



**DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARES
SUBDIRECCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS A GLACIARES**

INFORME TÉCNICO N° 001-2025-INAIGEM-INGEMMET

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

Distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash



MAYO, 2025

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

**Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña -
INAIGEM**

Dirección de Investigación en Glaciares

Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares

Av. Centenario 2656 - Sector Palmira, Independencia, Huaraz, Áncash, Perú

Título: Inspección técnica del aluvión en la subcuenca Casca debido al desborde de lagunas glaciares el 28 de abril de 2025.

Teléfono: +51 (043) 643460

Web: <https://www.gob.pe/inaigem>

1a. edición – Junio 2025

Depósito Legal N° 2025-05568

**Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña -
INAIGEM**

Dra. Beatriz Fuentealba Durand

Presidenta Ejecutiva del INAIGEM

Equipo técnico:

Dra. Paola Moschella Miloslavich

Directora

Dirección de Investigación en Glaciares - DIG

Mag. Vladimir Cuisano Marreros

Subdirector

Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares - SDRAG

Ing. Adriana Caballero Bedriñana

Especialista en Ingeniería Civil

Ing. Hilbert Villafane Gomez

Especialista en Modelamiento de Alta Montaña

Ing. Enver Melgarejo Romero

Especialista en Geomática de Alta Montaña

Ing. Manuel Cosi Fajardo

Especialista en Geología - Geotecnia

Ing. Angel Salas Colca

Especialista en Geología

Bach. Heraldo Osnard Palomino Gutierrez

Practicante Profesional en Modelamiento de Alta Montaña

Bach. Xavier Francisco Chavez Champi

Practicante Profesional de Ingeniería Geológica

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET

Ing. Bilberto Luis Zavala Carrión
Director (e) de Geología Ambiental y Riesgo Geológico


Ing. Segundo Núñez Juárez
Jefe del Proyecto de Act. 16: Servicio de Asistencia Técnica
en la Evaluación de Peligros Geológicos a nivel Nacional

Ing. Guisela Choquenaira Garate
Especialista en Peligros Geológicos

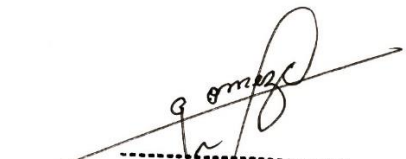
Ing. Wilson Gomez Cahuaya
Especialista en Geología, Geomorfología Glaciar y Movimientos en Masa



.....
Ing. **BILBERTO ZAVALA CARRIÓN**
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET



.....
Ing. **GUISELA CHOQUENAIRA GARATE**
Especialista en movimientos en masa
INGEMMET



.....
**ELMER WILSON
GOMEZ CAHUAYA**
Ingeniero Geólogo
CIP N° 349957

TABLA DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	6
1.1	Antecedentes.....	7
1.2	Objetivos	7
1.2.1	Objetivo general	7
1.2.2	Objetivos específicos.....	7
1.3	Metodología.....	8
1.3.1	Flujo metodológico general.....	8
1.3.2	RPAS	8
2	ASPECTOS GENERALES	10
2.1	Ubicación.....	10
2.2	Unidad hidrográfica.....	10
2.3	Accesibilidad.....	10
3	CARACTERIZACIÓN FÍSICA	12
3.1	Geología.....	12
3.2	Geomorfología.....	17
4	DESCRIPCIÓN DEL EVENTO	19
4.1	Evento GLOF del 26 de marzo del 2025.....	19
4.2	Evento GLOF del 28 de abril de 2025.....	21
4.2.1	Condiciones meteorológicas previas al 28 de abril	22
4.2.2	Descripción del GLOF	22
4.2.3	Desencadenante del evento GLOF del 28 de abril del 2025.....	24
4.2.4	Flujo de detritos aguas abajo.....	26
4.3	Características de las lagunas.....	29
4.3.1	Variación de las lagunas A y B	30
4.3.2	Lagunas en formación en contacto con el glaciar	31
5	IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS AFECTADOS.....	34
6	CONCLUSIONES.....	41
7	RECOMENDACIONES.....	43
8	BIBLIOGRAFÍA.....	44

