




---

## Riesgo de inundación fluvial por desborde del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Risk of river flooding due to overflowing of the Jalqueño River in Chota Cajamarca

Karina del Rocío Yrigoín Medina<sup>1</sup> \*  Roberto Carlos Vásquez Castro<sup>1</sup>  Luis Alberto Orbegoso Navarro<sup>1</sup> 

---

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria Colpamatará, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

\*Autor de correspondencia [e-mail: karinadelrocioyrigojinmedina@gmail.com]

### RESUMEN

El objetivo en este estudio fue determinar el nivel del riesgo a inundación por el desborde del río Jalqueño en la ciudad de Lajas, Chota, Cajamarca. Para ello, se aplicó la metodología del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) a fin de determinar el nivel de peligrosidad en el trayecto de 1 km del río Jalqueño aguas arriba a partir de su confluencia con el río Chotano hasta el límite superior del Barrio Villa Lourdes. Se elaboró y aplicó una encuesta a 85 familias de las 386 ubicadas dentro de las 23.10 ha correspondientes al área de estudio. Así, el nivel de peligrosidad resultó de muy alto a alto, en 32.35% y 23.08% de las 23.10 ha, respectivamente; el nivel de vulnerabilidad fue de 49.70% en los 386 lotes evaluados. De este modo, la población e infraestructura está expuesta a condiciones de fragilidad y al no contar con recursos económicos suficientes no se genera resiliencia inmediata. El riesgo de inundación fluvial del río Jalqueño es alto dado que puede desbordarse en épocas de lluvias y generar daños a las viviendas e infraestructura que se encuentran a menos de 20 m del borde del río.

*Palabras clave:* caudal, llanura, peligro, precipitación, vulnerabilidad.

### ABSTRACT

The objective of this study was to determine the level of flood risk due to the overflow of the Jalqueño River in the city of Lajas, Chota, Cajamarca. To do so, the methodology of the National Center for Estimation, Prevention and Reduction of Disaster Risk (CENEPRED) was applied to determine the level of danger in the 1 km stretch of the Jalqueño River upstream from its confluence with the Chotano River to the upper limit of the Villa Lourdes neighborhood. A survey was developed and applied to 85 families of the 386 located within the 23.10 ha corresponding to the study area. Thus, the level of danger was very high to high, in 32.35% and 23.08% of the 23.10 ha, respectively; the level of vulnerability was 49.70% in the 386 lots evaluated. In this way, the population and infrastructure are exposed to fragile conditions, and, without sufficient economic resources, immediate resilience is not

generated. The risk of river flooding of the Jalqueño River is high since it can overflow during the rainy season and cause damage to homes and infrastructure that are less than 20 m from the riverbank.

*Key words:* flow, plain, hazard, precipitation, vulnerability.

## INTRODUCCIÓN

Las inundaciones que afectan a los centros urbanos se clasifican típicamente en fluviales y pluviales, atribuyéndose las primeras al desborde de las riberas de los ríos, y las segundas se producen cuando la intensidad de las lluvias supera la tasa de infiltración más allá de las riberas (Tanaka et al., 2020). Durante un evento de fuertes lluvias, el agua de la inundación puede propagarse sobre grandes áreas, causando pérdidas humanas y económicas (Ghaith et al., 2022).

Las inundaciones en el 2019 representaron el 49% del total de desastres y el 44% de las muertes (Wang et al., 2022). Aproximadamente el 22% de las pérdidas económicas mundiales por desastres naturales entre 2000 y 2019 se atribuyeron directamente a las inundaciones (Tellman et al., 2021). Esta proporción aumentó al 50% a finales de 2020 (Ghaith et al., 2022). Además, más de 20 millones de personas se ven forzadas a dejar sus residencias anualmente por eventos relacionados con el clima, y específicamente a inundaciones (Portner et al., 2022). Por lo que, las inundaciones han sido declaradas como los desastres más costosos del mundo (Nofal & Van De Lindt, 2022).

El Perú con frecuencia es afectado por fuertes precipitaciones pluviales que desencadenan inundaciones (Caramanica, 2022). En los años 1983, 1998 y 2017 se han presentado eventos anómalos (Sulca et al., 2022), como el Fenómeno del Niño del 2017 que, a causa de las lluvias torrenciales provocó huaicos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes y tormentas que, afectaron a 1.9 millones

de personas (INDECI, 2017). Las inundaciones provocadas por el Niño Costero tuvieron como consecuencia 65,943 personas damnificadas, 210,677 personas afectadas, 52,098 viviendas afectadas, 7,949 viviendas destruidas y 7,136 ha de cultivos afectados, ocasionando grandes pérdidas económicas. Así mismo, más recientemente el evento que, se presentó en el país fue el ciclón Yaku y el niño costero que, dejaron alrededor de 1,500 damnificados (Lino & Contreras, 2023).

La ciudad de Lajas, como muchas otras ciudades altoandinas, presentan temporadas de lluvia entre los meses de octubre a abril de cada año, algunas de las cuales son torrenciales, sobrepasando la capacidad de los cauces de ríos y quebradas, desbordando e inundando áreas de cultivo y zonas urbanas, tal como ocurrió el 26 de marzo del 2009 (INDECI, 2009), donde se vieron afectadas 50 viviendas tras el desborde del río Jalqueño que atraviesa la ciudad de Lajas, de las cuales dos quedaron inhabitables, generando diversas pérdidas de materiales e incluso afectando a sembríos y animales que fueron arrastrados hacia el río Chotano; el 15 de marzo del 2010 también se produjo el desborde del río Jalqueño damnificando a 12 familias que habitaban la zona (INDECI, 2010). Así mismo, el 24 de marzo del año 2022, el río Jalqueño vuelve a desbordarse a consecuencia de las fuerzas lluvias perjudicando a varias viviendas de la ciudad de Lajas e incluso 20 de ellas quedaron inhabitables, ocasionando

grandes pérdidas materiales (INDECI, 2022).

Estos eventos naturales afectan las actividades económicas (comercio, agricultura, ganadería) y ponen en riesgo a las viviendas y familias ubicadas en la ribera del río. En ese contexto, el objetivo de este estudio fue determinar el nivel de riesgo a inundación por el desborde del río Jalqueño en la Lajas, Chota, Cajamarca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La ciudad de Lajas con centroide en las coordenadas UTM WGS84 17S 750486.87 E, 9274287.04 S y altitud de 2141 m.s.n.m., es el foco de recurrentes fenómenos de

inundación producidos por el desborde del río Jalqueño en el tramo de 1 km partiendo desde la confluencia entre el río Jalqueño y el río Chotano en las coordenadas UTM WGS 84 17S 750207.08 E, 9274229.25 S, altitud de 2133 m.s.n.m., hasta el fin del Barrio Villa Lourdes en las coordenadas UTM WGS 84 17S 750096.78 E, 9273414.39 S, altitud de 2176 m.s.n.m. (Figura 1). De acuerdo a los datos de la estación meteorológica Chotano Lajas la temperatura varía de 10 °C a 24 °C, con humedad relativa de 83%, precipitación pluvial máxima es de 69.10 mm, siendo mayor en los meses de noviembre a abril (SENAMHI, 2023).

