

RESUMEN PARA TOMADORES
DE DECISIÓN

EVALUACIÓN NACIONAL DE LAGUNAS GLACIARES CON RIESGO DE DESBORDE



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



EVALUACIÓN NACIONAL DE LAGUNAS GLACIARES CON RIESGO DE DESBORDE

Hilbert Villafane Gomez¹, Paola Moschella Miloslavich¹, Enver Melgarejo Romero¹, Manuel Cosi Fajardo¹, Angel Salas Colca¹, Adriana Caballero Bedriñana¹, Heraldo Palomino Gutiérrez¹, Sara Cachay Villacorta¹, Romyna Huamán Espinoza¹

¹Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña

RESUMEN

El objetivo principal del estudio es **clasificar las lagunas de origen glaciar según su nivel de riesgo de desborde, a nivel nacional**. Se ha utilizado una metodología que combina el análisis de susceptibilidad al peligro mediante árboles de decisión para cuatro escenarios de origen del desborde, el proceso de análisis jerárquico y la estimación de viviendas expuestas. La información se basa en el Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar del Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), en el registro de eventos pasados de desbordes violentos de lagunas glaciares (GLOF, por sus siglas en inglés), en imágenes satelitales y en otras fuentes secundarias.

Se han identificado 528 lagunas de origen glaciar con riesgo de desborde en 8 departamentos del Perú: Áncash, Cusco, Lima, Puno, Junín, Huánuco, Pasco y Arequipa. De estas, 58 lagunas presentan un nivel de «riesgo muy alto». Se concluye que el cambio climático está acelerando el retroceso glaciar y la formación de nuevas lagunas, lo que incrementa, en muchos casos, el peligro de desbordes y, en consecuencia, la generación de aluviones.

Los resultados de este estudio empoderan a las autoridades, ya que les brindan valiosa información para tomar decisiones sobre la gestión estratégica de sus zonas de riesgo. Las medidas esperadas incluyen la implementación de proyectos de prevención y mitigación, así como la información y sensibilización de la población vulnerable. De esta manera, se puede evitar pérdidas humanas, proteger los medios de vida y preservar los ecosistemas de montaña.

Palabras clave: *laguna glaciar, GLOF, aluvión, riesgo de desastre.*

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y CONTEXTO CLIMÁTICO

El calentamiento global está acelerando el derretimiento de los glaciares y modificando las formas de precipitación, lo que aumenta significativamente la formación y el crecimiento de las lagunas glaciares en el Perú. En consecuencia, se incrementan los peligros de origen glaciar, como el desborde violento de lagunas glaciares, también conocido como GLOF.



El Perú es el tercer país con mayor riesgo de desbordamientos de lagunas a nivel mundial¹, lo que pone en peligro la vida de las personas y sus medios de subsistencia, especialmente en las regiones montañosas.

¹Taylor et al., 2023

El desborde violento de lagunas glaciares (GLOF) suele desencadenarse por una avalancha de hielo o una mezcla de hielo y rocas que impacta en una laguna, generando un fuerte oleaje. Estas olas pueden desbordar o destruir el dique de una laguna glaciar, provocando un aluvión capaz de destruir viviendas, infraestructuras, cultivos y ecosistemas.

BLOQUE GLACIAR

CAIDA DE HIELO Y ROCAS

OLAS DE IMPULSO

RUPTURA DE DIQUE

ALUVIÓN

Aluvión: masa de lodo, hielo y rocas que se desplaza velozmente por la quebrada o el cauce de un río, arrastrando todo lo que encuentra a su paso.