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
 EL 28 DE ABRIL DE 2025**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de trabajo	8
Figura 2. DEM y ortomosaico del aluvión del 28.04.2025 en la microcuenca Llaca	9
Figura 3. Mapa de ubicación de las lagunas (A) y (B) en la subcuenca Casca	11
Figura 4. Ubicación del evento GLOF en la microcuenca Llaca	11
Figura 5. Afloramientos de la Formación Sapotal y el Batolito de la Cordillera Blanca	13
Figura 6. Afloramientos del Batolito de la Cordillera Blanca (BCB)	14
Figura 7. Depósitos cuaternarios alojados en la parte media y alta del flanco derecho del valle glaciar de Llaca	15
Figura 8. Mapa geológico	16
Figura 9. Geoformas originadas por la acción glaciar, periglacial y movimientos en masa que modelaron el relieve actual	18
Figura 10. Comparación de imágenes satelitales antes y después del primer evento (26 de marzo)	19
Figura 11. Identificación del desencadenante del primer evento (flujo de detritos), fotografía correspondiente al 23 de abril del 2025	20
Figura 12. Laguna A después del evento del 26 de marzo del 2025	20
Figura 13. Mapa de cartografía geodinámica del aluvión del 26 de marzo de 2025	20
Figura 14. Precipitación registrada en la estación Cojup – Palcacocha	22
Figura 15. Perfil que muestra la cadena de procesos del GLOF del 28 de abril de 2025	22
Figura 16. Laguna A después del evento del 28 de abril del 2025	23
Figura 17. Mapa de vista en planta del aluvión	23
Figura 18. Vista del afloramiento muy fracturado y meteorizado, factor que coadyuvó al derrumbe del 28 de abril del 2025 (línea en rojo).....	25
Figura 19. Vista del derrumbe acontecido el 28 de abril del 2025 (rojo).....	25
Figura 20. Vista del derrumbe acontecido el 28 de abril del 2025 (rojo). Inspección del 1 de mayo de 2025	26
Figura 21. Comparación de imágenes satelitales antes y después del evento GLOF del 28 de abril.....	27
Figura 22. Flujo de detritos en la confluencia con la microcuenca Llaca	27
Figura 23. Mapa de cartografía geodinámica del aluvión del 28 de abril de 2025	28
Figura 24. Mapa del registro del aluvión de 28 de abril de 2025 sobre imagen satelital.	28
Figura 25. Vista de la caverna de hielo y macizo rocoso en la laguna C	31
Figura 26. Zona de descarga de la laguna D hacia la laguna C	32
Figura 27. Vista panorámica de las Lagunas C y D	32
Figura 28. Laguna en formación D.....	33
Figura 29. Mapa de elementos afectados por el GLOF del 28 de abril de 2025.....	35
Figura 30. Afectación 1, Carretera Huaraz a laguna Llaca (parte alta), pérdida de parte de la plataforma, en un tramo de aproximadamente 200 m.	36
Figura 31. Afectación 2, Puente desvío Llaca a Willcahuain, infraestructura arrasada por el aluvión.	36
Figura 32. Afectación 3, Carretera desvío de Llaca a Willcahuain, pérdida de parte de la plataforma, flujo de lodos y bloques de roca depositados.	37
Figura 33. Afectaciones 4 y 5, Canal Cachipampa, canal de irrigación colmatado y rebasado con lodo, afectación de algunos campos de cultivo (colindante a la carretera Willcahuain - Llaca).....	37
Figura 34. Afectación 6, Puente a Uquia, estructura a punto de colapsar, se visualizan bases de estribos socavados y superestructura totalmente dañada.	38
Figura 35. Afectación 7, Puente Uqramaran, infraestructura arrasada por el aluvión. .	38

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 36. Afectación 13, Puente cruce Av. Independencia, socavación en el fondo del cauce, deja expuestas las bases de los estribos del puente. 39
Figura 37. Afectación 14, Defensa ribereña parte baja, socavación en la base del muro de protección del cauce (parte baja), riesgo de colapso 39
Figura 38. Afectación en el área urbana del distrito de independencia 40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accesibilidad a las lagunas A y B..... 10
Tabla 2. Características de las lagunas antes del primer evento (26 de marzo)..... 30
Tabla 3. Características de las lagunas después del primer evento (26 de marzo) 30
Tabla 4. Características de las lagunas después del segundo evento (28 de abril) 30
Tabla 5. Características de las lagunas C y D 31

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

1 INTRODUCCIÓN

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña (INAIGEM), en cumplimiento con sus competencias como entidad técnica-científica en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), ha elaborado la inspección técnica del aluvión en la subcuenca Casca en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash ocurrido el día de 28 de abril de 2025.

Este trabajo fue realizado por la Dirección de Investigación en Glaciares (DIG), a través de la Subdirección de Riesgos Asociados a Glaciares (SDRAG) mediante su actividad operativa de “Evaluación del peligro y riesgo asociados a glaciares”, contribuyendo de esta manera, con las entidades del SINAGERD, al ofrecer una información oportuna sobre la caracterización del desborde súbito de dos lagunas glaciares en la subcuenca Casca - Huaraz, originado por el impacto de movimientos en masa de detritos sobre su cuerpo de agua. Este tipo de evento es conocido como GLOF, por sus siglas en inglés.

En el marco del Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el **Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET** y el **Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña - INAIGEM**, ambas entidades desarrollaron la inspección técnica en la subcuenca de Casca (Independencia, Huaraz, Áncash), para caracterizar el aluvión ocurrido el 28 de abril de 2025. Esta inspección se llevó a cabo el 1 de mayo de 2025, de manera conjunta, a partir del cual se elaboró el presente informe técnico colegiado.