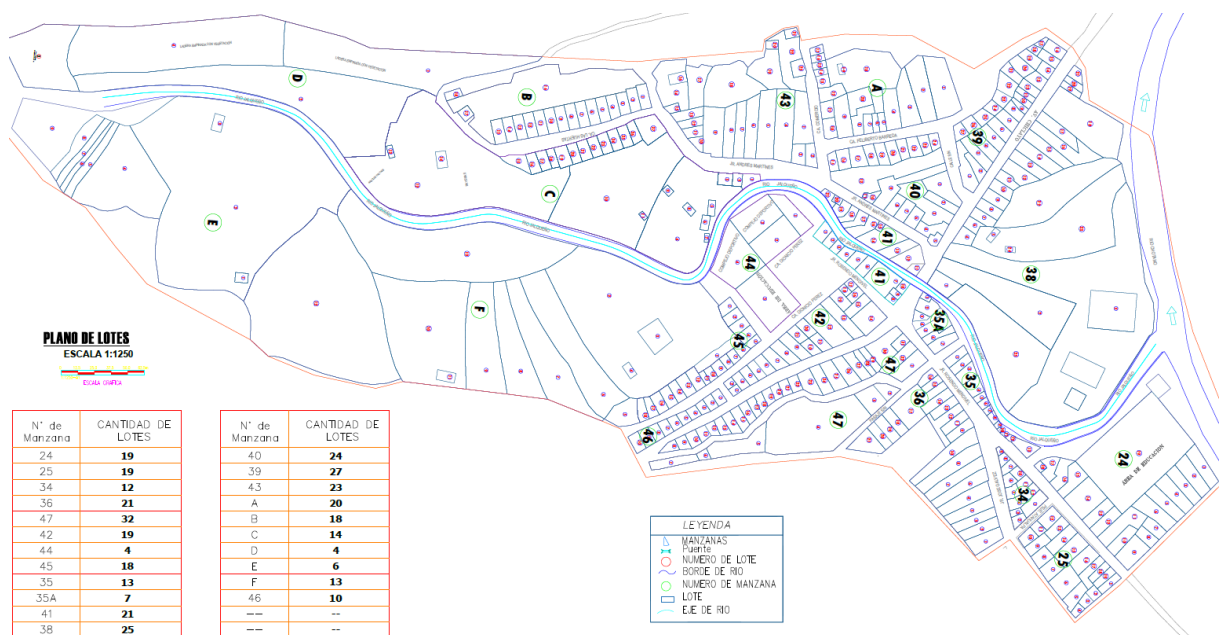


Figura 1. Lotes y manzanas del área aledaña al río Jalqueño en la ciudad de Lajas.

### Procedimiento de toma de datos

Se utilizó la estación total Leica TS06, GPS de mano, jalones, miras, materiales e instrumentos para monumentación de BMS (esmalte color rojo, cemento, corrector), materiales de registro de datos (cuaderno de campo, lapiceros), y equipo de protección personal (chaleco, casco, zapatos punta de acero) para realizar el

levantamiento topográfico del río Jalqueño. Además, fue realizado el levantamiento topográfico a 50 m del borde derecho e izquierdo del eje del río en 1 km partiendo desde la confluencia entre el río Jalqueño y el río Chotano en las coordenadas UTM WGS 84 17S 750207.08 E, 9274229.25 S, hasta el fin del Barrio Villa Lourdes en las coordenadas

UTM WGS 84 17S 750096.78 E, 9273414.39 S.

La microcuenca del río Jalqueño se delimitó de forma manual en el programa ArcGIS 10.5 utilizando las curvas y ríos de la carta 14 f y 13 f, para luego determinar sus parámetros geomorfológicos por medio de una hoja de Microsoft Excel para conocer su área (53.43 ha), longitud de curso principal (12.08 km), pendiente de la microcuenca (26.15%), altitud media (2,975.71 m.s.n.m.) y tiempo de concentración (178.23 minutos).

El análisis de las intensidades máximas de precipitación pluvial fue realizado utilizando los datos anuales de 36 años (1985-2021) de la estación meteorológica Chotano Lajas ubicada en las coordenadas UTM WGS84 17S 750035.00 E, 9274088.00 S a 2163 m.s.n.m.; los datos fueron transferidos a la microcuenca de estudio y analizados en el programa HidroEsta v.2 verificando que, el modelo Log. Normal 2 parámetros se ajusta mejor a los datos pluviométricos. Se utilizaron los datos ajustados para determinar el caudal máximo por el Método Racional Modificado debido a que, la microcuenca del río Jalqueño tiene un área mayor a 10

km<sup>2</sup> (MTC, 2018), determinando que, para Tr de 25, 50, 100 y 500 años los caudales máximos eran 181.69 m<sup>3</sup>/s, 197.21 m<sup>3</sup>/s, 212.28 m<sup>3</sup>/s y 246.40 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. El alineamiento y las secciones transversales son exportadas al programa HEC-RAS 6.1, para determinar las áreas de inundación.

Para determinar el nivel de peligro a inundación fluvial del río Jalqueño se ha cargado al programa ArcGIS 10.5, el plano en planta de la topografía del lugar, el plano catastral con las manzanas y lotes y los planos de uso del suelo obtenido de la página web del Ministerio del Ambiente (MINAM), geomorfología y geología obtenido de la página web del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y erosión del suelo obtenido de la página web del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENEPRED) de acuerdo al modelo USLE descrito por Rengifo-Rengifo et al. (2022), para ser modificados de acuerdo con lo observado y medido en campo para adaptarlos a los parámetros de estudio (Tabla 1) especificados en el Manual de CENEPRED (2015).

**Tabla 1.** Peso ponderado de parámetros y factores determinantes del peligro a inundación fluvial de acuerdo con la metodología CENEPRED.