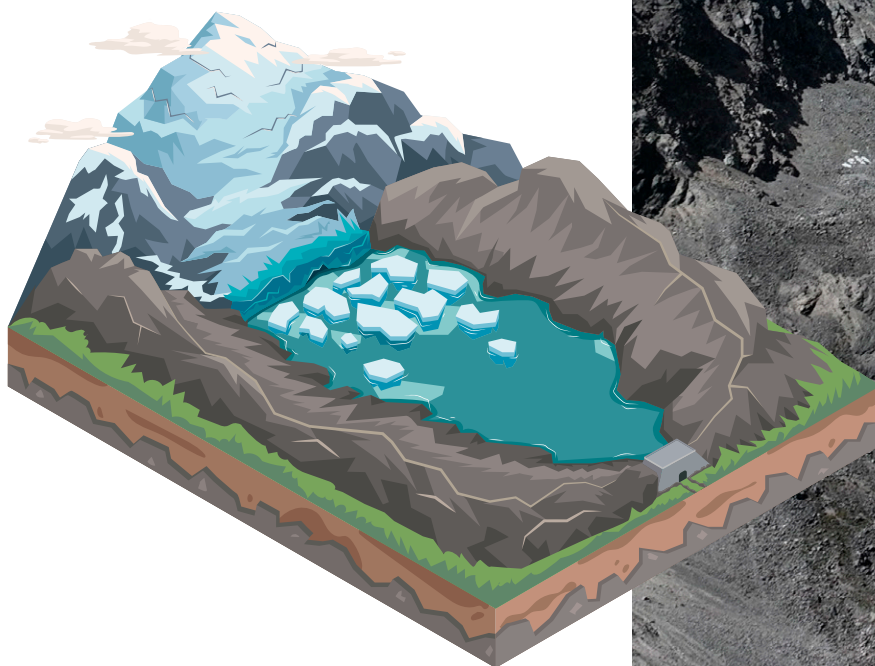
Proceso de desborde violento de lagunas glaciares (GLOF)

La preocupación de la sociedad y el compromiso de los tomadores de decisión por los eventos de desborde de lagunas glaciares es fundamental debido a sus devastadoras consecuencias. Un evento GLOF puede ocasionar la pérdida de vidas humanas, así como la destrucción de viviendas e infraestructuras esenciales, como carreteras, puentes, sistemas de comunicación y de riego. Esto no solo impacta a nivel local, sino que también tiene repercusiones considerables a nivel regional. Además, las consecuencias económicas de un aluvión son profundas, ya que los costos de la reconstrucción pueden ser exorbitantes para los gobiernos en todos los niveles.



Un aluvión retrasa el desarrollo, ya que afecta a pueblos y ciudades que han invertido años en construir su infraestructura y mejorar su calidad de vida; por lo que, la prevención es clave para evitar estas pérdidas.

Existen experiencias de acciones para abordar esta amenaza, como el control del nivel del agua en las lagunas, la construcción de obras de seguridad, la implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) y la señalización de rutas de evacuación. No obstante, estas acciones no son suficientes para reducir el riesgo de desborde de lagunas glaciares en el país.





