALABRAS CLAVES

Huaicos; Flujos de lodo; Flujos de detrito; Cuenca Chilca; Gestión de riesgo de desastres; Perú

ANALYSIS DISASTER RISK DUE TO MUDFLOW IN CRITICAL POINTS OF THE CHILCA BASIN, LIMA REGION, PERU

ABSTRACT

In a context of climate change where climatic phenomena increased in intensity, frequency and occurrence, this study proposes to determine the level of danger due to mud flows in the Chilca basin in Lima, Peru, and analyze the level of vulnerability and disaster risk in four critical points within it. To achieve this objective, quantitative methodologies have been applied in information processing, using the Saaty pair ranking matrix to obtain the respective parameters and analyze the level of danger, vulnerability and risk with the help of the ArcMap software. The results show that the basin presents a high and very high level of danger, with the lower basin being the most exposed with a very high level; Within this, four critical points have been identified occupied by 711 people in 167 homes, where more than 90% present a high and very high level of vulnerability and risk. The study concludes that the Chilca basin is exposed to the occurrence of mud and/or debris flows with high and very high-risk levels for the population and infrastructure, and measures must be implemented for the prevention and reduction of risk, especially in the lower basin, the most populated sector of the basin with urban, industrial and commercial occupation.

KEYWORDS

Huaicos; Mud flows; Debris flows; Chilca Basin; Disaster risk management; Peru

*Autor de correspondencia: jlzuloagao@puccp.edu.pe

DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v9i1.187>

RECIBIDO

18 de febrero de 2024

ACEPTADO

20 de agosto de 2024

PUBLICADO

1 de enero de 2025

Formato cita

Recomendada (APA):

Gabriel-Campos, E.N., Osejo-Maury, J.A., More-Altuna de Delgado, M. del C. & Zuloaga-Obregón, J.L. (2025). Análisis del riesgo de desastres por flujo de lodo en puntos críticos de la cuenca Chilca, región de Lima, Perú. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 9(1), 217-231. <https://doi.org/10.55467/reder.v9i1.187>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

INTRODUCCIÓN

Según diversas fuentes, el cambio climático ya es una realidad, y sus efectos son cada vez más evidentes. Actualmente, como mencionan Quinche et al. (2017), nos encontramos en un “círculo de muerte en que nos hallamos atrapados los humanos” (p. 13). Numerosos estudios e informes documentan el aumento de los gases de efecto invernadero y su relación con el cambio climático o el calentamiento global (Castilla et al., 2019; IPCC, 2023; Fuenzalida, 2020). Este fenómeno ha impactado la disponibilidad de recursos esenciales como el agua (Rojas & Valenciano, 2019) y ha incrementado la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, como inundaciones, sequías y huracanes (IPCC, 2023).

Castilla et al. (2019) señalan que es la humanidad misma la que ha propiciado esta situación, indicando que “conocemos con bastante exactitud [...] qué sucede con el cambio climático, del cual ya experimentamos directamente sus consecuencias, producto de nuestras acciones sobre el clima...” (p. 466). Por esta razón, el cambio climático se califica como un fenómeno antropogénico (Zavala et al., 2023; Correa et al., 2023; Cantú, 2023).

En la actualidad, se sostiene que el cambio climático está intensificando la ocurrencia de fenómenos naturales, lo que a su vez agrava los desastres en diversas partes del mundo. Un ejemplo son las lluvias torrenciales que, al estar asociadas a desastres por inundaciones, tanto pluviales como fluviales, provocan también movimientos de masa, como flujos de lodo y/o detritos (conocidos en Perú como *huaicos*), deslizamientos y soliflucción, entre otros.

Un caso reciente es la tormenta Doksuri, que en 2023 azotó la provincia de Fujian en China, tras pasar por Filipinas, causando grandes pérdidas humanas y materiales. Durante esa misma temporada, fuertes lluvias afectaron varios países de Europa central, como Austria y Croacia, provocando inundaciones y cientos de deslizamientos de tierra. En Perú, no somos ajenos a esta realidad. Ejemplos recientes incluyen las lluvias intensas en Tacna, en febrero de 2020; el huaico en Mirave (Moquegua) en 2019; y los huaicos que se activan cada verano en las quebradas de Lima, como La Florida, Quirio, Yanacoto y Santa María. Estos eventos, junto con la débil cultura de prevención, generan pérdidas humanas, económicas y materiales que, en muchos casos, son irreparables (Dollfus, 1976; Lavell, 1993; Abad, 2009).

Frente a este escenario, existe en el Perú una dinámica socioeconómica que caracteriza su actual modelo de desarrollo, dependiente del crecimiento económico, y que, de acuerdo a muchos estudios, esto último se encuentra estrechamente vinculado al cambio climático, la expansión y crecimiento de los espacios urbanos (Mena, et al., 2022; Esfandeh, et al., 2022; Ferreira, et al., 2023). A la vez, esto genera importantes dinámicas en muchos espacios y territorios, como nuevas territorialidades y desterritorialidades en espacios socialmente frágiles en sentidos políticos, culturales y ecológicos; por lo que los cambios de uso de tierra vienen siendo una de las principales causas del cambio climático (IPCC, 2023). En muchas ciudades latinoamericanas como las del Perú, este cambio de uso de tierra, producto del crecimiento de las ciudades y sus nuevas dinámicas territoriales (Gabriel y García, 2020), es consecuencia de una precaria planificación del territorio; por ejemplo, hasta el año 2023 solo una región de veinticinco a nivel nacional contaba con un plan de ordenamiento territorial (CooperAcción, 2022). La región de Lima, donde se ubica la capital del país, no cuenta con una ZEE (Zonificación Ecológica y Económica), instrumento esencial para la gestión territorial, y a escala local la situación es más aguda aún.; todo ello porque no existe en el país una ley que norme el ordenamiento territorial, tan solo se cuenta con una política de estado sobre Gestión y Ordenamiento Territorial (Acuerdo Nacional, 2013), pero que no logra ser suficiente para ordenar el territorio peruano. Por ello, el Ordenamiento Territorial debe ser una necesidad prioritaria para los tomadores de decisiones porque su ausencia genera, por ejemplo, un crecimiento de los espacios urbanos sin rumbo ni objetivo, ocupando espacios de conos aluviales, terrazas inundables y llanuras aluviales, que en muchos de los casos se encuentran expuestos a la ocurrencia de fenómenos naturales producto de los procesos de erosión, como movimientos en masa, flujo de lodo, entre otros, generando situaciones de riesgo a sufrir algún desastre por estos fenómenos, lo que permite reforzar lo afirmado por muchos estudios: que el riesgo de desastres es una construcción social (Narváez, et al., 2020; Antronico, et al., 2020; Barton, Gutiérrez y Escalona, 2021; Robinson y Butchart, 2022; Imaz, et al., 2023).

El término “riesgo” presenta un carácter multidisciplinario, porque es utilizado en distintos campos, como en finanzas, contabilidad, medicina, política, ciencias sociales, entre otros, “...lo que

revela el amplio alcance del concepto...” (Rojas y Martínez, 2011); sin embargo, todas coinciden en definirlo como la probabilidad de ocurrencia de una situación de crisis, y en el contexto de los peligros naturales, los riesgos de desastres pueden ser abordados de forma interdisciplinaria, porque su análisis, evaluación y/o estimación involucran teorías y métodos ecológicos, territoriales, sociales, legales, antropológicos, económicos, entre otros. A partir de la conferencia de Yokohama (1994) pasando por el Marco de Acción de Hyogo (2005) y el Marco de Acción de Sendai (2015), la comunidad internacional ha centrado cada vez más su atención en la gestión del riesgo del desastre que en la gestión del desastre, porque permite reducir las pérdidas materiales, económicas y humanas. De ello se desprende la necesidad de evaluar el riesgo de desastres para poder determinar el nivel o grado de probabilidad de que un fenómeno o peligro natural puedan generar una situación de crisis, y así poder tomar decisiones asertivas (Maturana, 2011; Sandoval, 2017; Sepúlveda, Patiño y Rodríguez, 2016), más aún en un contexto de cambio climático y crecimiento urbano. En la actualidad, la evaluación de riesgos de desastres por fenómenos naturales se está convirtiendo en una herramienta para la planificación y gestión territorial porque permite insertar los componentes de la prevención y previsión como enfoques en el planeamiento del crecimiento y expansión de los espacios urbanos (Narváez et al., 2020; Reyes, Torres y Torres, 2022; Zulaica y Vásquez, 2021; Sacoto y Sánchez, 2023).