La inspección técnica fue realizada en tres etapas: la primera fue de “Precampo”, donde se buscó información de antecedentes de los reportes asociados a la actividad operativa de “Monitoreo del peligro en lagunas y glaciares priorizados” de la SDRAG, así como información satelital histórica e información geológica y geomorfológica del ámbito de estudio; la segunda etapa consistió en la “Inspección de campo”, la cual se desarrolló durante los días 28 de abril y el 1 de mayo de 2025, en esta actividad se realizó un sobrevuelo con un vehículo aéreo no tripulado (RPAS, por sus siglas en inglés).

La tercera etapa consistió en el trabajo de gabinete, en el cual se procesó la información obtenida mediante RPAS. Como resultado, se generó un ortomosaico de alta resolución espacial (5 cm) y un modelo digital de elevación (DEM, por sus siglas en inglés) con una resolución de 9 cm. Estos datos fueron fundamentales para el análisis de los procesos GLOF, lo que permitió caracterizar dicho fenómeno en el ámbito de la microcuenca Llaca, en coordinación con los profesionales del INGEMMET.

Finalmente, el presente informe de inspección técnica incluye conclusiones y recomendaciones, la cuales se ponen a disposición de la Municipalidad Distrital de Independencia, la Municipalidad Provincial de Huaraz y el Gobierno Regional de Áncash, así como las entidades técnicas y asesoras del SINAGERD, tales como el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastre (CENEPRED) y el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI); para que cada entidad implemente las acciones y/o medidas que les corresponde, de acuerdo con sus competencias y en el marco de lo establecido en la normativa vigente.

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

1.1 Antecedentes

El desborde súbito de laguna glaciar (GLOF) es un proceso relativamente común en el ambiente glaciar, desde finales de la pequeña edad de hielo, el retroceso de los glaciares ha originado lagunas nuevas, y ha aumentado el volumen de las lagunas preexistentes, volviendo este proceso mucho más frecuente. De este modo, en el Perú se tiene registro de 142 eventos GLOF hasta finales del año 2024.

Desde el 2021 se lleva a cabo el monitoreo periódico de dos lagunas en formación (en contacto con el glaciar y continua evolución) ubicadas al pie del nevado Vallunaraju (lagunas diferentes a las lagunas del desborde). Dicho monitoreo se realiza mediante el uso de drones con la finalidad de evaluar su crecimiento y los peligros asociados.

En lo que va del año 2025, se han registrado tres eventos GLOF en la cordillera Blanca: el primero ocurrió el 3 de marzo en la laguna Cancahua; el segundo, el 26 de marzo, correspondiente al primer desborde de las dos lagunas al sur del nevado Vallunaraju; y el tercero, el 28 de abril, fue el segundo desborde de las mismas lagunas.

El 26 de marzo del 2025 se originó un desborde súbito de baja magnitud de las lagunas al sur del nevado Vallunaraju A y B desencadenado por un movimiento en masa de detritos del material depositado en el fondo de valle aguas arriba de la primera laguna (A). Este desborde produjo un aluvión (flujo de detritos) que fue disipado en la quebrada Llaca. Este aluvión destruyó un tramo de 20 m de la carretera afirmada Huaraz – laguna Llaca. Al respecto, y en el marco de nuestras competencias, el INAIGEM realizó dos visitas de campo con fines de investigación para analizar el evento ocurrido. A partir de la observación en campo se programó realizar estudios con mayor detalle.

El 28 de abril del 2025 se originó un segundo desborde súbito de gran magnitud de las mismas lagunas, pero esta vez desencadenado por un derrumbe que impactó en la laguna (A), liberando todo el volumen de agua hacia la laguna segunda (B) y generando un aluvión (flujo de detritos) aguas abajo. Este aluvión llegó hasta la parte baja de la subcuenca Casca causando daños y pérdidas en las viviendas del distrito de Independencia.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Caracterizar la dinámica del desborde súbito de las lagunas glaciares en la microcuenca Llaca, ubicado en el Distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash; ocurrido el 28 de abril de 2025.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el entorno físico de las lagunas A y B.
- Determinar los factores condicionantes y desencadenantes del desborde de las lagunas glaciares en la microcuenca Llaca.
- Describir el proceso físico del evento GLOF ocurrido el día 28 de abril del 2025.
- Brindar recomendaciones para ser implementadas por parte de las entidades competentes para la reducción del riesgo.