Variable	Dimensión	Factor	Parámetro	Peso P.
Susceptibilidad (Peso 0.40)	(Desencadenantes) Peso 0.2	Lluvia (Peso 1.00)	Torrencial >60 mm/hr	0.503
			Muy fuerte 31-60 mm/hr	0.260
			Fuerte 16-30 mm/hr	0.134
			Moderada 2-15 mm/hr	0.068
			Débiles < 2 mm/hr	0.035
		Uso del suelo (Peso 0.32)	Casco urbano	0.503
			Áreas de expansión urbana	0.260

Variable	Dimensión	Factor	Parámetro	Peso P.
			Tierras agrícola ganaderas	0.134
			Tierras con pastizales	0.068
			Tierras colinadas sin uso	0.035
		Pendiente (Peso 0.242)	0-5°	0.503
			6-15°	0.260
			16°-25°	0.134
			26°-45°	0.068
			>45°	0.035
	(Condicionantes) Peso 0.8	Geomorfología (Peso 0.187)	Llanura o planicie	0.503
			Abanicos de pie de monte	0.260
			Pie de monte aluvial-coluvial	0.134
			Colina erosional-estructural	0.068
			Relieve montañoso en rocas	0.035
		Geología (Peso 0.143)	Casco urbano	0.503
			Depósitos aluviales-coluviales	0.260
			Formación Chota	0.134
			Formación Cajamarca	0.068
			Roca volcánica	0.035
	Erosión del suelo (Peso 0.108)	Muy alta > 200	0.503	
		Alta 100-200	0.260	
		Acusada 50-100	0.134	
		Moderada 10-50	0.068	
		Ninguna o ligera < 10	0.035	
Parámetros de evaluación del fenómeno de estudio (Peso 0.60)	Áreas inundables según Tr (Peso 1.00)	Áreas afectadas por acumulación de agua	Tr 25 años	0.503
			Tr 500 años	0.260
			Áreas próximas a la zona de inundación	0.134
			Áreas no inundables	0.068
				0.035

Nota: Adaptado de CENEPRED (2015).

Con los planos de las áreas de inundación se elaboró el mapa del fenómeno de estudio (inundación), el mismo que, se ha relacionado con el mapa de susceptibilidad obtenido a partir de la interceptación de los condicionantes (uso del suelo, pendiente, geomorfología, geología, erosión del suelo) y desencadenantes (lluvia), para generar el mapa de peligro a inundación fluvial del río Jalqueño.

En las 23.10 ha aledañas al río Jalqueño hay un total de 386 lotes, de terreno de

los cuales 277 corresponden a viviendas ocupadas, 10 viviendas desocupadas, 2 viviendas inhabilitadas, 26 lotes sin construir, 8 entidades privadas y/o públicas y el resto son lotes de terreno dedicados a área agrícola, por lo que, la muestra probabilística de población finita estuvo conformada por 85 personas, pero en la práctica en aquellos lotes donde no respondieron el cuestionario se completaron aquellas preguntas que, eran distinguibles por visualización, a fin de trabajar con muestra poblacional. Así la

muestra se calculó por medio de la Ecuación 1.

$$n = \frac{N \times Z\alpha^2 \times p \times q}{e^2 \times (N-1) + Z\alpha^2 \times p \times q} \quad (1)$$

Donde: n es el tamaño de la muestra, N es el total de la población (277 viviendas ocupadas ubicadas dentro del área de influencia del estudio),  $Z\alpha$  es 1.96, p es 50%, q es la resta de 1 – p (50%), “e” es la precisión o margen de error, que para este caso se consideró 10%.

El cuestionario de vulnerabilidad conformado por 20 preguntas de las cuales, seis son registradas de forma visual (localización de la edificación respecto al río Jalqueño, material de construcción, estado de conservación, configuración en elevación, uso de la edificación, cuenta con obras de mitigación) fue planteado de acuerdo con el manual CENEPRED (2015) y se aplicó a una persona mayor de 18 años en cada una de las 85 viviendas.

En el programa Microsoft Excel 2021 se procesaron los resultados del cuestionario dando un peso ponderado a cada una de las respuestas de los encuestados, donde a, b, c, d y e reciben el valor de 0.503, 0.260, 0.134, 0.068 y 0.035, respectivamente; así mismo, en las edificaciones donde no se tuvo respuesta, debido a que eran instituciones esenciales, instituciones importantes, viviendas ocupadas con propietarios no presentes, viviendas desocupadas o inhabitadas y terrenos de cultivo o áreas sin construir, se ha dado una ponderación para los criterios social, económico y ambiental según la Tabla 2; así mismo, en la Tabla 3 se detallan los pesos de los factores para estimar la vulnerabilidad.

**Tabla 2.** Pesos por parámetro para condiciones de lotes en los que, los propietarios no han respondido el cuestionario.

Tipo de lote	Social	Económico	Ambiental
Instituciones esenciales	0.503	0.503	0.260
Instituciones importantes	0.260	0.260	0.134
Vivienda ocupada no presentes	0.134	0.134	0.068
Vivienda desocupada o inhabitada	0.068	0.068	0.035
Terreno	0.035	0.134	0.503

**Tabla 3.** Pesos de parámetros y factores para determinar la vulnerabilidad a inundaciones fluviales.

Dimensión		Factor		Parámetro	
Nombre	Peso	Nombre	Peso	Nombre	Peso
Vulnerabilidad social	0.539	Exposición	0.539	Número de personas a nivel de lote	1
		Fragilidad	0.297	Acceso a los servicios básicos	0.539
				Acceso a servicios de salud	0.297
				Acceso a la educación	0.164
		Resiliencia	0.164	Capacitación en temas de gestión del riesgo	0.539

Dimensión		Factor		Parámetro					
Nombre	Peso	Nombre	Peso	Nombre	Peso				
Vulnerabilidad económica	0.297	Exposición	0.539	Conocimiento local sobre ocurrencia pasada de desastres	0.297				
				Actitud frente a una inundación	0.164				
	Fragilidad	0.297	0.164	0.539	Localización de la edificación	1			
					Material de construcción	0.503			
					Estado de conservación	0.260			
					Antigüedad de la construcción	0.134			
					Configuración en elevación de la edificación	0.068			
					Uso de la edificación	0.035			
					Resiliencia	0.164	0.539	Ingreso familiar promedio mensual	0.5
								Obras de mitigación	0.5
Vulnerabilidad ambiental	0.164	Exposición	0.539	Área agrícola expuesta	1				
				Fragilidad	0.297	0.164	Manejo y disposición de los residuos sólidos	1	
	Resiliencia	0.164	0.539				Conocimiento y cumplimiento de la normatividad ambiental	0.539	
							Resiliencia	0.164	0.297
	Resiliencia	0.164	0.164	Capacitación en temas de conservación ambiental	0.164				

Nota: Adaptado de CENEPRED (2015).

Para determinar el riesgo a inundación del río Jalqueño en el programa ArcGIS 10.5 se interceptan el mapa de peligro y vulnerabilidad, multiplicando sus pesos ponderados finales, los cuales luego se categorizan en los diferentes niveles según el compendio del CENEPRED (2015).

### Diseño de investigación.

El estudio fue de tipo no experimental de corte transversal. Es decir, el estudio se limitó a observar y describir el

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

#### Áreas de inundación por desborde del río Jalqueño.

En la ribera del río Jalqueño aguas arriba en el tramo de 1 km desde la confluencia con el río Chotano se encuentra mayormente ocupada por construcciones

comportamiento de las variables que se registraron en un momento determinado.