Laguna Upiscocha

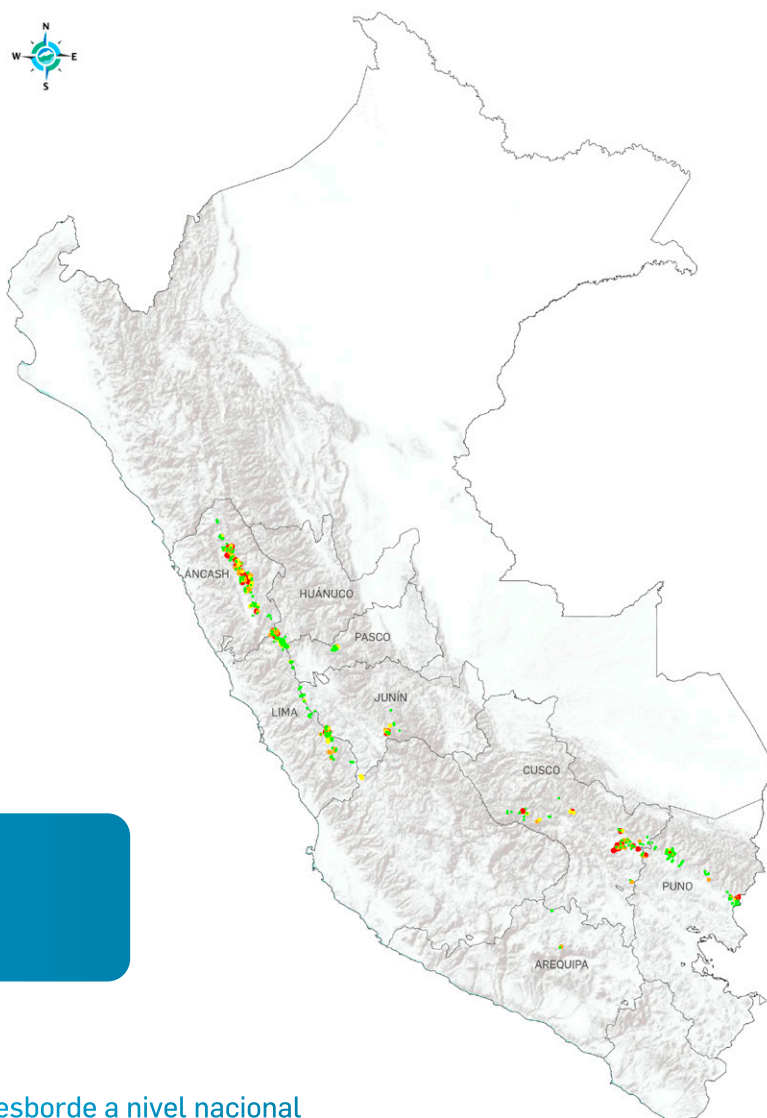
RESULTADOS OBTENIDOS

528

Lagunas de origen glaciar con riesgo de desborde

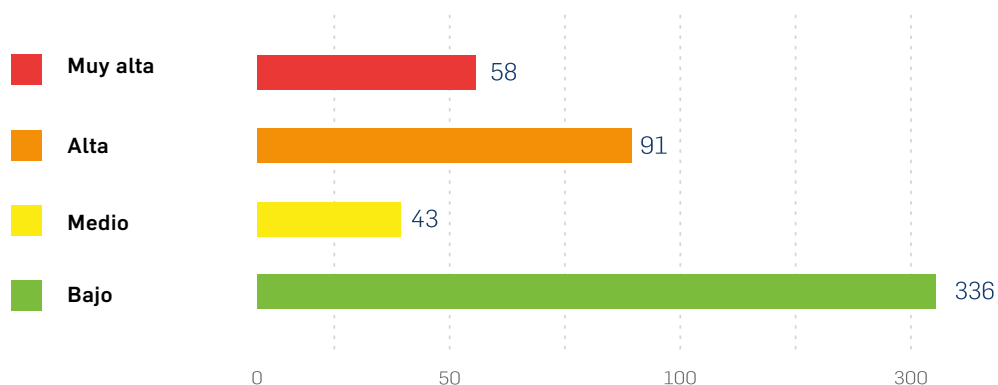
Representa el 6 % de todas las lagunas glaciares del país

Mayor concentración en los Andes centrales (cordilleras Blanca y Central) y en los Andes del sur (cordilleras Vilcanota y Carabaya)



Sources: Esri, USGS, NOAA

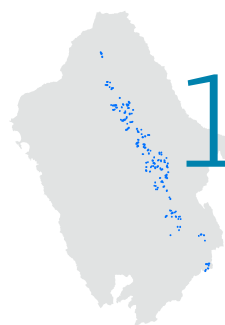
Nivel de riesgo de desborde a nivel nacional



Un tercio de todas las lagunas glaciares con riesgo de desborde se encuentra en la Cordillera Blanca con 156. Le sigue la cordillera Central con 68 lagunas, Vilcanota con 53, Carabaya con 47, Raura con 46, La Viuda con 34, Huayhuash con 30, Apolobamba con 25, Huaytapallana con 18, Vilcabamba con 17 y Huagoruncho con 16. Otras 6 cordilleras cuentan con menos de 5 lagunas con riesgo de desborde. Existen 3 cordilleras cuyas lagunas glaciares no evidencian tener riesgo de desborde; estas son Ampato, Volcánica y Barroso, en la zona sur occidental.