Por otro lado, los flujos de lodos y/o detritos corresponden a procesos de erosión hídrica que se activan en periodos de lluvias intensas y en zonas de torrentes (quebradas) con pendientes altas, y su intensidad dependerá de muchos factores, entre ellos, el nivel de concentración de sedimentos (Pierson, 2005). Estos fenómenos son considerados como uno de los más destructivos, debido a que su origen se encuentra en las zonas de montañas y los sedimentos trasladados se depositan en llanuras y/o abanicos aluviales, que, debido al crecimiento urbano carente de planificación territorial, están siendo ocupadas por asentamientos y poblaciones humanas (Sepúlveda, Patiño y Rodríguez, 2016). Es el caso del área de estudio de la presente investigación, que corresponde a la cuenca Chilca en la región de Lima, Perú, la cual se encuentra expuesta a la ocurrencia de los flujos de lodos, generando pérdidas materiales y humanas (Gestión, 2023), siendo frecuente durante periodos de anomalías de precipitación o lluvias intensas, como sucedió durante el Fenómeno de El Niño (FEN) de los años 1982, 1997 y 2017, y por consecuencia del ciclón Yaku acontecido en el 2023.

Los estudios e investigaciones en la cuenca Chilca han estado focalizados en la temática productivo industrial (Alvarado et al., 2013; Camasca, 2011; Romero, 2010; Luján, 2014; Alvarado y Vargas, 2001; Taramona, 2014), evaluación o diagnóstico del medio físico (Chacón, 1980; Zapata, 1973; Tarazona et al., 2017; INRENA, 1994a, 1994b; MINAG, 1981; ANA, 2015a, 2015b, INRENA, 2005; Tavera, 2017), en estudios histórico-arqueológicos (Cornejo, 2017; Engel, 1966; Ojeda, 1982; Vallejos, 1982) y sobre la dinámica territorial que viene ocurriendo (Agapito, 2003; Gabriel, 2019; Gabriel y García, 2020); sin embargo, las investigaciones referentes a la evaluación del riesgo de desastres por estos fenómenos en la cuenca Chilca no han sido parte esencial en los estudios mencionados, por lo que la presente investigación propone cubrir este espacio del conocimiento. En este sentido, se plantea como objetivo general el determinar el nivel de peligro por los flujos de lodo en la cuenca Chilca y analizar el nivel de vulnerabilidad y el nivel de riesgo de desastres en cuatro puntos críticos dentro de la cuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La cuenca Chilca se ubica al sur de la ciudad de Lima y forma parte de la vertiente del Pacífico, ya que drena sus aguas a este océano. Es una cuenca de carácter arreico, ya que sus aguas no alcanzan a desembocar en ningún cuerpo de agua externo (Araque, 2019) debido a su uso intenso en la cuenca alta y las propias filtraciones del suelo. Las aguas de la cuenca tienen un origen pluvial, ya que su altitud máxima alcanza los 4150 m s. n. m., área alejada de las formaciones glaciares. Además, comprende las provincias de Cañete, Lima y Huarochirí (ANA, 2015a). Es una cuenca con un clima predominante de tipo árido, con deficiencia de humedad en todas las estaciones del año (SENAMHI, 2020). Es por ello el régimen irregular que presenta, con la particularidad que en ciertos periodos ocurren anomalías de precipitación, como lo sucedido a causa de los últimos FEN, generando flujos de lodo e inundaciones dentro de la cuenca. En la Figura 1 se puede apreciar con detalle la extensión del área de estudio.

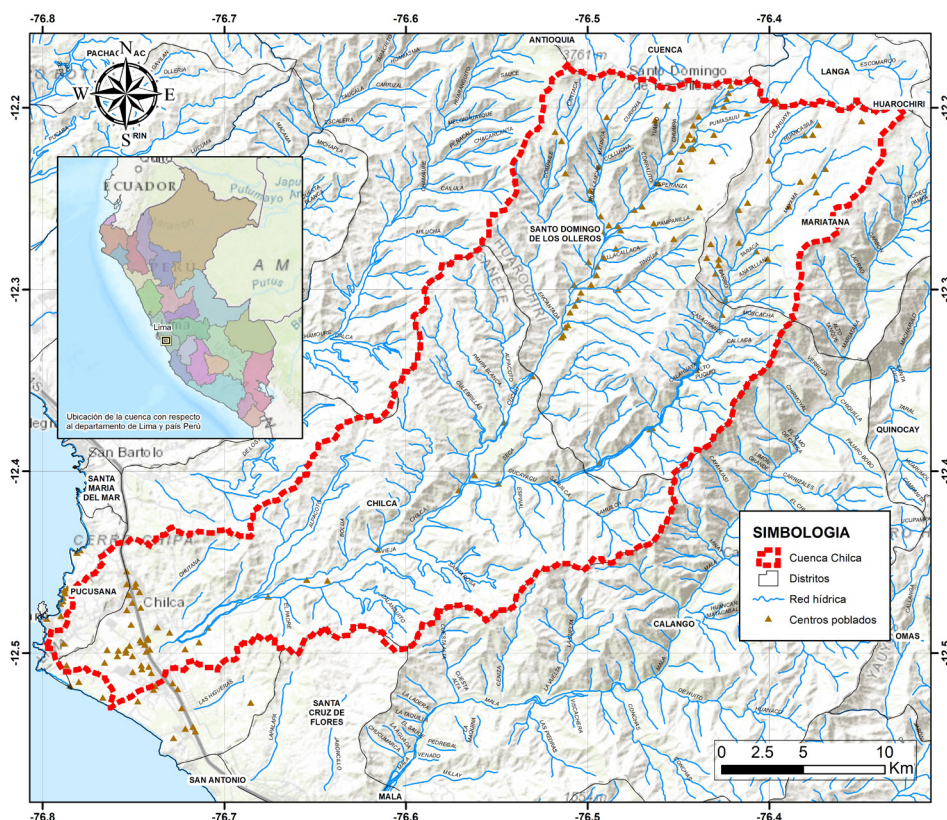


Figura 1. Mapa de ubicación de la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

Recopilación de datos

Para determinar el nivel de peligro por flujo de lodo en la cuenca Chilca, se requirió del uso de capas vectoriales y ráster para el procesamiento en un software de edición cartográfica y análisis espacial (ArcMap). Estas capas se extrajeron de los portales de infraestructura de datos espaciales de entidades públicas del Perú, siendo estos GEOCATMIN (Sistema de Información Geológico y Catastral Minero), portal perteneciente al INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú), utilizado para la extracción de capas vectoriales de las unidades geomorfológicas; SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) -IDSEEP (Infraestructura de Datos Espaciales), para la extracción de los datos de las precipitaciones, en la que se identificó y analizó los períodos de mayor cantidad en el área de estudio en función de las anomalías por los FEN 1982, 1997 y 2017; así mismo, se recurrió al portal GEOSERVIDOR del Ministerio del Ambiente (MINAM), donde se extrajo capas base nacionales como ríos, quebradas, delimitación distrital y regional, centros poblados, redes viales entre otras. Así mismo, fue necesario determinar la pendiente del terreno, siendo este un parámetro frecuente a tener en cuenta para la evaluación del riesgo de desastres; por lo tanto, esta capa ráster (Modelo Digital de Elevación, DEM) se extrajo a través del portal EarthData siendo un producto ofrecido por Alaska Satellite Facility (ASF). El DEM extraído presenta una resolución espacial de 12.5 metros. Es a partir de este ráster que se generan las curvas de nivel y el mapa de pendientes, siendo estos insumos necesarios para los posteriores procesamientos. La información de la capa de compacidad del material lítico se obtuvo mediante un trabajo de campo exhaustivo en la cuenca para la identificación de las unidades litológicas y su respectivo grado de compacidad; luego, ello fue contrastado mediante imágenes obtenidas de Google Earth Pro.