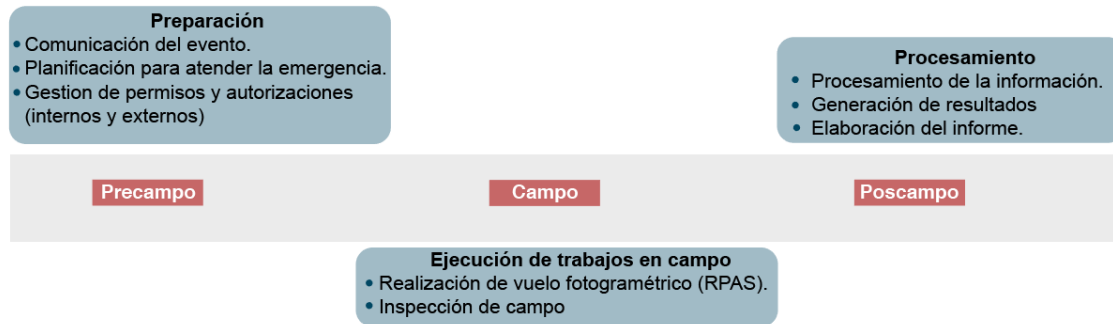
INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

1.3 Metodología

1.3.1 Flujo metodológico general

El presente trabajo se desarrolló siguiendo el presente flujograma:

Figura 1. Flujograma de trabajo



Fuente: INAIGEM (2025)

1.3.2 RPAS

Consiste en generar información geoespacial mediante vuelos con sistema de aeronave pilotadas remotamente para el cartografiado del ámbito de influencia directa del evento GLOF ocurrido el 28 de abril de 2025 en las lagunas A y B, y para ellos se hizo las siguientes etapas:

a) Preparación preliminar para vuelo RPAS.

Se realizaron vuelos manuales en la zona del GLOF, y planes de vuelos en la zona intermedia y baja de la subcuenca, considerando la forma del territorio y estimando áreas afectadas por el evento del aluvión.

b) Trabajo en campo

Etapa donde se hizo los ajustes de los planes de vuelo según la forma del territorio y el ámbito de influencia del evento mencionado a ser registrado, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y la integridad del equipo RPAS, así mismo se indica las características del equipo tecnológico empleado:

- Equipo RPAS: Mavic 3 Multiespectral.
- Cámara RGB: 20 MP
- Control remoto: DJI RC Pro
- Cámara Multiespectral: CMOS, pixeles efectivos 5 MP
- GNSS: GPS + Galileo + GLONASS
- Almacenamiento: SD de 64 Gb
- Batería: 5000 mAh a 15,4 voltios

En esta inspección a campo se usó la cámara RGB para registrar la zona afectada por GLOF, donde las imágenes registradas son a colores producto de la composición de las bandas (R: Red, G: Green, B: Blue, por sus siglas en inglés).

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

c) Procesamiento de información de vuelo

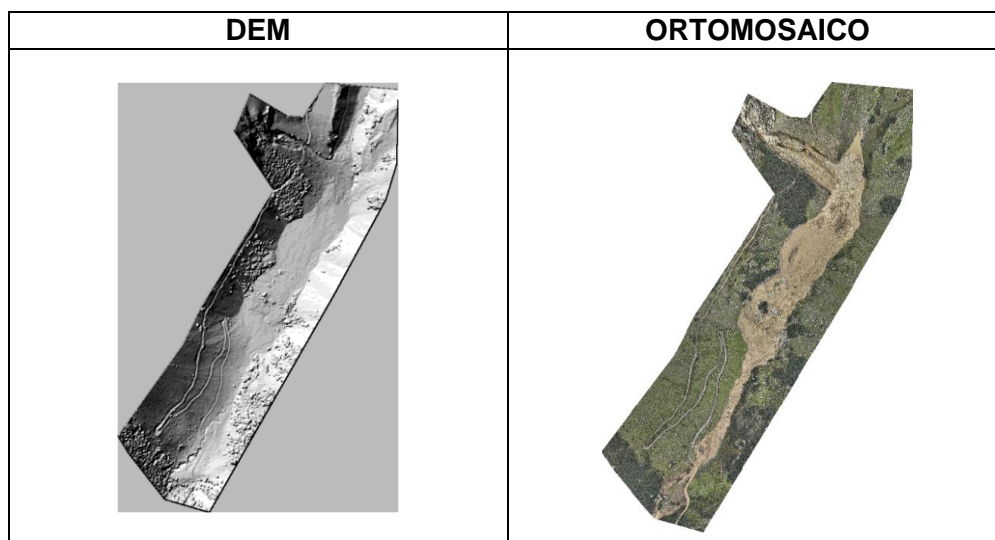
Esta etapa hace referencia al trabajo posterior a la salida a campo donde la información registrada en imágenes se integra para generar productos que serán empleados para extraer información del territorio desde una perspectiva más amplia según la cobertura del trabajo de vuelo.