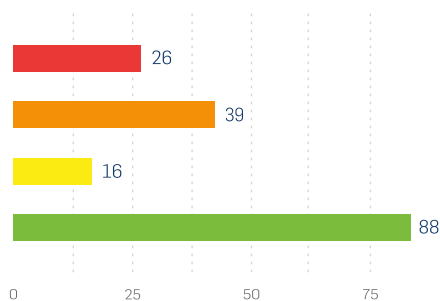
A NIVEL DEPARTAMENTAL

ANCASH



169

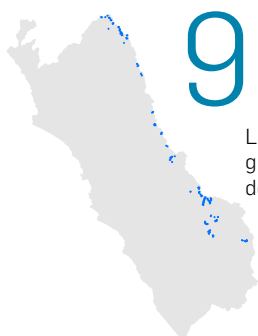
Lagunas de origen glaciar con riesgo de desborde



Representa el 32 % del total de lagunas con riesgo de desborde a nivel nacional.

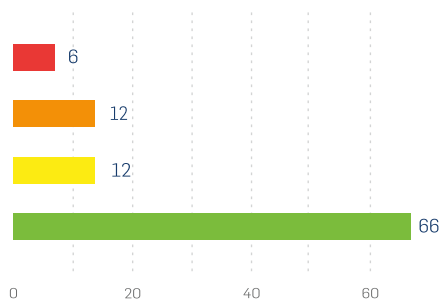
La mayor cantidad de estas lagunas se ubican en las provincias de Huaylas y Huaraz.

LIMA



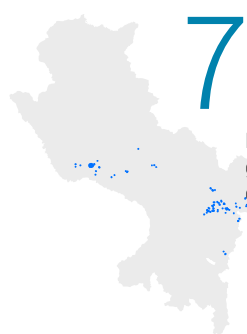
96

Lagunas de origen glaciar con riesgo de desborde



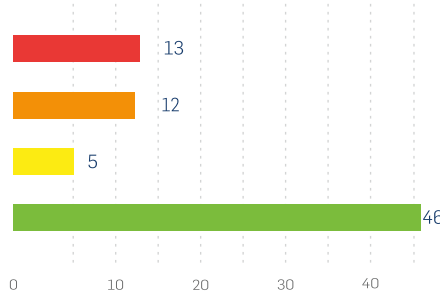
En su mayoría, se encuentran en las provincias de Yauyos, Huarochirí, Oyón y Cajatambo.

CUSCO



76

Lagunas de origen glaciar con riesgo de desborde



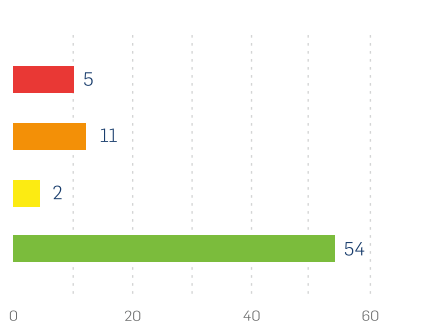
El 85 % se ubica en las provincias de Quispicanchis y Canchis, y el porcentaje restante en La Convención y Calca.

PUNO



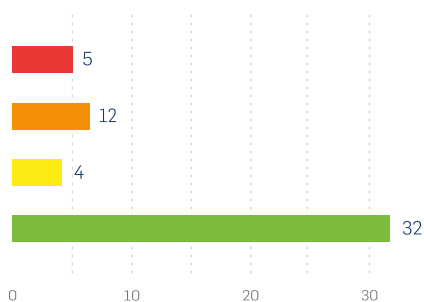
72

Lagunas de origen glaciar con riesgo de desborde



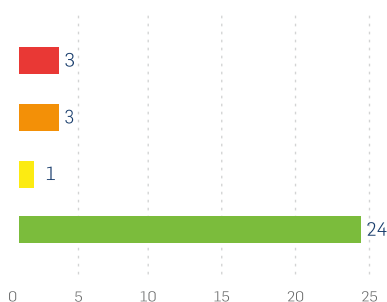
Principalmente, se ubican en las provincias de Carabaya y San Antonio de Putina.