Para el análisis de la vulnerabilidad, primero fue necesario identificar las áreas pobladas más expuestas a la zona de peligro por flujo de lodo por su cercanía al cauce de la quebrada en la cuenca baja. Estos espacios han sido denominados como puntos críticos, los cuales han sido cuatro:

- » PC 1 (El Bosque), Centro Poblado El Bosque, 11 viviendas, 55 habitantes
- » PC 2 (Malecón 15 de enero), Centro Poblado 15 de enero, 85 viviendas, 340 habitantes

- » PC 3 (Progreso), Centro Poblado Barrio El Progreso, 32 viviendas, 160 habitantes
- » PC 4 (Virgen del Carmen), Centro Poblado Chilca, 39 viviendas, 156 habitantes

En cada una de las viviendas de los puntos críticos, se aplicó una encuesta dirigida al jefe de hogar (López, 1998) para poder medir en nivel de vulnerabilidad en función de la exposición, fragilidad y resiliencia en base a las dimensiones sociales y económicas (CENEPRED, 2014), con un total de 14 preguntas aplicadas con alternativas cerradas. La encuesta, antes de ser aplicada, pasó por un proceso de juicio de expertos en la evaluación de riesgos de desastres por fenómenos naturales, los cuales lograron validarla para su aplicabilidad (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). Cabe resaltar que la muestra del área de estudio ha sido de tipo no probabilística con un muestreo por conveniencia (Hernández, Fernández y Baptista, 2014) en cada uno de las viviendas de los puntos críticos, tal como se observa en la Figura 2, donde se aprecia la distribución de las viviendas encuestadas.

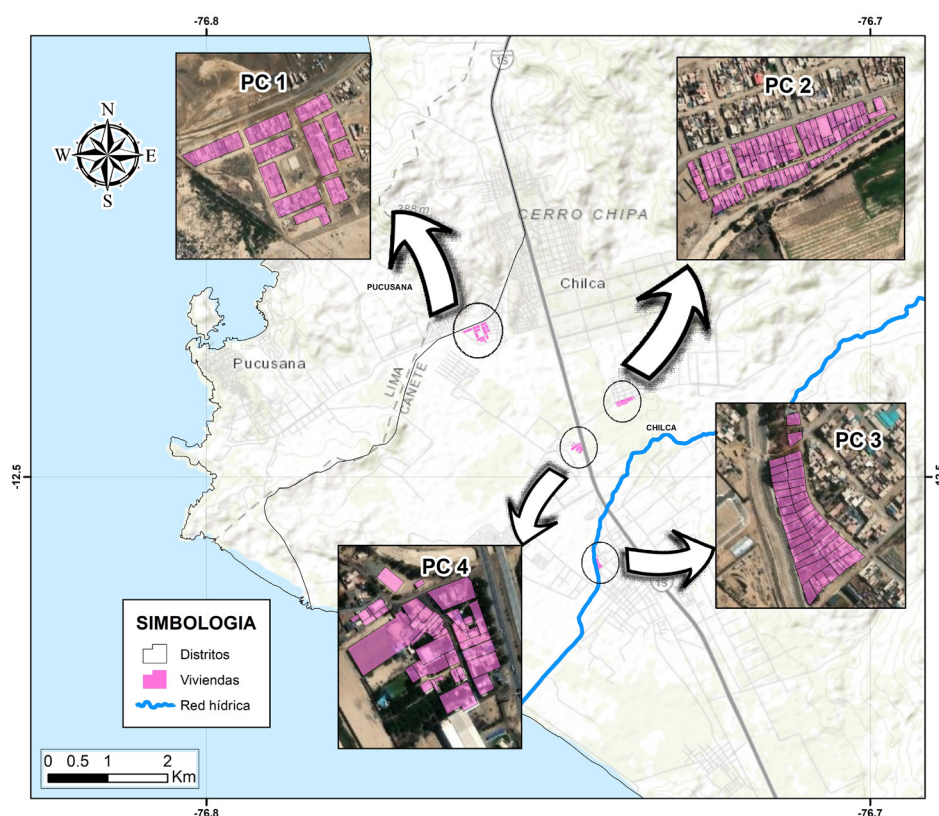


Figura 2. Mapa de ubicación de los puntos críticos en la cuenca Chilca, Perú
Fuente: Autores, 2025.

La evaluación del riesgo de desastre por flujo de lodo en el área de estudio se obtiene calculando los niveles del mismo en muy alto, alto, medio o bajo, y se obtuvo mediante la intersección de los resultados previos del nivel de peligro y de vulnerabilidad (CENEPRED, 2014).

METODOLOGÍA

El método de estudio aplicado a la presente investigación es de tipo descriptivo, debido a que el objetivo de la investigación es describir fenómenos, situaciones y sucesos referente al peligro de los flujos de lodo (Pierson, 2005), así como describir el nivel de vulnerabilidad y riesgo en las que se encuentran los puntos críticos del área de estudio. Para poder conseguir los resultados, se decidió aplicar el método de análisis jerárquico, desarrollado por Thomas Saaty (2014). Este método implica la comparación de criterios en pares, utilizando una matriz con filas y columnas que corresponden al número de criterios a considerar. A través de esta matriz, se establece una comparación de importancia, entre cada par de criterios que proporciona los pesos y una medida de la consistencia de los juicios de valor (expresados numéricamente, del 1 al 9) entre los factores (Ramírez, 2004), de la siguiente manera:

- » Criterio: Igual importancia, Valor: 1

- » Criterio: Moderada importancia de una variable sobre otra, Valor: 3
- » Criterio: Fuerte importancia de una variable sobre otra, Valor: 5
- » Criterio: Muy Fuerte importancia de una variable sobre otra, Valor: 7
- » Criterio: Extremadamente Fuerte importancia de una variable sobre otra, Valor: 9
- » Criterio: Valores de comparación intermedio, Valores: 2, 4, 6 y 8

Al determinar los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo de los puntos críticos de la cuenca Chilca, la matriz permite clasificar los niveles en muy alto, alto, medio y bajo. Para aplicar la metodología, se deben identificar los parámetros a evaluar y la susceptibilidad del territorio, incluyendo factores condicionantes y desencadenantes. Los factores desencadenantes son las características geográficas que pueden contribuir a la ocurrencia de fenómenos naturales, que en este caso se ha considerado a la anomalía de precipitación debido a la capacidad de generar los flujos de lodos por sus características naturales (CENEPRED, 2014); mientras que los condicionantes son características propias del lugar e incluyen la pendiente del terreno, unidades geomorfológicas y la compacidad lítica. Con toda esta información, se aplicó la matriz de Saaty para determinar los parámetros de la capa del peligro. Para determinar el nivel de vulnerabilidad de los pobladores de los puntos críticos ante los flujos de lodos y/o detritos, se utilizaron encuestas con 14 preguntas, ello posterior a la determinación de los parámetros de vulnerabilidad. Las preguntas de esta encuesta se elaboraron a partir de unos indicadores que se obtuvieron de los factores y dimensiones de la vulnerabilidad (CENEPRED, 2014), tal como se aprecia en la Tabla 1.