### Análisis estadístico

Se utilizó la prueba paramétrica z-test para analizar las medidas de los datos cuantitativos, con la finalidad de determinar si dos medias poblacionales son diferentes cuando las varianzas son conocidas y el tamaño de la muestra es grande. El análisis de los datos se realizó con el software estadístico Minitab versión 21.

locales y/o áreas de cultivos agrícolas, por lo que, los precedentes de fuertes precipitaciones pluviales que han desencadenado inundaciones por desborde del río Jalqueño (INDECI, 2022). La Municipalidad Distrital de Lajas ha construido muros en ambos márgenes del

cauce en un tramo de 200 m, sin embargo, estos son superados por el nivel del agua (3 m) dando paso al fenómeno de inundación fluvial, similar situación ocurrió en la ciudad de México donde el río Tesechoacán generó niveles de agua con tirantes de 7.45 m (Gutiérrez et al., 2022). Las áreas de inundación por desborde del río Jalqueño ocupan el 18.24% (4.21 ha), 19.05% (4.01 ha), 19.69% (4.55 ha) y 21.93% (5.07 ha) de 23.10 ha de llanura de análisis,

para Tr de 25, 50, 100 y 500 años, respectivamente (Tabla 4). El agua fluvial que se desbordaría por acción del río Jalqueño, estaría inundando las calles principales como: Av. Chiclayo y Av. R. Mendivel, llegando hasta el cercado de Lajas (área central de la ciudad), causando pérdidas económicas y sociales, tal como lo reportó INDECI (2009), INDECI (2010), INDECI (2017) e INDECI (2022).

**Tabla 4.** Áreas de inundación por desborde del río Jalqueño en Chota, Cajamarca.

Tr (años)	Áreas de inundación (ha)			Infraestructura expuesta	% de afectación respecto al área total (23.1 ha)
	Margen izquierdo	Margen derecho	Total	Nº de viviendas afectadas	
25	1.560	2.654	4.214	63	18.24%
50	1.633	2.767	4.400	72	19.05%
100	1.682	2.867	4.549	80	19.69%
500	1.788	3.278	5.067	93	21.93%

Tr = Tiempo de retorno

### Peligro a inundación por desborde del río Jalqueño

La ciudad de Lajas, por su cercanía al río Jalqueño, presenta un nivel de peligro de inundación fluvial de muy alto a alto en 32.35% y 23.08% de las 23.10 ha, respectivamente (Tabla 5); Resultados similares fueron determinados por Gutiérrez et al. (2022) en México, al

verificar que el nivel de peligro es mayor debido a que, 33 localidades verían afectadas por el desborde del río Tesechoacán; de la misma manera, Manrique (2021) determinó similar peligro de inundación fluvial por desborde del río de Santa Rosa de Shapajilla en Huánuco debido a que, sus características hidrológicas y de superficie son similares.





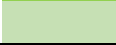
**Tabla 5.** Peligro de inundación fluvial en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Peligro	Área (ha)	%
	Muy alto	5.33	23.08%
	Alto	7.47	32.35%
	Medio	9.13	39.53%
	Bajo	1.16	5.04%

La alta peligrosidad se debe al potencial de ocurrencia del fenómeno de

inundación el cuál abarca áreas inundables como se muestra en la Tabla 6.




**Tabla 6.** Fenómeno de inundación fluvial en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Fenómeno de inundación	Área (ha)	%
	Área inundable Tr 25 años	5.08	22.02%
	Área inundable Tr 500 años	0.68	2.95%
	Áreas afectadas por la inundación	2.80	12.11%
	Áreas próximas a la zona de inundación	3.29	14.24%
	Áreas no inundables	11.25	48.69%

Así mismo, la susceptibilidad a inundaciones en la superficie es muy alta a alta con 51.14% y 41.12%, respectivamente (Tabla 7), Resultados similares fueron determinados por Morales-Ruano et al. (2022), donde determinaron que, la susceptibilidad a inundaciones por desborde del río

Coyuca fue alta con 41.82% de la superficie del curso del río bajo del cauce, así mismo, argumentan que, la susceptibilidad a inundaciones se incrementa en las localidades más cercanas al río y se desencadenan cuando las precipitaciones son fuertes.


**Tabla 7.** Categoría de la susceptibilidad frente a inundaciones fluviales en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Susceptibilidad	Área (ha)	%
	Muy alto	9.50	41.12%
	Alto	11.81	51.14%
	Medio	1.79	7.74%

Las precipitaciones en la ciudad de Lajas son fuertes (Tabla 8) en toda su extensión durante el periodo de diciembre a abril,

con picos máximos en marzo, mes en el que existen registros históricos de inundaciones en la zona (INDECI, 2022).

**Tabla 8.** Calificación de las precipitaciones pluviales como desencadenante de la inundación fluvial en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Desencadenante: Precipitaciones pluviales			
		Área (ha)	%
	Muy fuertes 31-60 mm/hr	23.10	100.00%

La ciudad de Lajas es particularmente vulnerable a inundaciones debido al desborde del río Jalqueño, exacerbado por condiciones de entorno (Tabla 9). El 41.42% del uso del suelo en la ciudad





corresponde a zonas urbanas (Tabla 10), lo cual reduce la capacidad de absorción del suelo y eleva la escorrentía (Sugianto et al., 2022). Además, la topografía de Lajas agrava esta situación; se encuentra

en una llanura aluvial cercana al río, con un 51.49% de su superficie con pendientes entre 0° y 5° (Tabla 11), lo que facilita la acumulación de agua durante desbordamientos. Así mismo, al igual que en Puerto Vallarta (Morales et al., 2022), Lajas también presenta una geomorfología de pie de monte aluvial-coluvial en un 42.09% de su área (Tabla 12), caracterizada por la acumulación de sedimentos transportados por el agua. Geológicamente el 39.12% de la superficie pertenece a la formación Chota y el 56.13% a la formación Cajamarca (Tabla 13); la formación Chota está compuesta principalmente por rocas sedimentarias,





como areniscas y arcillas, mientras que, la formación Cajamarca está compuesta principalmente por rocas volcánicas, como lavas y tufos, ambas formaciones geológicas son importantes para la agricultura, ya que proporciona suelos fértiles para la producción de cultivos, siendo uno de los usos que, se le da a las áreas no lotizadas de la localidad (Cruzado & Crisólogo, 2009).

La erosión del suelo es de 79.40% de la superficie, por tanto, la erosión va de 50 a 100 ton ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (Tabla 14), esto significa un nivel medio de pérdida del suelo por erosión hídrica y pluvial.