JUNÍN



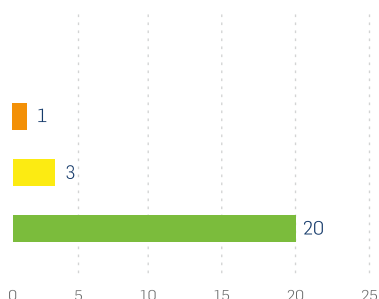
Casi la mitad, se encuentra en la provincia de Yauli.

HUÁNUCO



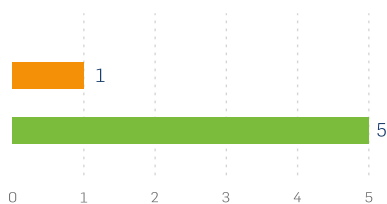
Todas se concentran en la provincia de Lauricocha.

PASCO



El 75 % se ubica en la provincia de Pasco.

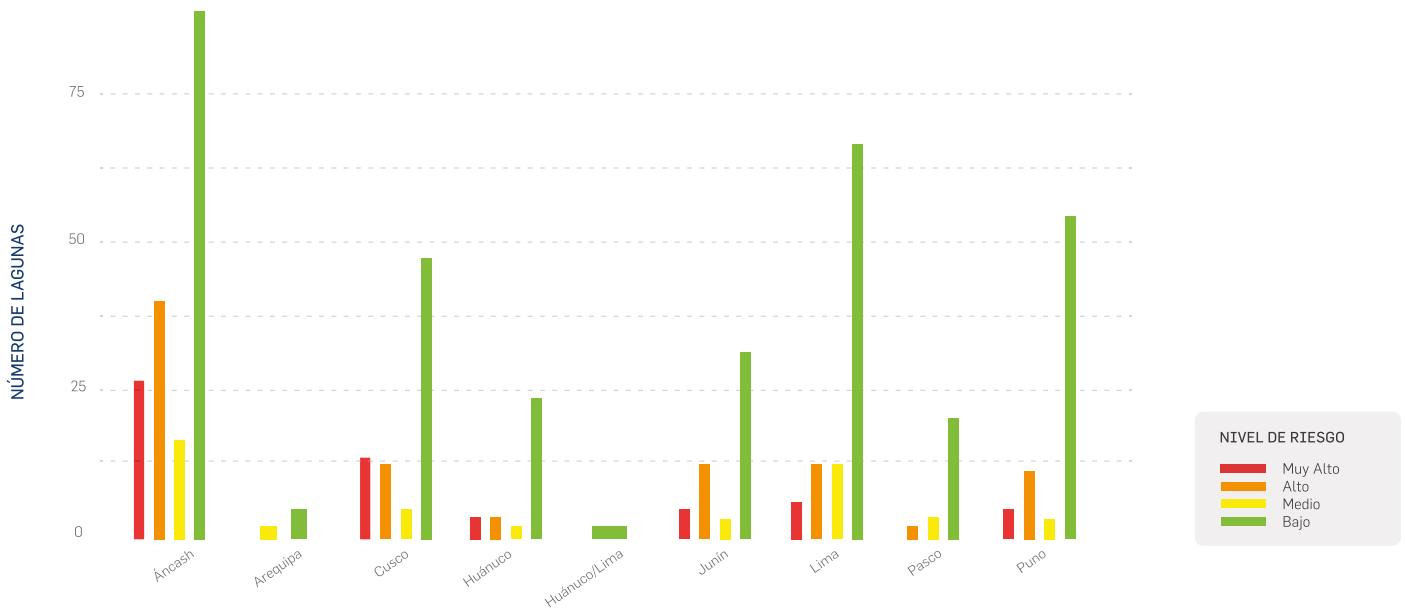
AREQUIPA



Todas se concentran en las provincias de Castilla y La Unión.