Dimensiones	Factores	Indicadores
Social	Exposición social	Grupo etario
		Localización
	Fragilidad social	Acceso al servicio de agua
		Acceso al servicio de alcantarillado
		Acceso al servicio eléctrico
Resiliencia social	Acceso a seguro de salud	
	Capacitación Organización	
Económica	Exposición económica	Actividad económica
	Fragilidad económica	Material de pared
		Material de techo
		Estado de conservación
Resiliencia económica	Ingreso familiar Ahorro	

Tabla 1. Indicadores para evaluar la vulnerabilidad
Fuente: Autores, 2025.

Por todo ello, el procesamiento de datos para la obtención de resultados ha sido realizado bajo un enfoque cuantitativo, porque no se ha considerado experiencias vividas, anécdotas, apreciaciones personales, historias de vida o relatos históricos.

El proceso metodológico (Figura 3) se inició con la recopilación de datos, tanto digitales como físicos. Los datos digitales se adquirieron a través de portales institucionales, mientras que los datos físicos se obtuvieron mediante la aplicación de 167 encuestas y visitas de campo de la población de los puntos críticos del área de estudio. Una vez obtenidos, se realizó una síntesis para identificar las características físicas del lugar y atribuir al estudio los factores condicionantes (pendiente, compacidad lítica y unidades geomorfológicas) y desencadenantes (precipitación). Se elaboraron mapas temáticos de cada factor para identificar los descriptores correspondientes, luego se aplicó el análisis multicriterio de Saaty para realizar la comparación de pares y asignar pesos ponderados a los descriptores de cada factor condicionante y desencadenante, proceso que ya ha sido aplicado en numerosos estudios (Wongthongtham, et al., 2023; Tempa y Yuden, 2023; Ccopi, et al., 2023). Finalmente, se utilizó el software ArcMap para procesar los datos y generar los mapas temáticos de peligro, vulnerabilidad y riesgo correspondientes. En la misma Figura 3 se puede apreciar también el proceso que se ha considerado para el cálculo del riesgo de desastres por flujo de lodo en el área de estudio.

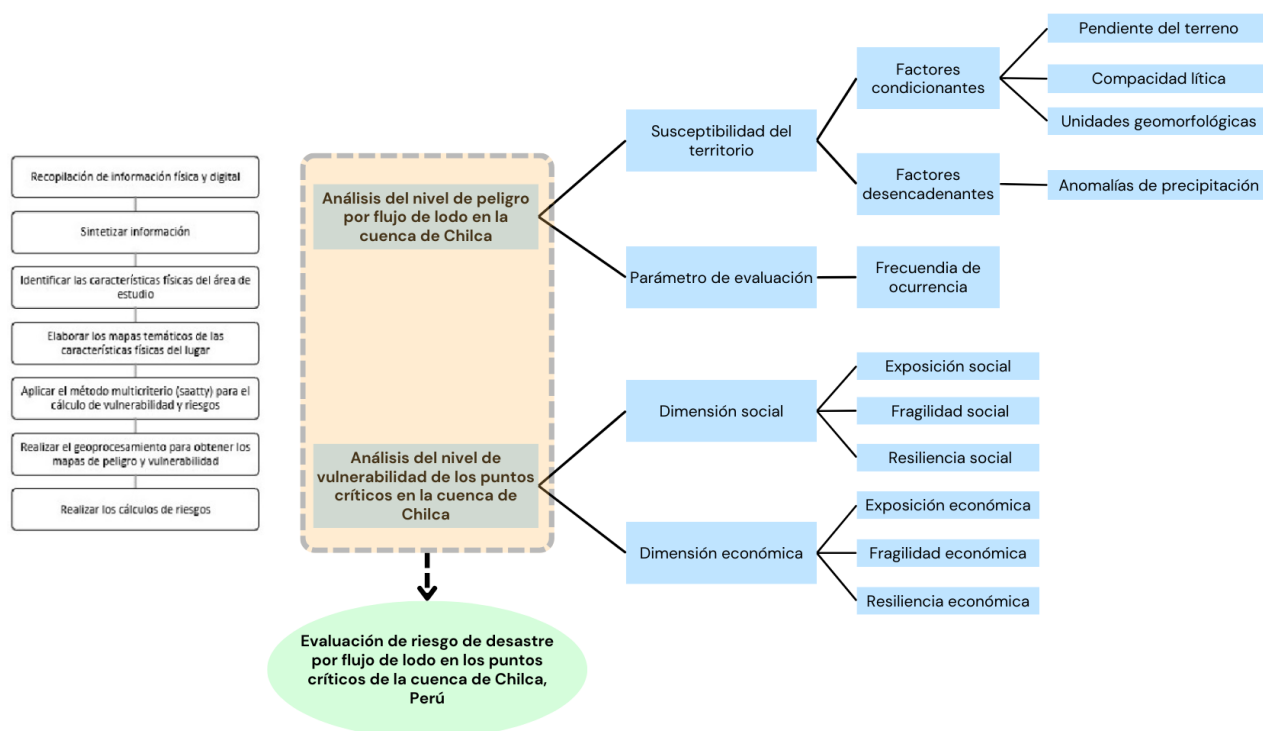


Figura 3. Proceso metodológico para el cálculo del riesgo de desastres y cálculo en la cuenca Chilca

Fuente: Autores, 2025.

RESULTADOS

Nivel de peligro por flujo de lodo en la cuenca Chilca

Los niveles de peligro de la cuenca Chilca se determinaron a través del factor desencadenante (anomalías de precipitaciones) y factores condicionantes (pendiente, unidades geomorfológicas y compacidad lítica). A continuación, se presenta el resultado de la evaluación de peligro mostrado en la Tabla 2, donde se observan los niveles y rangos obtenidos en el proceso de análisis jerárquico.

Rango				Nivel de peligro	
0.282	≤	P	<	0.449	Muy alto
0.152	≤	P	<	0.282	Alto
0.080	≤	P	<	0.152	Medio
0.036	≤	P	<	0.080	Bajo

Tabla 2. Estratificación del nivel de peligro

Fuente: Autores, 2025.

Respecto a los resultados del cálculo del peligro por flujo de lodo (huaicos) del área de estudio, el área total de la cuenca se calculó en 839.10 km² (83910.49 ha), de la cual 126.19 km² (12619.19 ha) corresponden a un nivel de peligro muy alto, representando el 15% del área total. El restante 85% de la cuenca corresponde al nivel alto, con un total 712.91 km² (71291.30 ha).

En base a los resultados, se presenta el mapa de peligro por flujo de lodo (huaicos), tal como se observa en la Figura 4. Aquí se aprecia que existe probabilidad que ocurra este tipo de fenómeno natural con un nivel de severidad alto y muy alto, esto debido a la interacción del área de estudio, la cual presenta un área geográfica (pendiente, unidades geomorfológicas, compacidad lítica) muy particular, que al presentarse el factor desencadenante (anomalía de precipitación), aumentan la probabilidad de desarrollar escenarios en el que se produzcan flujos de lodo (huaicos), los cuales generan perjuicios y daños a la población, infraestructura, y medios de vida de la población. El mapa muestra áreas de color rojo, las cuales comprenden mayormente el sector de la cuenca baja y denota el nivel de peligro por flujo de lodo (huaicos) muy alto, siendo su extensión de 126.19 km² (15% de la cuenca). La zona que se encuentra sombreada de color naranja denota el área donde se presenta un nivel de peligro alto, y representa también áreas susceptibles, cubriendo el 85% de extensión dentro del área de estudio.