Para el procesamiento de la información del vuelo RPAS se utilizó el paquete informático con licencia Agisoft Metashape Profesional en su versión 2.2.0. El proceso se inició con la alineación de imágenes, donde se emparejan los datos y se alinean los puntos en común entre las distintas fotografías. Luego se pasa el proceso de creación de mallas para obtener la representación tridimensional del terreno. Posteriormente se genera la nube de puntos densa lo que indica que cada dato de punto representa una coordenada espacial derivada de las imágenes alineadas para finalmente generar modelos de elevación digital y el ortomosaico respectivo.

d) Generación de insumos

- El producto principal obtenido en el vuelo RPAS en campo corresponde principalmente la colección de imágenes aéreas de la zona afectada por el evento GLOF.
- Se cuenta con 01 modelo de elevación digital (DEM por sus siglas en inglés) posterior al evento, con una resolución espacial de 10 cm.
- Se cuenta con 01 imagen a colores (ortomosaico “RGB”) posterior al evento, con una resolución espacial de 5 cm.

Figura 2. DEM y ortomosaico del aluvión del 28.04.2025 en la microcuenca Llaca



Fuente: INAIGEM (2025)

e) Generación de resultados

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

- Caracterización geológica y geomorfológica del área de estudio a través de una visita de campo detallada y la interpretación de imágenes satelitales e imágenes obtenidas con dron.
- Análisis y descripción de los procesos físicos involucrados en los eventos GLOF ocurridos el 26 de marzo y el 28 de abril de 2025, con énfasis en los factores desencadenantes y los mecanismos específicos de cada GLOF.
- Identificación de los elementos expuestos en las zonas baja y media de la subcuenca Casca, así como la propuesta de recomendaciones para reducir el riesgo asociado al desborde de las lagunas glaciares en la subcuenca.

2 ASPECTOS GENERALES

2.1 Ubicación

Las lagunas glaciares implicadas en el desborde violento del 28 de abril, no poseen nombre propio, sin embargo, en el Inventario Nacional de Lagunas de Origen Glaciar (INAIGEM, 2023) se les asignó los códigos: 1376958_2 (229438 m E, 8955318 m N) y 1376958_5 (229590 m E, 8955195 m N). Para con fines prácticos en este informe se les denomina lagunas (A) y (B) respectivamente. Están ubicadas al suroeste del nevado Vallunaraju, dentro de la Cordillera Blanca, a una altitud de 4813.68 y 4805.97 m.s.n.m respectivamente.

2.2 Unidad hidrográfica

Esta pequeña unidad hidrográfica es un afluente de la microcuenca Llaca, que forma parte de la subcuenca Casca, perteneciente a la cuenca del río Santa. Se localiza en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, departamento de Áncash (Figura 3 y Figura 4).

2.3 Accesibilidad

La accesibilidad a las lagunas (A) y (B) que generaron el desborde violento el 26 de marzo y el 28 de abril se lleva a cabo únicamente por vía terrestre como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Accesibilidad a las lagunas A y B

Tramo	Tiempo	Medio de transporte
Huaraz – zona interrumpida por el flujo	1 hr 30 min	Camioneta
zona interrumpida por el flujo – lagunas A y B	3 hrs	Caminando

Fuente: INAIGEM (2025)

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
 EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 3. Mapa de ubicación de las lagunas (A) y (B) en la subcuenca Casca