Además, se ha identificado 1 laguna compartida entre Huánuco y Lima que tiene un nivel de «riesgo bajo».

En resumen:



Lagunas glaciares con riesgo de desborde por departamento y nivel de riesgo

DEPARTAMENTO	NIVEL DE RIESGO				TOTAL DE LAGUNAS GLACIARES
	MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO	
ÁNCASH	26	39	16	88	169
CUSCO	13	12	5	46	76
LIMA	6	12	12	66	96
PUNO	5	11	2	54	72
JUNÍN	5	12	4	32	53
HUÁNUCO	3	3	1	24	31
PASCO		1	3	20	24
AREQUIPA		1		5	6
HUÁNUCO/LIMA				1	1
	58	91	43	336	528

Número de lagunas según nivel de riesgo por departamento

LAGUNAS CON LOS VALORES MÁS ALTOS DE RIESGO EN EL PERÚ

En primer lugar se encuentra la laguna Upiscocha, alimentada por el nevado Ausangate, en la provincia de Quispicanchi, en Cusco. Esta laguna tiene un volumen de más de 17 millones de metros cúbicos y presentó un desborde en el año 2022. Aguas abajo se encuentran los centros poblados de Yanama, Ocongate, Ccarhuayo y otros, los cuales están expuestos al peligro de desborde.



Laguna Upiscocha y la huella de desborde

En segundo lugar se encuentra la laguna Palcacocha, localizada en la provincia de Huaraz, en Áncash. Aguas abajo se encuentra la ciudad de Huaraz, la cual ya fue afectada por un evento GLOF en 1941, que ocasionó más de 1800 fallecimientos. Actualmente, se han identificado más de 6000 viviendas expuestas al peligro de desborde de esta laguna.



Laguna Palcacocha y su sistema de sifonaje

CONCLUSIONES PRINCIPALES

De los 14 departamentos con presencia de lagunas de origen glaciar, 8 tienen lagunas con riesgo de desborde.

Se han identificado 528 lagunas glaciares con riesgo de desborde a nivel nacional. El departamento de Áncash concentra la mayor cantidad con 169, seguido de Lima con 96 y Cusco con 76.

58 lagunas de origen glaciar tienen el nivel de riesgo «muy alto». 26 se ubican en el departamento de Áncash, seguido de Cusco con 13 y Lima con 6.

La laguna de origen glaciar con mayor susceptibilidad y riesgo de desborde es Upiscocha, ubicada en la provincia de Quispicanchi, en el departamento de Cusco, en la cordillera Vilcanota. Le sigue la laguna Palcacocha, ubicada en la provincia de Huaraz, en el departamento de Áncash, en la Cordillera Blanca.

Las ciudades de Huaraz y Huancayo, capitales de los departamentos de Áncash y Junín, respectivamente, se encuentran expuestas a un riesgo «muy alto» ante posibles aluviones por desborde de lagunas de origen glaciar.

RECOMENDACIONES CLAVES PARA TOMADORES DE DECISIÓN

Los tomadores de decisión desempeñan un rol fundamental en la construcción de una sociedad más preparada y proactiva para enfrentar los desafíos de los riesgos, como el desborde de lagunas de origen glaciar. El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD) confía a las autoridades regionales y locales la labor de mitigar el riesgo existente para proteger a su población y sus medios de vida.

Mitigar el riesgo: adoptar medidas preventivas para reducir los impactos de un aluvión.



Es urgente profundizar en los estudios de evaluación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo de aluvión por el desborde de lagunas de origen glaciar, de manera prioritaria en las lagunas con mayor riesgo. Contar con información detallada permitirá implementar medidas oportunas y efectivas.