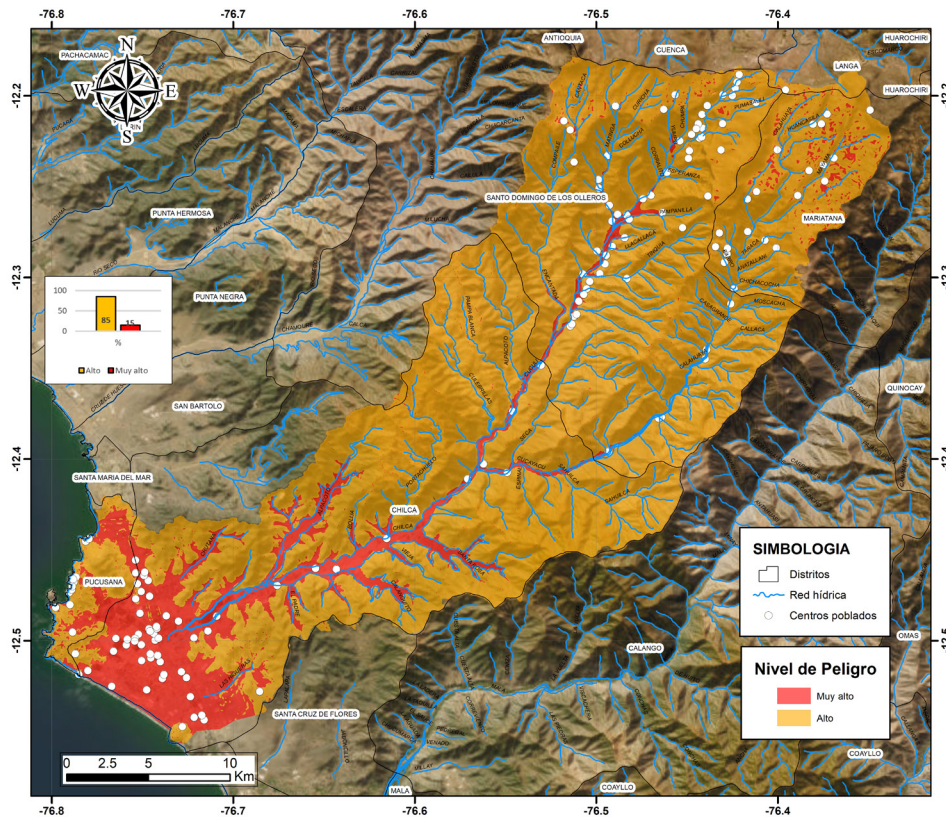


Figura 4. Mapa de peligro por el flujo de lodo en la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

Nivel de vulnerabilidad por flujo de lodo de los puntos críticos en la cuenca Chilca

Para cuantificar el nivel de vulnerabilidad, se consideraron las dimensiones sociales y económicas, analizando cada uno de los factores que lo componen, como la exposición, fragilidad y resiliencia. Concluido el proceso de identificación, análisis y evaluación de los diferentes indicadores de la vulnerabilidad asociada ante la posible ocurrencia de peligro por flujo de lodo, se procedió a ponderar y estratificar, obteniendo como resultado los niveles de vulnerabilidad y sus rangos correspondientes presentados en la Tabla 3.

Rangos		Niveles de vulnerabilidad	
0.278	≤ V ≤	0.456	Muy alto
0.146	≤ V <	0.278	Alto
0.080	≤ V <	0.146	Medio
0.038	≤ V <	0.080	Bajo

Tabla 3. Estratificación del nivel de vulnerabilidad de los puntos críticos en la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

Los resultados del estudio muestran que en el PC 1 (ver Figura 5, parte superior izquierda), correspondiente al centro poblado El Bosque, de las 11 viviendas encuestadas, 10 de ellas presentan un nivel de vulnerabilidad alto y una un nivel muy alto. La principal razón de ello es la exposición que presentan pues logran ubicarse en la zona de desfogue de uno de los ramales de la quebrada y que en años anteriores ha llegado a generar inundaciones a las viviendas expuestas.

En el caso del PC 2 (ver Figura 5, parte superior derecha), correspondiente al denominado malecón del centro poblado 15 de enero, el mapa permite identificar 69 viviendas con un nivel de vulnerabilidad alto, y 16 viviendas con un nivel muy alto, debido a la fragilidad en la calidad de las viviendas, pero principalmente por la exposición que presentan, ya que se encuentran en la faja marginal de la quebrada exponiendo sus viviendas y sus vidas al desborde y derrumbe de estas en períodos de crecidas y avenidas de los flujos de lodo.

El PC 3 (ver Figura 5, parte inferior izquierda) que corresponde al barrio El Progreso, presentan un nivel de vulnerabilidad diversificado, donde 19 presentan un nivel de vulnerabilidad alto, 7 un nivel medio, 4 un nivel bajo y 2 un nivel muy alto. En este caso se observa que a pesar

de ser viviendas expuestas a la ocurrencia de los efectos de los flujos de lodo y/o detrito por su ubicación en una llanura aluvial, la calidad de resistencia de muchas viviendas por el tipo de material que utilizan, permite que la vulnerabilidad muy alta no sea la predominante.

El PC 4 (ver Figura 5, parte inferior derecha) que corresponde al centro poblado Virgen del Carmen del centro urbano de Chilca, 34 viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad alta, mientras que 5 viviendas un nivel muy alto, siendo la exposición a los efectos e impactos al fenómeno el factor determinante para los niveles de vulnerabilidad que presentan.

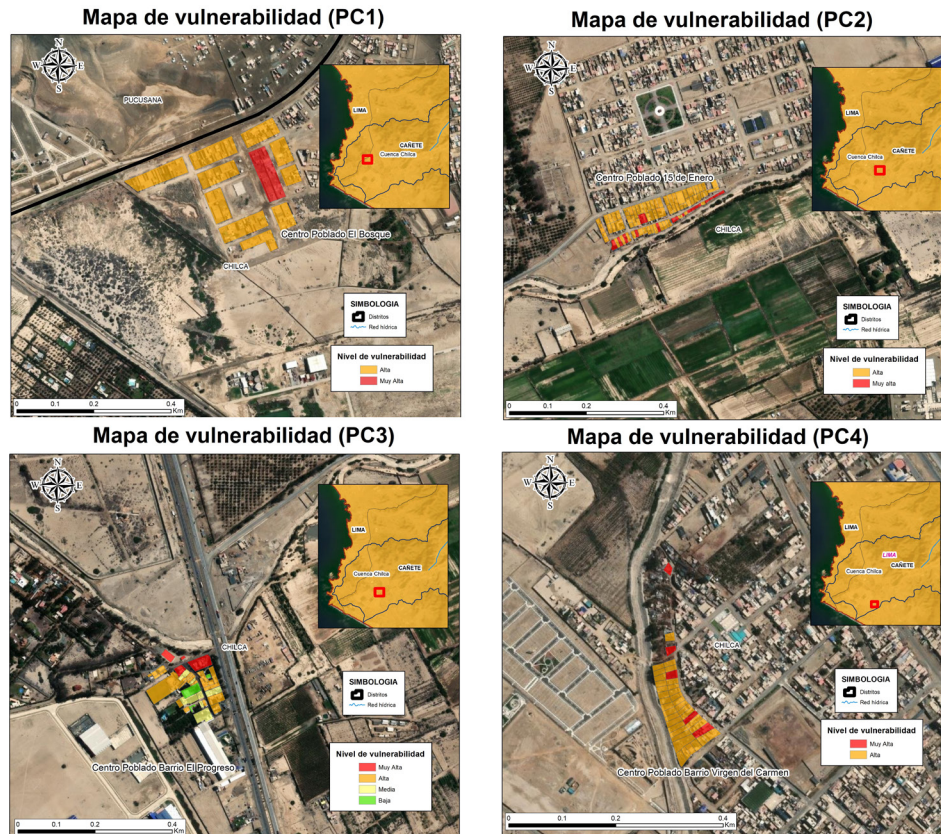


Figura 5. Mapa de vulnerabilidad por el flujo de lodo de los PC 1, 2, 3 y 4 en la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

La siguiente Tabla (Tabla 4) permite resumir el resultado acerca del nivel de vulnerabilidad de los puntos críticos en la cuenca Chilca. Se observa que 132 viviendas presentan un nivel de vulnerabilidad alta, lo que representa el 79% de todas las viviendas ubicadas en los puntos críticos en la cuenca Chilca. Por otro lado, 24 viviendas presentan un nivel muy alto de vulnerabilidad, lo que representa en 14.3% del total de viviendas de los puntos críticos, por lo que más del 90% de viviendas de los puntos críticos de la cuenca Chilca presentan un nivel de vulnerabilidad alta y muy alta.