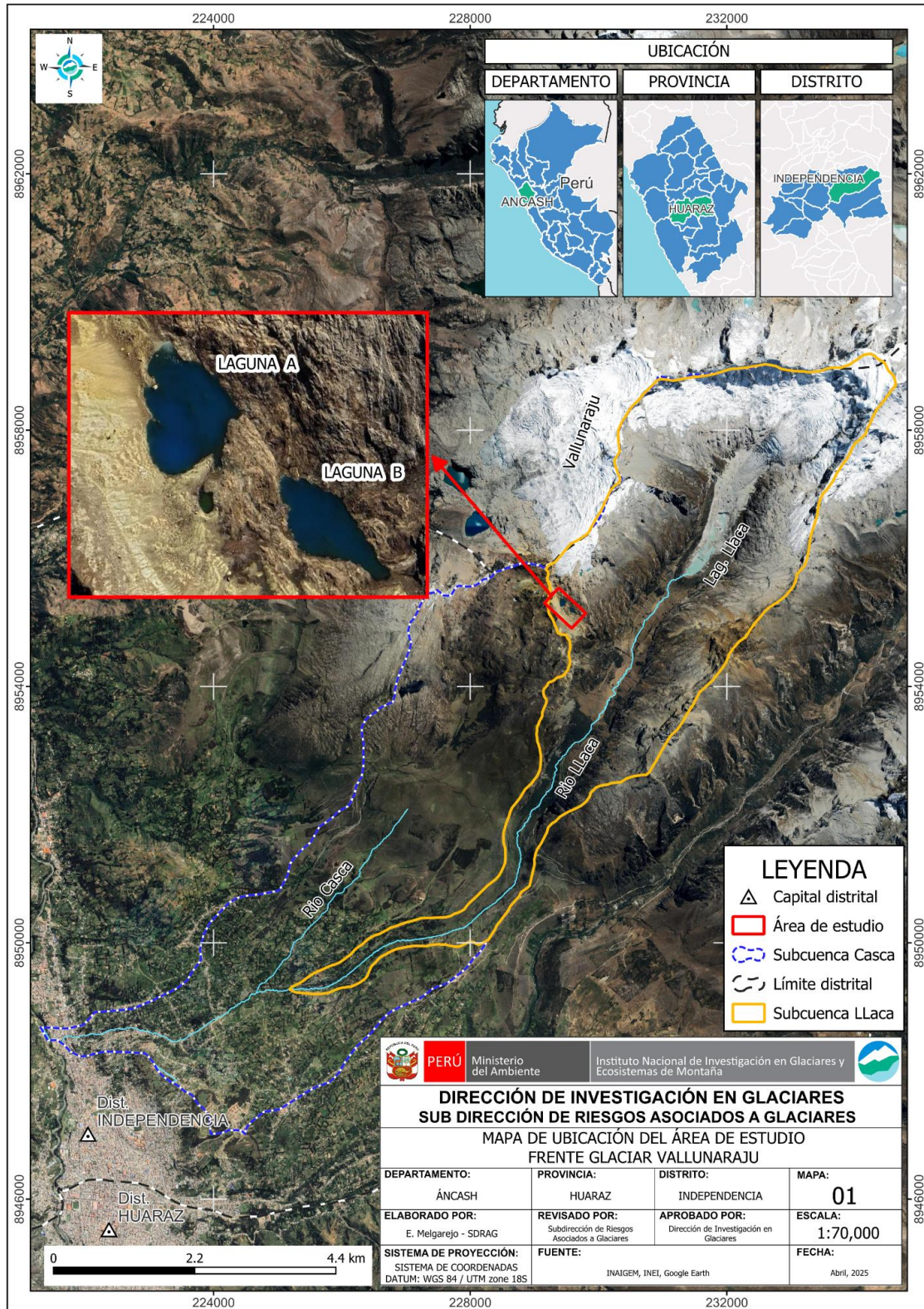
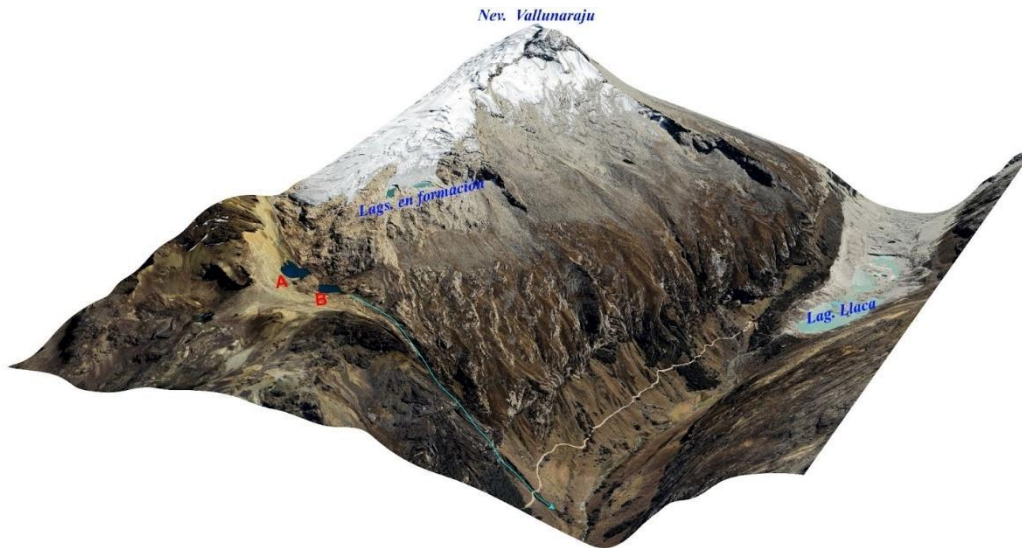


Figura 4. Ubicación del evento GLOF en la microcuenca Llaca

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**



Fuente: INAIGEM (2025)

3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

3.1 Geología

La Cordillera Blanca es una mega estructura geológica resultado de una intensa actividad tectónica y magmática a la que fue sometida a lo largo de su historia geológica, desde por lo menos, el Mioceno medio a principios del Plioceno (14-5 Ma), según Mukasa (1984), Giovani (2007) y Margirier et al. (2015, 2016).