**Tabla 9.** Área ponderada de acuerdo con la categoría del condicionante (integra uso del suelo, pendiente, geomorfología, geología, y erosión del suelo) que se presentan en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Condicionante	Área (ha)	%
	Muy alto	9.50	41.12%
	Alto	11.63	50.37%
	Medio	0.59	2.54%
	Bajo	1.38	5.98%

**Tabla 10.** Uso del suelo en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Uso del suelo	Área (ha)	%
	Casco urbano	9.57	41.42%
	Zona de expansión urbana	6.00	25.98%
	Tierras agrícola ganaderas	5.64	24.44%
	Tierras colinadas sin uso	1.88	8.16%

**Tabla 11.** Rango de pendiente en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Pendiente	Área (ha)	%
	0°-5°	11.89	51.49%
	6°-15°	8.25	35.73%
	16°-25°	1.07	4.64%
	26°-45°	1.66	7.17%
	>45°	0.22	0.97%

**Tabla 12.** Geomorfología en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Geomorfología	Área (ha)	%
Pie de monte aluvial-coluvial	9.72	42.09%
Colinado estructural-erosional	13.37	57.91%

**Tabla 13.** Geología en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Geología	Área (ha)	%
Casco Urbano o Área Urbana	1.10	4.75%
Formación Chota	9.04	39.12%
Formación Cajamarca	12.97	56.13%

**Tabla 14.** Erosión del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Erosión (ton ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Área (ha)	%
100-200 Alta	2.87	12.44%
50-100 Acusada	18.34	79.40%
<10 Ninguna o ligera	1.88	8.16%

### Vulnerabilidad a inundación por desborde del río Jalqueño

En la ciudad de Lajas de las 23.10 ha que abarca el área de estudio, 19.69 ha están integradas por 386 lotes y el resto forman parte de las calles, vías y el río Jalqueño. En la Tabla 15, el 71.76% de los lotes son viviendas construidas ocupadas con habitantes presentes o ausentes de los

cuales se ha encuestado a 85 familias, el 15.80% de los lotes son terrenos con o sin cultivos y el resto del área está ocupada por edificaciones destinadas a fines gubernamentales (0.52%), instituciones educativas (0.52%) o de carácter privado (0.52% almacenes, 6.74% lotes sin construir, 1.04% complejos deportivos).






**Tabla 15.** Tipo de edificaciones en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Tipo de edificación	N° de edificaciones	%
Almacén	2	0.52%
Complejo deportivo	4	1.04%
Edificaciones gubernamentales	2	0.52%
Instituciones educativas	2	0.52%
Vivienda ocupada	277	71.76%
Vivienda inhabitada (desplomada)	12	3.11%
Lote sin construir	26	6.74%

La vulnerabilidad social en el 58.55% de los lotes es alta (Tabla 16); el 35.29% de las familias están conformadas por 4 integrantes. Kawasaki et al. (2020) indican que las personas que sufren más las inundaciones son aquellas que, viven en familias más grandes debido a que, existe un mayor número de pérdidas y generalmente una mayor relación de pobreza y gastos económicos; el 1.18% no tienen servicio de desagüe pero los demás tienen acceso a todos los servicios básicos, sin embargo, durante un evento de inundación los servicios básicos pueden dejar de funcionar tal como (Abass et al., 2020); el 21.18% de las familias tienen al menos uno de sus miembros sin seguro de salud, esto condiciona la fragilidad de la población puesto que, de ocurrir desastres necesitan ser atendidos de forma gratuita en los puestos de salud de la localidad según Ratcliffe et al. (2020).

En la ciudad de Lajas, el 45.88% de la población ha completado solo la educación secundaria y un 11.76% no posee ningún grado de instrucción, es decir, son analfabetos. Según Deepak et al. (2020), esta falta de educación contribuye a un desconocimiento generalizado sobre preparación y gestión de desastres. Esto se ve reflejado en que el 65.88% de los residentes cercanos al río Jalqueño no están capacitados en gestión de riesgo. Aunque el 34.12% de las familias están conscientes de desastres pasados por inundaciones, solo el 16.47% adopta una actitud previsor. Por otro lado, un 5.88% muestra una actitud fatalista, un 8.24% es escasamente previsor y un 27.06% es parcialmente previsor. Estas actitudes incrementan la vulnerabilidad de la población frente a futuras inundaciones.

**Tabla 16.** Vulnerabilidad social en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

	Vulnerabilidad social	Lotes	%	Área (ha)
	Muy alta	18	4.66%	2.01
	Alta	226	58.55%	4.46
	Media	68	17.62%	0.99
	Baja	71	18.39%	12.11
	Muy Baja	3	0.78%	0.12

La vulnerabilidad económica es alta en el 47.41% de los lotes cerca del río Jalqueño (Tabla 17), con 54.41% a menos de 100 m del río, lo que aumenta el riesgo de daño en inundaciones (Kawasaki et al., 2020). El 47.17% de las edificaciones están construidas de adobe o tapial y un 54.48% de ladrillo; las de adobe son particularmente vulnerables ya que absorben humedad, lo que puede llevar al colapso en caso de inundación (Xing et al.,

2023). Además, el estado de conservación es variable: 40.69% en estado regular, 37.93% en buen estado, 12.07% en mal estado y 5.86% en muy mal estado. Respecto a la antigüedad, el 23.88% de las edificaciones tienen entre 40 y 50 años, el 21.8% entre 30 y 40 años, y el 18.34% entre 20 y 30 años. Las más antiguas enfrentan mayor fragilidad, además de que su reparación puede resultar más costosa (Botzen et al., 2019).

El 73.10% de las edificaciones cercanas al río Jalqueño son de dos niveles y el 11.38% de 1 nivel, según Xing et al. (2023) las edificaciones de menor altura son más vulnerables frente a inundaciones urbanas porque la fuerza del agua y sedimentos pueden ocupar los primeros niveles llevando a cubrir parcial o totalmente las viviendas; el 69.13% de las edificaciones de la llanura del río Jalqueño son utilizadas como vivienda y el 19.61% de las edificaciones son destinadas a vivienda y comercio, siendo así, hay mayor vulnerabilidad en aquellas edificaciones que son utilizadas como vivienda y actividades comerciales; Ahora bien, el 35.29% de las familias aledañas al río Jalqueño tienen ingresos mensuales menor a 500 soles y solo el

2.35% de las familias perciben un ingreso mensual mayor a 3,000 soles. Resultados similares fueron reportados por Cruzado & Gonzales (2020) al estudiar a las familias que habitan cerca a la quebrada Calispuquio en Cajamarca. Así, las familias con menores ingresos tienen menor capacidad de resiliencia luego de ocurrido un evento de inundación. El 82.61% de las edificaciones aledañas al río Jalqueño no tienen obras de contención y el 13.91% tienen muros de contención, las edificaciones sin protección frente a inundaciones son más propensas a sufrir daños ya que, no tienen medios de resiliencia, no obstante, muchos pobladores no pueden solventar estas medidas autónomas de protección. (Szlafstein & de Araújo, 2021).