Es fundamental establecer y mantener un nivel de agua seguro en las lagunas con mayor riesgo. El monitoreo constante del nivel permitirá detectar a tiempo cualquier variación en el volumen de agua que pueda desencadenar un desborde violento, causado por la caída de rocas o hielo.

Es muy necesario identificar y señalar claramente las rutas de evacuación y las zonas seguras en lugares expuestos a aluviones. Esta medida brinda seguridad a la población y facilita su preparación y evacuación eficaz en caso de un evento, salvaguardando sus vidas y bienes.

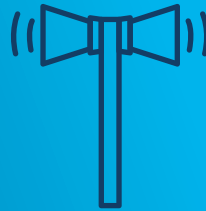


RECOMENDACIONES CLAVES PARA TOMADORES DE DECISIÓN



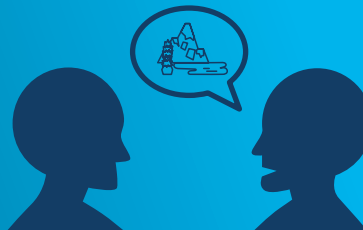
Se debe evaluar el estado actual de las obras de seguridad existentes en lagunas con riesgo de desborde, para conocer su situación y proponer soluciones de mejora o rehabilitación de la infraestructura que garanticen su buen funcionamiento.

Para optimizar la capacidad de respuesta ante un aluvión, es necesario implementar sistemas de monitoreo y sistemas de alerta temprana con el uso de tecnologías de medición en tiempo real. Esto reducirá los impactos en la población de manera significativa.



Es importante fortalecer los instrumentos de zonificación de uso de suelo urbano y de gestión urbana y territorial para desarrollar ciudades seguras y resilientes. Se debe evitar la ocupación de zonas de riesgo y fomentar la ocupación de áreas seguras.

Al fortalecer las capacidades de las instituciones y de las poblaciones expuestas al peligro de aluviones, se construyen sociedades más seguras, resilientes y sostenibles.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Frey, H., Huggel, C., Paul, F., & Haerberli W. (2010). Automated Detection of Glacier Lakes Based on Remote Sensing in View of Assessing Associated Hazard Potentials. *Proceedings 10th International Symposium on High Mountain Remote Sensing Cartography*, 23–30.

Glacier and Permafrost Hazards in Mountains - GAPHAZ (2017). *Evaluación de peligros por glaciares y permafrost en regiones de montaña – Documento técnico de orientación*. Zurich, Suiza / Lima, Perú, 72 pp.

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2020). Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Huaraz, distritos de Huaraz e Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash. Huaraz – Perú. 122 pp. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/f6624935-6caf-4a57-a3aa-13f6daf368e6/download>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2020b). Evaluación del riesgo por aluvión en la ciudad de Caraz, distrito de Caraz, provincia de Huaylas, departamento de Áncash. Huaraz – Perú, 185 pp. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/7a58980a-db60-49bc-988e-3f79ec230de1/download>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2020c). Evaluación de riesgo por aluvión en la parte baja de la subcuenca del río Blanco – Santa Cruz, distrito de Santa Cruz, provincia de Huaylas, departamento de Áncash. 152 p. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/e2acdfd6-681d-4aae-9d76-9a7b18009d3d/download>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2022). Reporte de inspección - laguna Upiscocha. Huaraz – Perú. 14 pp. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/724070bc-2657-406d-a5a9-dac56e0a11f7/download>

Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM (2023). Memoria Descriptiva del Inventario Nacional de Glaciares y Lagunas de Origen Glaciar, Huaraz – Perú. <https://repositorio.inaigem.gob.pe/bitstreams/5b445865-bda9-4e8a-84ad-01299bb19fd0/download>

Taylor, C., Robinson, T. R., Dunning, S., Rachel Carr, J., & Westoby, M. (2023). Glacial lake outburst floods threaten millions globally. *Nature Communications*, 14(1), 487. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36033-x>