Nivel de vulnerabilidad	PC 1		PC 2		PC 3		PC 4		TOTAL	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Muy alta	1	9	16	18.8	2	6.2	5	12.8	24	14.3
Alta	10	91	69	81.2	19	59.3	34	87.2	132	79
Media	0	0	0	0	7	21.8	0	0	7	4.2
Baja	0	0	0	0	4	12.7	0	0	4	2.5
TOTAL	11	100	85	100	32	100	39	100	167	100

Tabla 4. Nivel de vulnerabilidad de los puntos críticos en la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

Nivel de riesgo por flujo de lodo de los puntos críticos en la cuenca Chilca

Para determinar los niveles de riesgo de desastres por el flujo de lodo de los puntos críticos en la cuenca Chilca, se interceptó las capas de peligro y vulnerabilidad realizando una multiplicación de ambos valores, en la Tabla 5 se muestra el resultado de los parámetros de riesgo en el área de estudio.

Rangos		Nivel de Riesgo	
0.078	≤ R ≤	0.205	Muy alto
0.022	≤ R <	0.078	Alto
0.006	≤ R <	0.022	Medio
0.001	≤ R <	0.006	Bajo

Tabla 5. Estratificación del nivel de riesgo de los puntos críticos en la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

Los resultados del estudio muestran que en el PC 1 existen 9 viviendas que se encuentran en nivel de riesgo alto y 2 viviendas con riesgo muy alto. En el PC 2 encontramos 66 viviendas con un nivel de riesgo alto y 9 viviendas con un nivel de riesgo muy alto. En el caso del PC 3, el número de viviendas que se encuentran en un nivel de riesgo muy alto llega a 2, mientras que las que presentan un nivel alto son 19, 7 con un nivel de riesgo medio y 4 con un nivel de riesgo bajo. Por último, en el PC 4 se encuentran 15 viviendas con un nivel de riesgo muy alto, y 14 viviendas con un riesgo alto. La Tabla 6 permite resumir el resultado respecto al nivel de riesgo de desastres por el flujo de lodo de los puntos críticos en la cuenca Chilca. Se observa que 114 viviendas presentan un nivel de riesgo alto, lo que representa el 68.3% de todas las viviendas ubicadas en los puntos críticos en la cuenca Chilca. Además, 42 viviendas presentan un nivel muy alto de riesgo, lo que representa en 25.1% del total de viviendas de los puntos críticos, por lo que más del 93% de viviendas de los puntos críticos de la cuenca Chilca presentan un nivel de riesgo alto y muy alto, ello debido a que se encuentran ubicados en una zona de peligro muy alto de ocurrencia del flujo de lodo, sumado a la exposición de estas viviendas aledañas a las riberas y franjas marginales, así como la fragilidad de las viviendas en su estructura y la baja resiliencia tanto económica, social y de escasa preparación en atención y prevención ante emergencias por este fenómeno natural.

Nivel de riesgos	PC 1		PC 2		PC 3		PC 4		TOTAL	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Muy alto	2	18.2	19	22.3	2	6.2	19	48.7	42	25.1
Alto	9	81.8	66	77.7	19	59.3	20	51.3	114	68.3
Medio	0	0	0	0	7	21.8	0	0	7	4.2
Bajo	0	0	0	0	4	12.7	0	0	4	2.4
TOTAL	11	100	85	100	32	100	39	100	167	100

Tabla 6. Nivel de riesgos de los puntos críticos en la cuenca Chilca
Fuente: Autores, 2025.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio demuestran que el nivel de peligro de la cuenca Chilca a la ocurrencia del flujo de lodo es muy alto en el sector de la cuenca baja, sector más poblado y ocupado; por ello tanto las personas e infraestructuras emplazadas presentan una muy alta exposición a este fenómeno y sus consecuencias. Cabe resaltar que este sector de la cuenca ha estado en proceso de urbanización en las últimas décadas, llegando a generar nuevas dinámicas territoriales, tal como Gabriel y García (2020) lo demuestran en su estudio, ya que es una zona que, por sus características geográficas, presenta un espacio con una importante ventaja competitiva para el sector industrial, comercial y urbano. Sin embargo, la ocurrencia del flujo de lodo amenaza la seguridad e integridad de estas dinámicas, situación que los gestores y tomadores de decisiones deben considerar, ya que es evidente que en los últimos eventos de flujo de lodo a causa de las lluvias intensas anómalas (como lo ocurrido por el ciclón Yaku en marzo del 2023) generaron cuantiosas pérdidas en la infraestructura de espacios comerciales. Además, fuera de este fenómeno, en la cuenca Chilca existen otros fenómenos que deben considerarse, tales como los sismos, tsunamis y, sobre todo, la escasez de recursos hídricos. En este nuevo panorama de crecimiento urbano, industrial y comercial, el agua es un bien con muy alta demanda, y es una situación que debe tomarse en cuenta en la gestión del territorio. Por otro lado, los resultados del nivel de vulnerabilidad y riesgo de los puntos críticos son un reflejo de lo que ya viene ocurriendo en otros lugares (Ccopi, et al, 2023; Tempa y Yuden, 2023), donde la informalidad en la construcción de viviendas, la falta de planificación del territorio, el crecimiento urbano desordenado, la corrupción, y la falta de acciones para la prevención y previsión ante los peligros naturales, generan situaciones de desastre amenazando la seguridad y el bienestar del espacio, tal como ocurre en estos puntos críticos del área de estudio. Esto último es importante resaltar porque demostraría lo que Wisner, et al. (2003), Narváez, et al. (2020), Antronico et al. (2020), Barton, Gutiérrez y Escalona (2021), entre otros, ya venían refiriendo, que los desastres no son naturales; ya que son producto de las

decisiones y/o indecisiones sobre el territorio por parte de la población que lo ocupa, así como de los tomadores de decisiones, como las autoridades, políticos y gestores.

Además, la cuenca Chilca se encuentra conformada por 4 distritos pertenecientes a tres provincias distintas y dos regiones políticas también distintas, donde cada una de las autoridades locales y regionales presentan competencias legales y jurídicas dentro de su territorio, situación que sesga la mirada del fenómeno de los flujos de lodo y/o detrito como un fenómeno sistémico e integral. Por ello, las decisiones que se han tomado para atender las emergencias por este fenómeno no han tenido esta mirada de cuenca, la cual es sumamente necesaria para una verdadera reducción del riesgo y prevención de desastres.

De acuerdo con los resultados, son muchos los desafíos y retos en la cuenca Chilca. Específicamente, en el sector de la cuenca baja, que es el más poblado, urbanizado, industrial y comercial y a la vez es el de mayor exposición a la ocurrencia del fenómeno de los flujos de lodo y/o detrito. Es por ello que en las discusiones aparecen nuevas interrogantes, tales como, ¿es esta escala adecuada para una evaluación de riesgo de desastres en cuencas? ¿El gobierno regional tiene un plan de prevención y/o emergencia ante los fenómenos naturales, como el flujo de lodo y/o detrito y todos los fenómenos que ocurren en su territorio, tales como los Planes de Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres (PPRRD)?, ¿Cuál es la dinámica del río Chilca en términos de escurrimiento, balance hídrico, evapotranspiración, y caudales? Ello para una mayor precisión en el análisis de los flujos de los huacos en la cuenca, ¿El cambio climático se refleja a escala local en la cuenca Chilca? ¿Existe la posibilidad de reducir los riesgos gestionando el territorio con un enfoque de cuencas? Estas y muchas preguntas más surgen de este estudio, por lo que se pretende sentar un precedente para futuras investigaciones que puedan tomar como punto de partida la presente investigación.