**Tabla 17.** Vulnerabilidad económica en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca






Vulnerabilidad económica	Lotes	%	Área (ha)
Muy alta	79	20.47%	3.49
Alta	183	47.41%	7.24
Media	116	30.05%	8.81
Baja	7	1.81%	0.13
Muy Baja	1	0.26%	0.01

La vulnerabilidad ambiental en el 60.36% de los lotes es media (Tabla 18); en el 87.60% de las áreas verdes no hay cultivos pero en los que, si tienen cultivos el 3.31% de los lotes tienen el 75% a 100% de la superficie expuesta frente al desborde del río Jalqueño; el 72.97% de las familias afirman que la basura es recogida por la Municipalidad Distrital de Lajas, no obstante, en la inspección se ha observado desechos plásticos en los bordes del río Jalqueño en su confluencia con otra quebrada S/N de la ciudad de Lajas;

El 54.65% de los pobladores desconocen la existencia de normas ambientales; el 48.84% de las familias argumentan que todos sus miembros tienen discernimiento ancestral para el aprovechamiento de recursos naturales; pero el 85.06% de los pobladores no reciben capacitaciones en conservación ambiental, por tanto, la población no tiene las herramientas para ser resiliente, en ese sentido, debería recibir capacitación en mitigación, código de construcción y zonificación, concientización sobre inundaciones y

cuidado del medio ambiente (Ahmad & Afzal, 2019).





**Tabla 18.** Vulnerabilidad ambiental en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Vulnerabilidad ambiental	Lotes	%	Área (ha)
 Muy alta	62	16.06%	11.22
 Alta	15	3.89%	1.81
 Media	233	60.36%	5.24
 Baja	49	12.69%	0.82
 Muy Baja	27	6.99%	0.60

La vulnerabilidad por desborde del río Jalqueño es alta en el 49.74% de los 386 lotes (Tabla 19); por tanto, la población e infraestructura urbana está expuesta frente a inundaciones fluviales, además

que, presenta condiciones de fragilidad y no tiene los recursos suficientes económica, social y ambientalmente para generar resiliencia.

**Tabla 19.** Vulnerabilidad a inundaciones fluviales en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

Vulnerabilidad	Lotes	%	Área (ha)
 Muy alta	10	2.59%	0.80
 Alta	192	49.74%	8.86
 Media	157	40.67%	8.12
 Baja	27	6.99%	1.90

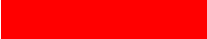



### Riesgo a inundación por desborde del río Jalqueño

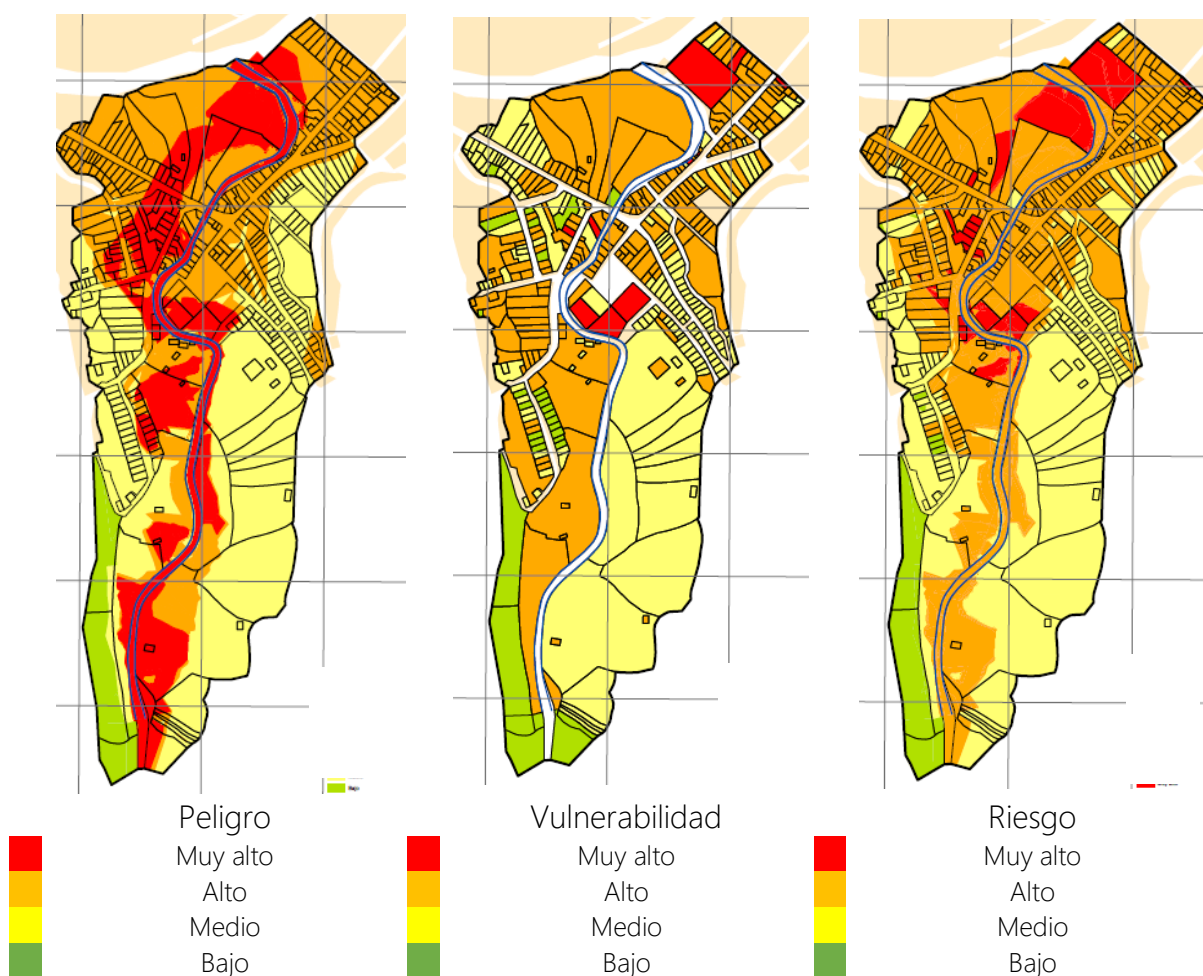
El riesgo de inundación fluvial en la microcuenca del Jalqueño es alto llegando hasta 48.72% de las 23.10 ha (Tabla 20), indicando que el río Jalqueño puede desbordarse en épocas de lluvias intensas, generando afectación a las viviendas e infraestructura aledaña a la ribera del río especialmente a aquellas que se encuentran a menos de 20 m del borde del río, concentrándose las áreas afectadas al norte y este del río Jalqueño. Salgado et al. (2022) determinaron que, en el sector Hacienda el riesgo a inundación también es alto, pero con la construcción de defensas ribereñas adecuadamente diseñadas y construidas se puede reducir la inundación.