Actualmente, su relieve evidencia procesos geológicos desarrollados durante el Pleistoceno y el Holoceno confinados principalmente a la alternancia de periodos glaciares e interglaciares. Como resultado de la erosión y socavación glacial se tiene montañas, con profundos valles, así como valles colgados, donde discurren los ríos, quebradas y lagunas heredadas del derretimiento y retiro del hielo de los glaciares.

La geología local está representada por la Formación Sapotal del Grupo Chicama y el Batolito de la Cordillera Blanca. Asimismo, los depósitos cuaternarios están representados por los depósitos glaciares 1, 2 y 3, coluviales, proluvial/aluvional 1 y 2, y de manera restringida por depósitos lacustres, que se detallan a continuación:

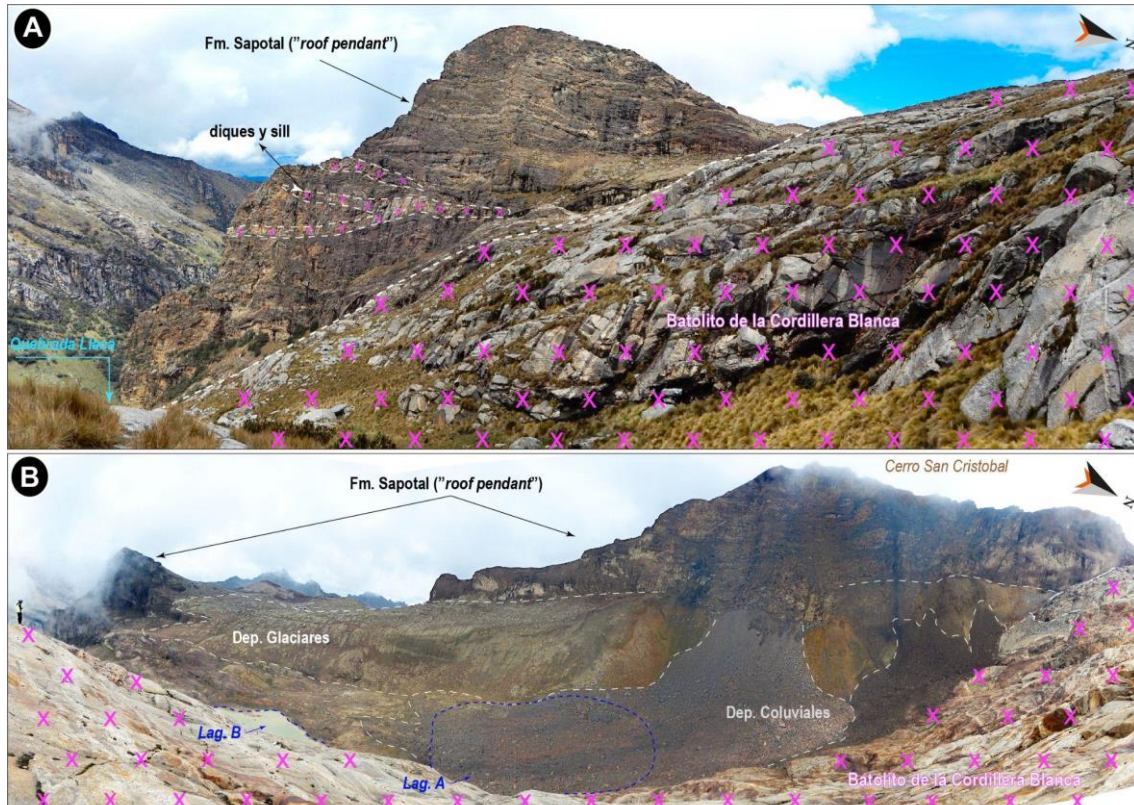
Formación Sapotal (Grupo Chicama)

Esta unidad aflora de manera restringida y aislada en la cresta del flanco derecho del valle Llaca. Ocurre en estructuras "roof pendant" (bloque colgado o suspendido por la interacción de la roca encajonante con una masa ígnea plutónica en ascenso, asimilación e intrusión), este proceso geológico ha generado un metamorfismo de contacto y un cambio en el comportamiento geomecánico que afectó las rocas de la Formación Sapotal, el cual, en superficie se manifestó a través de fracturas, discontinuidades y foliaciones. La Formación Sapotal, conforma macizos rocosos muy fracturados y fuertemente meteorizados, que, se muestran de un aspecto fragmentado y craquelado, el cual, las convierten en zonas altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa (Figura 5).

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

La Formación Sapotal, litológicamente está constituida por areniscas de grano medio a fino color gris negras intercaladas con niveles de lutitas negras en estratos medianos de 10 a 40 cm de espesor.

Figura 5. Afloramientos de la Formación Sapotal y el Batolito de la Cordillera Blanca



A) Afloramientos de la Formación Sapotal y el Batolito de la Cordillera Blanca en la ladera media del flanco derecho del valle Llaca. Al fondo de se observa, la interacción de la masa ígnea plutónica con la roca encajonante. B) La Formación Sapotal en estructuras tipo "roof pendant" en contacto con el Batolito de la Cordillera Blanca. Asimismo, se observan depósitos glaciares y acumulaciones coluviales o detritos de gelifración dispuestos al pie del talud del cerro San Cristóbal.