CONCLUSIONES

El estudio concluye que el flujo de lodo y/o detrito en la cuenca Chilca representa un peligro que ya ha generado diversas emergencias que han sido atendidas en períodos de lluvias intensas por las anomalías de precipitación, especialmente durante el FEN, y por el cambio climático que genera escenarios extremos, en la cuenca de Chilca podría ser más recurrente la frecuencia de este. El sector de la cuenca baja es el más expuesto a este fenómeno, con un nivel de peligro muy alto y representa el 15% del nivel de peligrosidad de toda la cuenca, mientras que el 85% de esta presenta un nivel de peligro alto, ello debido a las características geográficas de la cuenca como la pendiente, geomorfología y compacidad de rocas. Se han identificado cuatro puntos críticos, que, de 162 viviendas en total, 132 de ellas presentan un nivel de vulnerabilidad alta, lo que representa el 79% de todas las viviendas ubicadas en los puntos críticos en la cuenca Chilca; 24 viviendas presentan un nivel muy alto de vulnerabilidad, lo que representa en 14.3% del total de viviendas de los puntos críticos, por lo que se concluye que más del 90% de viviendas de los puntos críticos presentan un nivel de vulnerabilidad alta y muy alta. Además, del total de viviendas, 114 presentan un nivel de riesgo alto, lo que representa el 68.3% de todas las viviendas; 42 viviendas presentan un nivel muy alto de riesgo, lo que representa en 25.1% del total de viviendas, por lo que más del 93% de viviendas de los puntos críticos presentan un nivel de riesgo alto y muy alto.

Los flujos de lodo y/o detrito representan un peligro potencial en todas las zonas geográficas peruanas de cuencas con características similares a la cuenca Chilca, debido a que existen diversos factores socioeconómicos y ambientales que forjan la probabilidad de ocurrencia de que este fenómeno se desarrolle. Por ello, el análisis y elaboración de mapas de niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo representan una herramienta importante para ejecutar estrategias de respuesta apropiadas a este fenómeno, así como también para priorizar la implementación de medidas de prevención y mitigación; comprender dónde y cómo aumentar la capacidad de respuesta frente a flujos de lodo y/o detrito y en última instancia, optimizar la asignación de recursos de desarrollo social.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú) – RR N° 01686-R-20 con código de proyecto E20151291.

REFERENCIAS

- Abad, C. (2009). Huaycos en 1987 en el distrito de Lurigancho-Chosica (Lima-Perú). *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 38(3), 475-486. <https://doi.org/10.4000/bifea.2272>
- Acuerdo Nacional. (2013, septiembre 24). Ordenamiento y gestión territorial. <https://acuerdonacional.pe/politicas-de-estado-del-acuerdo-nacional/politicas-de-estado/politicas-de-estado-castellano/iv-estado-eficiente-transparente-y-descentralizado/34-ordenamiento-y-gestion-territorial/>
- Agapito, F. (2003). *Chilca: Estudio de la morfología urbana*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/6029>
- Alvarado, E., Icochea, E., Reyna, P., Angulo, C. & Zegarra, R. (2013). Economic Impact of Infectious Laryngotracheitis in a Commercial Layer Farm in Lima, Perú. *Revista Investigaciones Veterinarias*, 24, 86- 91. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172013000100012&lng=es&tlng=
- Alvarado, F. & Vargas, C. (2001). *Estudio de Pre - Factibilidad para la Instalación de una Planta de Extracción de Aceite de Higuierilla en Chilca - Lima*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/8378>
- Antronico, L., Coscarelli, R., De Pascale, F. & Di Matteo, D. (2020). Climate change and social perception: a case study in Southern Italy. *Sustainability*, 12(17), 6985. <https://doi.org/10.3390/su12176985>
- Araque, M. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Editorial Abya-Yala.
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2015a). *Estudio: Evaluación de la veda del acuífero Chilca*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3645>
- Autoridad Nacional del Agua – ANA. (2015b). *Evaluación de Recursos Hídricos en las cuencas Mala, Omas y Chilca*. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/4>
- Barton, J. R., Gutiérrez, F. & Escalona, M. (2021). Adaptive Capacity as local sustainable Development: contextualizing and comparing risks and resilience in two Chilean regions. *Sustainability*, 13(9), 4660. <https://doi.org/10.3390/su13094660>
- Camasca, A. (2011). *Plan de contingencia y respuesta a emergencias de una planta de generación termoeléctrica a gas natural “Las Flores”, ubicada en el distrito de Chilca, provincia y departamento de Lima*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/11978>
- Cantú, P. (2023). Explorando la construcción social del cambio climático a través de redes semánticas naturales: un estudio sobre las perspectivas de los estudiantes universitarios. *Educación*, 32(62), 33-51. <https://doi.org/10.18800/educacion.202301.009>
- Castilla, J., Mea, F., Vicuña, S., Marquet, P. & Montero, J. (2019). *Cambio Climático en Chile*. Ediciones UC.
- Ccopi, D., Barzola, D., Ruiz, S., Gabriel, E., Ortega, K. & Córdova, F. (2023). River Flood Risk Assessment in Communities of the Peruvian Andes: A Semiquantitative Application for Disaster Prevention. *Sustainability*, 15(18), 13768. <https://doi.org/10.3390/su151813768>
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres -CENEPRED. (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/257>
- Chacón, G. (1980). Acción bactericida de la laguna minero-medicinal “Santa Cruz de las Salinas” Chilca, Lima-Perú. *Revista Peruana de Biología*, 2(1), 8-51. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8358>
- CooperAcción. (2022, 18 febrero). *Tacna aprobó su plan de ordenamiento territorial*. <https://cooperaccion.org.pe/tacna-aprobo-su-plan-de-ordenamiento-territorial/>
- Cornejo, M. (2016). Paleambiente y paisaje acuático en América: sociedades marítimas, fluviales y lacustres. *Revista Arqueología Americana*, 34, 61-124. <https://doi.org/10.35424/rearam342016%25f>
- Correa, J., López, A., Dorta, P. & Martín, N. (2023). The perception of climate change in island areas: the case of Tenerife. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 96. <https://doi.org/10.21138/bage.3342>