Resultados similares fueron obtenidos por Portella & Villafuerte (2020) en Sincape, donde el riesgo de inundación era alto en 78.92% de la superficie del río Cascajal, proponiendo enrocado de protección como solución. Por otro lado, Sauer (2022) sugirió el uso de humedales para controlar el riesgo de inundación en Valdivia (Chile) y Hermosillo (México). En el caso del río Bogotá, Cárdenas-Casas et al. (2017) recomendaron la eliminación de sedimentos para reducir el riesgo de inundación. Así mismo, Bonasia & Lucatello (2019) mapearon la susceptibilidad a inundaciones en México, destacando que más del 8% del territorio nacional está en alto riesgo, subrayando la importancia de herramientas como los mapas de amenazas para la prevención.

En el contexto de Lajas, se han desarrollado mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo por inundación fluvial del río Jalqueño (Figura 2).

**Tabla 20.** Nivel de riesgo a inundaciones por desborde del río Jalqueño en Chota

	Nivel de riesgo	Área (ha)	%
	Muy alto	1.53	6.61%
	Alto	11.25	48.72%
	Medio	8.98	38.90%
	Bajo	1.33	5.77%



**Figura 2.** Riesgo a inundación en la llanura del río Jalqueño en Chota, Cajamarca

De otro lado, los resultados de la prueba estadística Z-test muestran que el nivel de riesgo, peligro y vulnerabilidad a inundación por el desborde del río Jalqueño en la ciudad de Lajas es alto ( $p \leq 0,05$ ) (Tabla 21).

El riesgo, peligro y vulnerabilidad se consideran altos debido a que superan el parámetro ponderado de 0.018, 0.134 y 0.134 respectivamente, establecido por

CENEPRED (2015) para calificar un riesgo alto en el caso de inundaciones fluviales. Estos resultados están respaldados por investigaciones anteriores, como las realizadas por Ticlla (2022) y González & Olivera (2022), que también señalaron niveles significativos de riesgo, peligro y vulnerabilidad en situaciones similares de desbordamiento de ríos de la provincia de Chota.

**Tabla 21.** Prueba Z-test del peligro, vulnerabilidad y riesgo a inundaciones fluvial

Parámetro	Hipótesis	N	Media	Desv. Est.	Error estándar	Límite inferior de 95% para $\mu$	Valor Z	Valor p
Riesgo	$H_0: \mu = 0.018$ $H_1: \mu > 0.018$	9386	0.037098	0.018739	0.000193	0.036780	98.74	0.000
Peligro	$H_0: \mu = 0.134$ $H_1: \mu > 0.134$	9386	0.25415	0.10001	0.00103	0.25245	116.39	0.000
Vulnerabilidad	$H_0: \mu = 0.134$ $H_1: \mu > 0.134$	9386	0.145381	0.045821	0.000473	0.144603	24.06	0.000

Nota: El riesgo es alto cuando el peso final del parámetro es superior a 0.018, en cambio el peligro y vulnerabilidad es alto cuando el peso final del parámetro es superior a 0.134 según CENEPRED (2015).

### CONCLUSIONES

El río Jalqueño puede desbordarse en épocas de lluvias intensas afectando a las viviendas e infraestructura aledaña a la ribera del río especialmente a aquellas que se encuentran a menos de 20 m del borde del río.

### Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento o patrocinio para ejecutar el trabajo de investigación.

### Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de interés con los contenidos del artículo.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abass, K., Buor, D., Afriyie, K., Dumedah, G., Segbefi, A. Y., Guodaar, L., & Gyasi, R. M. (2020). Urban sprawl and green space depletion: Implications for flood incidence in Kumasi, Ghana. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101915>

Ahmad, D., & Afzal, M. (2019). Household vulnerability and resilience in flood hazards from disaster-prone areas of Punjab, Pakistan. *Natural Hazards*, 99(1), 337-354.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11069-019-03743-9>

Bonasia, R., & Lucatello, S. (2019). Linking Flood Susceptibility Mapping and Governance in Mexico for Flood Mitigation: A Participatory Approach Model. *Atmosphere*, 10(8), 1-20. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/atmos10080424>

Botzen, W. W., Kunreuther, H., Czajkowski, J., & de Moel, H. (2019). Adoption of individual flood damage mitigation measures in New York City: An extension of Protection Motivation Theory. *Risk analysis*, 39(10), 2143-2159. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/risa.13318>

Camacho, J. M., & Chávez, R. (2022). *Riesgos hidrometeorológicos en el sureste mexicano (Quintana Roo): inundaciones urbanas*. Editores AM. [https://doi.org/https://www.cytex.org/sites/default/files/riesgos\\_hidrometeorologicos.pdf#page=19](https://doi.org/https://www.cytex.org/sites/default/files/riesgos_hidrometeorologicos.pdf#page=19)

Caramanica, A. (2022). Building resilience from risk: Interactions across ENSO, local environment, and farming systems on the desert north coast of Peru (1100BC–AD1460). *The Holocene*, 32(12), 1410-1421. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/09596836221121772>

- Cárdenas-Casas, N. J., Muñoz-Barragán, J. E., & Riaño, E. C. (2017). *Evaluación de amenaza por inundación en el sector Betania del municipio de Gachancipá, perteneciente a la cuenca alta del río Bogotá*. [Tesis para optar el título de especialista en recursos hídricos, Universidad Católica de Colombia]. <http://hdl.handle.net/10983/14628>
- CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales 02 versión*. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres.
- Cruzado, G., & Crisólogo, M. E. (2009). *Estudio de geología*. Gobierno Regional de Cajamarca. <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/GEOLOGIA.pdf>
- Cruzado, G., & Gonzales, R. (2020). Caracterización geológica, geomorfológica y geodinámica de la quebrada calispuquio, distrito, provincia y región Cajamarca. *Revista Caxamarca*, 19(1-2), 95-107. <https://doi.org/http://190.116.36.87/index.php/Caxamarca/article/view/85>
- Deepak, S., Rajan, G., & Jairaj, P. G. (2020). Geospatial approach for assessment of vulnerability to flood in local self governments. *Geoenvironmental Disasters*, 7(1), 1-19. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40677-020-00172-w>
- Ghaith, M., Yosri, A., & El-Dakhkhni, W. (2022). Synchronization-Enhanced Deep Learning Early Flood Risk Predictions: The Core of Data-Driven City Digital Twins for Climate Resilience Planning. *Water*, 14(22), 1-22. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14223619>
- González, B.W. & Olivera, C. E. (2023). *Niveles de riesgo de inundación fluvial generadas por las microcuencas Lanchecongá-Yamaluc y Alconis, Cochabamba, Chota, 2022*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/404>
- Gutiérrez, J. V., Rubiños, J. E., Fernández, D. S., Ramírez, C., Roblero, R., Gutiérrez, F. G., & Romero, M. E. (2022). Modelación hidráulica en Iber para prevención de inundaciones en la cuenca Tesechoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71), 160-181. <https://doi.org/DOI:10.29298/rmcf.v13i71.1238>
- INDECI. (2009). *Informe de emergencia N° 082-27/03/2009/COEN-SINADECI/11:00horas (Informe N° 3): Fenómenos hidrometeorológicos afectan al departamento de Cajamarca*. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). [https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/B7F97B72AD0AD15BC125758B002C979B-Informe\\_completo.pdf](https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/B7F97B72AD0AD15BC125758B002C979B-Informe_completo.pdf)
- INDECI. (2010). *Desborde del río Jalqueño en la Loc. de Lajas distrito de Lajas, provincia de Chota región Cajamarca (00037568)*. Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). [http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt\\_eme\\_situacion\\_emergencia.asp?EmergCode=00037568](http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt_eme_situacion_emergencia.asp?EmergCode=00037568)
- INDECI. (2017). *Compendio estadístico del INDECI 2017 Gestión reactiva*. Instituto Nacional de Defensa Civil. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1048401/20180227171454120200726-15599-1ptpifw.pdf>
- INDECI. (24 de marzo de 2022). *Cajamarca: autoridades locales evalúan*

- daños por lluvias en Lajas. *Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)*. <https://www.gob.pe/institucion/indeci/noticias/594824-cajamarca-autoridades-locales-evaluan-danos-por-lluvias-en-lajas>
- Kawasaki, A., Kawamura, G., & Zin, W. W. (2020). A local level relationship between floods and poverty: A case in Myanmar. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 42(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101348>
- Lino, C., & Contreras, C. (28 de marzo de 2023). ¿Se ha utilizado el gasto público para promover la reducción de la vulnerabilidad y la atención de emergencias de desastres? *IEP Instituto de Estudios Peruanos*. <https://iep.org.pe/noticias/critica-y-debates-se-ha-utilizado-el-gasto-publico-para-promover-la-reduccion-de-la-vulnerabilidad-y-la-atencion-de-emergencias-de-desastres-por-cristell-lino-y-cesar-contreras/#:~:text=El%20Instituto%20Nacional%20de%20Defensa>
- Manrique, M. L. (2021). *Determinación de los niveles y zonas de riesgos por inundación en el caserío Santa Rosa de Shapajilla*. [Tesis de maestría en Ciencias en agroecología mención en gestión ambiental, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1948>
- Morales-Ruano, J. V., Reyes-Umaña, M., Sandoval-Vásquez, F. R., Arellano-Wences, H. J., Gonzáles-Gonzáles, J., & Rodríguez-Alviso, C. (2022). Flood Susceptibility in the Lower Course of the Coyuca River, Mexico: A Multi-Criteria Decision Analysis Model. *Sustainability*, 14(9), 1-24. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su141912544>
- MTC. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas legales/1\\_0\\_2950.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas legales/1_0_2950.pdf)
- Nofal, O. M., & Van De Lindt, J. W. (2022). Understanding flood risk in the context of community resilience modeling for the built environment: Research needs and trends. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 7(3), 171-187. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23789689.2020.1722546>
- Portella, C. J., & Villafuerte, C. E. (2020). *Evaluación del riesgo de inundación del río cascajal en el entorno del Caserío de Sincape (distrito de Olmos) y análisis de alternativas de solución*. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Universidad Señor de Sipán]. <https://hdl.handle.net/20.500.12802/6954>
- Portner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., & Ibrahim, Z. Z. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability* (p. 3056). Geneva, Switzerland: IPCC. <https://doi.org/doi:10.1017/9781009325844>
- Ratcliffe, C., Congdon, W., Teles, D., Stanczyk, A., & Martín, C. (2020). From bad to worse: Natural disasters and financial health. *Journal of Housing Research*, 29(1), S25-S53. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10527001.2020.1838172>
- Rengifo-Rengifo, I. Y., Muñoz-Gomez, F. A., & Toro-Trochez, O. A. (2022). Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. *Revista*

- Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2), 29-44.
- Salgado, S. S., Molina-Blancas, E. J., & Guevara-Romero, M. L. (2022). Análisis espacial del riesgo de inundación a través de Sistemas de Información Geográfica: Caso sector Hacienda-Margarita, Puebla. *Ciencia Nicolaita*, 1(86), 97-110. <https://doi.org/https://doi.org/10.35830/cn.vi86.629>
- Sauer, J. (2022). *Pluvial Flood Risk Modeling, Assessment, and Management under Evolving Urban Climates and Land Cover*. [Doctoral dissertation, Arizona State University]. <https://www.proquest.com/openview/b3cff8849b98e7060477f6c596e321f2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Sugianto, S., Deli, A., Miswar, E., Rusdi, M., & Irham, M. (2022). The effect of land use and land cover changes on flood occurrence in Teunom Watershed, Aceh Jaya. *Land*, 11(8), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/land11081271>
- Sulca, S., Calle, V., & Acuña, D. (2022). Patrón oceánico-atmosférico de macroescala asociado a las sequías meteorológicas extremas en la sierra sur del Perú. *Ecología Aplicada*, 21(1), 57-66. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21704/rea.v21i1.1875>
- Szlafstein, C. F., & de Araújo, A. N. (2021). Autonomous flood adaptation measures in Amazonian cities (Belem, Brazil). *Natural Hazards*, 108(1), 1069-1087. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11069-021-04720-x>
- Tanaka, T., Kiyohara, K., & Tachikawa, Y. (2020). Comparison of fluvial and pluvial flood risk curves in urban cities derived from a large ensemble climate simulation dataset: A case study in Nagoya, Japan. *Journal of Hydrology*, 584(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124706>
- Tellman, B., Sullivan, J. A., Kuhn, C., Kettner, A. J., Doyle, C. S., Brakenridge, G. R., . . . Slayback, D. A. (2021). Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. *Nature*, 596(7870), 80-86. <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/s41586-021-03695-w>
- Ticlla, Y.W. (2022). *Evaluación del nivel de riesgo a inundación según la metodología CENEPRED, en el río San Mateo, tramo puente "San Mateo" al puente "Lloque Yupanqui", Chota*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://hdl.handle.net/20.500.14142/205>
- Wang, X., Xia, J., Zhou, M., Deng, S., & Li, Q. (2022). Assessment of the joint impact of rainfall and river water level on urban flooding in Wuhan City, China. *Journal of Hydrology*, 613(A), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128419>
- Xing, Z., Yang, S., Zan, X., Dong, X., Yao, Y., Liu, Z., & Zhang, X. (2023). Flood vulnerability assessment of urban buildings based on integrating high-resolution remote sensing and street view images. *Sustainable Cities and Society*, 92(1), 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104467>

### Contribución de autoría

1. Karina del Rocio Yrigoín Medina:  
Concepción y elaboración del  
manuscrito.

2. Roberto Carlos Vásquez Castro:  
Análisis de datos.

3. Luis Alberto Orbegoso Navarro:  
Concepción y elaboración del  
manuscrito.

Recibido: 12-12-2023 Aceptado: 12-07-2024 Publicado:31-07-2024