- Dollfus, O. (1976). *L'Espace géographique*. Oikos-tau.
- Engel, F. (1966). *Geografía humana prehistórica y agricultura precolombina de la quebrada de Chilca*. Universidad Agraria, Departamento de Publicaciones.
- Esfandeh, S., Danehkar, A., Salmanmahiny, A., Sadeghi, S. M. & Marcu, M. V. (2021). Climate Change Risk of Urban Growth and Land Use/Land Cover Conversion: An In-Depth Review of the recent research in Iran. *Sustainability*, 14(1), 338. <https://doi.org/10.3390/su14010338>
- Ferreira, M. L., Kniess, C. T., Da Silva, W. M., & Da Silva Ferreira, A. T. (2023). Urban forests, territorial planning and political stability: key factors to face climate change in a megacity. *Sustainability*, 15(13), 10092. <https://doi.org/10.3390/su151310092>
- Fuenzalida, E. (2020). *El lado oculto del cambio climático y el calentamiento global: una catástrofe a corto plazo*. RIL Editores.
- Gabriel, E. (2019). *Dinámicas territoriales por los cambios de la cobertura y uso de la tierra en la cuenca baja del río Chilca de la región Lima*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio institucional de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/14637>
- Gabriel, E. & García, A. E. (2020). Análisis de los cambios de uso de tierra y sus dinámicas territoriales en la cuenca baja del Río Chilca, Perú. *Ra Ximhai*, 209-228. <https://doi.org/10.35197/rx.16.04.2020.10eg>
- Gestión. (2023, 15 marzo). Ciclón Yaku: Desborde del río Chilca inunda tramo de la Panamericana Sur en Cañete. *Gestión*. <https://gestion.pe/peru/ciclón-yaku-lluvias-en-peru-desborde-del-rio-chilca-inunda-tramo-de-la-panamericana-sur-en-canete-senamhi-noticia/>
- Hernández R., Fernández C. & Baptista P. (2014). *Metodología de la Investigación (6ta ed.)*. McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC. (2023). *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, H. Lee & J. Romero (Eds.)]. IPCC,1-34. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Imaz, M. A., Ivanova, A., López, M. Z. F., & Cortés, M. A. (2023). Participative policy design to manage droughts and floods in an arid region under changing climate scenarios: the case of Baja California Sur, Mexico. *Sustainability*, 15(18), 13547. <https://doi.org/10.3390/su151813547>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA. (1994a). *Diagnóstico Agro-Socio-Económico del Valle de Chilca*. Ministerio de Agricultura.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA. (1994b). *Proyecto de Irrigación Chilca - Mala - Asia*. Ministerio de Agricultura.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA. (2005). *Inventario de fuentes de agua subterránea en el Valle de Chilca*. Ministerio de Agricultura.
- Lavell, A. (1993). Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. En L. Galindo (Ed.), *Los desastres no son naturales* (pp. 111-127). Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.
- López, A. (1998). La metodología de encuesta. En A. Maskrey (Ed.), *Técnicas de investigación en sociedad, cultura y comunicación*. (pp. 33-73). Logman Ed.
- Luján, M. (2014). *Automatización e integración al sistema SCADA de una estación de gas natural para suministro a una central térmica en Chilca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/8198>
- Maturana, A. (2011). Evaluación de riesgos y gestión en desastres. 10 preguntas para la década actual. *Revista Médica de Clínica Las Condes*, 22(5) 545-555. [https://doi.org/10.1016/S0716-8640\(11\)70465-5](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(11)70465-5)
- Mena, C. F., Benítez, F. L., Sampedro, C., Martínez, P., Quispe, A., & Laituri, M. (2022). Modeling urban growth and the impacts of climate change: the case of Esmeraldas City, Ecuador. *Sustainability*, 14(8), 4704. <https://doi.org/10.3390/su14084704>
- Ministerio de Agricultura y Alimentación – MINAG. (1981). *Estudio básico de las cuencas de los ríos Chilca - Mala - Asia*. Dirección General Ejecutiva del Proyecto Especial Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.

- Narváez, I. T. N., Saavedra, G. A. D., Cevallos, J. J. M., & Jiménez, M. B. (2020). Espacio urbano periférico y la construcción social del riesgo en ciudades intermedias. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 13. <https://doi.org/10.1144/javeriana.cvui3.eupc>
- Ojeda, B. (1982). Agricultura Precolombina en las Hoyas de Chilca, Costa Central del Perú. *Zonas Áridas*, 1. <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/pdf/ZONAS%20ARIDAS%20VOL%201.pdf>
- Pierson, T. C. (2005). *Distinguishing between debris flows and floods from field evidence in small watersheds*. U.S. Geological Survey. <https://doi.org/10.3133/fs20043142>
- Quinche, M., Ríos Camacho, J. & Duque, M. E. (2017). El cambio climático, un círculo de muerte. *Morfología*, 9(2), 13-15. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/morfologia/article/view/68067>
- Ramírez, M. (2004). El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas*, 4, 1-7. <https://hum.unne.edu.ar/investigacion/geografia/labtig/publicaciones/public16.pdf>
- Reyes, O., Torres, P. & Torres, P. (2022). Políticas de gestión de riesgos de desastres e inclusión-exclusión de asentamientos informales. Una evaluación para la Ciudad de México. *Gestión y Análisis de Políticas Públicas*, 30, 163-179. <https://doi.org/10.24965/gapp.10963>
- Robinson, S., y Butchart, C. (2022). Planning for climate change in small island developing states: Can Dominica's Climate Resilience and Recovery Plan be a model for transformation in the Caribbean? *Sustainability*, 14(9), 5089. <https://doi.org/10.3390/sui4095089>
- Rojas, O. & Martínez, C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20, 83-116. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383239103004>
- Rojas, K. & Valenciano, M. S. (2019). Vivir sin agua: Ciudad del Cabo, un análisis desde la interdependencia compleja. *Gestión y Ambiente*, 22(1), 141-153. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n1.78205>
- Romero, E. (2010). Impacto del precio del gas natural de Camisea en una central térmica. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/9381>
- Saaty, T. (2014). *Decision Making of Leaders*. RWS Publications.
- Sacoto, M.A.S., y Sánchez, C. (2023). Vulnerabilidades de los elementos esenciales y evaluación integral del riesgo de desastres para la planificación urbana y la gestión del riesgo en Azogues, Ecuador. *Cuadernos de investigación geográfica*, 49(1), 163-190. <https://doi.org/10.18172/cig.5628>
- Sandoval, V. (2017). Riesgos y Desastres en Chile: Las Causas de Fondo de la Vulnerabilidad. In Cottin, G., González, M., Mella, B., Mella, C. & Arteaga, M.I. (Eds.), *Ideas desde el Reino Unido: Críticas y propuestas para el desarrollo de Chile* (pp.122-138). London: IDRUI. <http://repositorio.anid.cl/handle/10533/246573>
- Sepúlveda, A., Patiño, J. & Rodríguez, C. (2016). Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia. *Obras y Proyectos*, 20, 31-43. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132016000200003>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI. (2020). Climas del Perú - Mapa de Clasificación Climática Nacional. SENAMHI.
- Taramona, L. (2014). *Producción de biogas en digester tubular para la sostenibilidad energética y mejorar la calidad de vida en el distrito de Chilca – Cañete. Región Lima*. [Informe de investigación, Universidad Le Cordon Blue]. Repositorio institucional de la Universidad Le Cordon Blue. <https://repositorio.ulcb.edu.pe/handle/ULCB/16>
- Tarazona, R., Montoya, H., Mariano, M. & Mayta, E. (2017). *Picocystis salinarum* (Prasinophyceae, Chlorophyta) in Salinas de Chilca, Lima, first record for Perú. *Arnaldoa*, 24(2), 557-566. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.242.24208>
- Tavera, H. (2017). *Zonificación sísmica – geotécnica de las áreas urbanas de Chilca, Coayllo, Humay, Imperial, Nuevo Imperial, Quilmaná, San Antonio, San Clemente y San Luis*. Instituto Geofísico del Perú.
- Tempa, K. & Yuden, K. (2023). Multi-hazard zoning for national scale population risk mapping: a pilot study in Bhutan Himalaya. *Geoenvironmental Disasters*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40677-023-00239-4>
- Vallejos, M. (1982). Textiles de Paloma, UIM pueblo preagrícola en las lomas de Chilca. Perú. *Zonas Áridas*, 1. <http://www.lamolina.edu.pe/zonasaridas/pdf/ZONAS%20ARIDAS%20VOL%201.pdf>

- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T. & Davis, I. (2003). *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters*. 2nd Edition. London: Routledge.
- Wongthongtham, P., Abu-Salih, B., Huang, J., Patel, H. & Siripun, K. (2023). A Multi-Criteria Analysis Approach to Identify Flood Risk Asset Damage Hotspots in Western Australia. *Sustainability*, 15(7), 5669. <https://doi.org/10.3390/su15075669>
- Zapata, R. (1973). *Aguas Minerales del Perú*. Servicio de Geología y Minería.
- Zavala, A., Salazar, E., Lagos, M. & Cesare, M. (2023). Cambio climático y educación medioambiental: debates teóricos para la sustentabilidad. *Revista de filosofía, Universidad del Zulia*, 40(105), 384-394. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7863488>
- Zulaica, M. L. & Vázquez, P. (2021). Ciudades argentinas en el contexto del cambio climático: exploraciones para el análisis del riesgo y la resiliencia urbana. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 30(2), 396-417. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v30n2.87584>