Fuente: INGEMMET 2025.

Batolito de la Cordillera Blanca (BCB)

Se caracteriza por presentar afloramientos masivos compuestos predominantemente por granodioritas y tonalitas, y por dioritas a manera de cuerpos aislados. En el sector evaluado, el BCB se extiende desde la quebrada Llaca hasta el cerro San Cristóbal y el nevado Vallunaraju (Figura 6A).

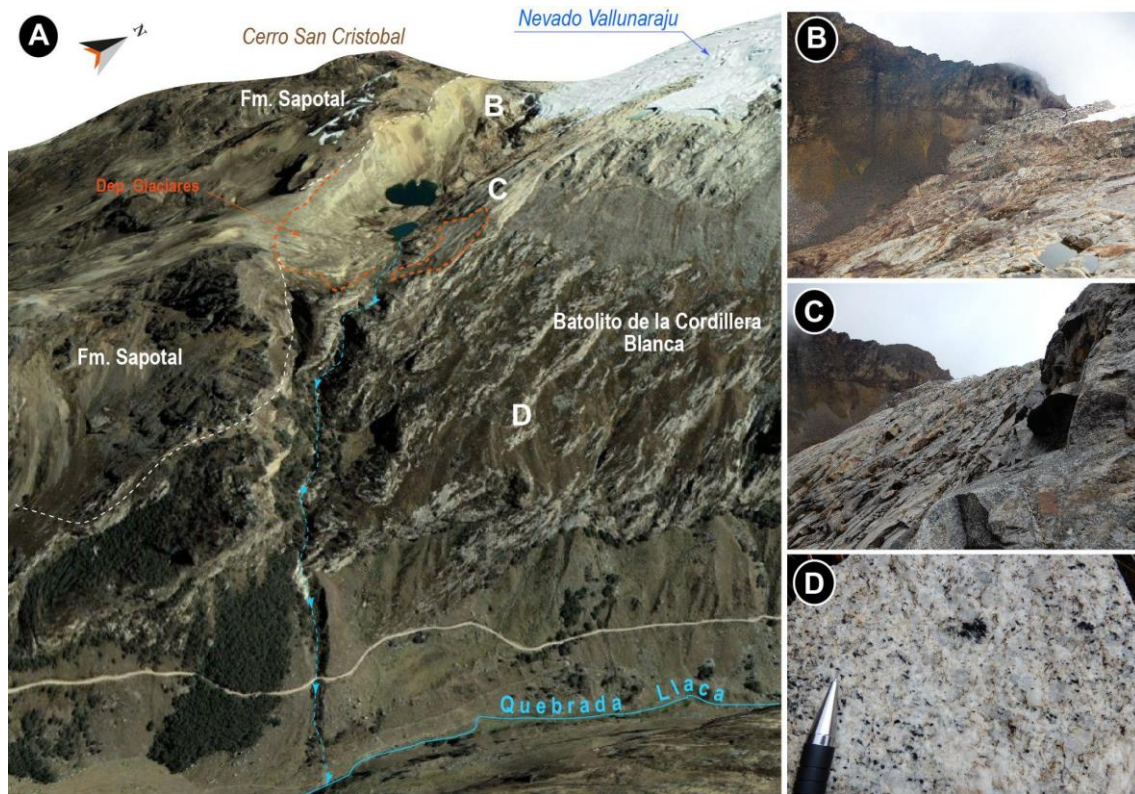
Estas rocas intruyeron directamente a la Fm. Sapotal, y como resultado de la interacción entre el fluido magmático y la roca caja generó una superficie craquelada y fuertemente meteorizada a la roca encajonante, es decir: a la Formación Sapotal (B).

Por otro lado, al pie del nevado Vallunaraju, se observan afloramientos de granodioritas muy fracturadas y moderadamente meteorizadas, identificándose hasta cuatro sistemas de discontinuidades (Figura 6C y D). Sobre la superficie de estas rocas, se observan

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

foliaciones que ponen en evidencia la fuerte dinámica glaciar y la capacidad erosiva que ejercen los glaciares.

Figura 6. Afloramientos del Batolito de la Cordillera Blanca (BCB)



A) Afloramientos del Batolito de la Cordillera Blanca (BCB) en la margen derecha del valle glaciar de Llaca. B) Rocas de BCB en contacto con la roca encajonante (Fm. Sapotal) ubicadas al pie del nevado Vallunaraju y del cerro San Cristóbal. C) Macizo rocoso del BCB muy fracturado con cuatro sistemas de discontinuidades principales. D) Detalle de la granodiorita.

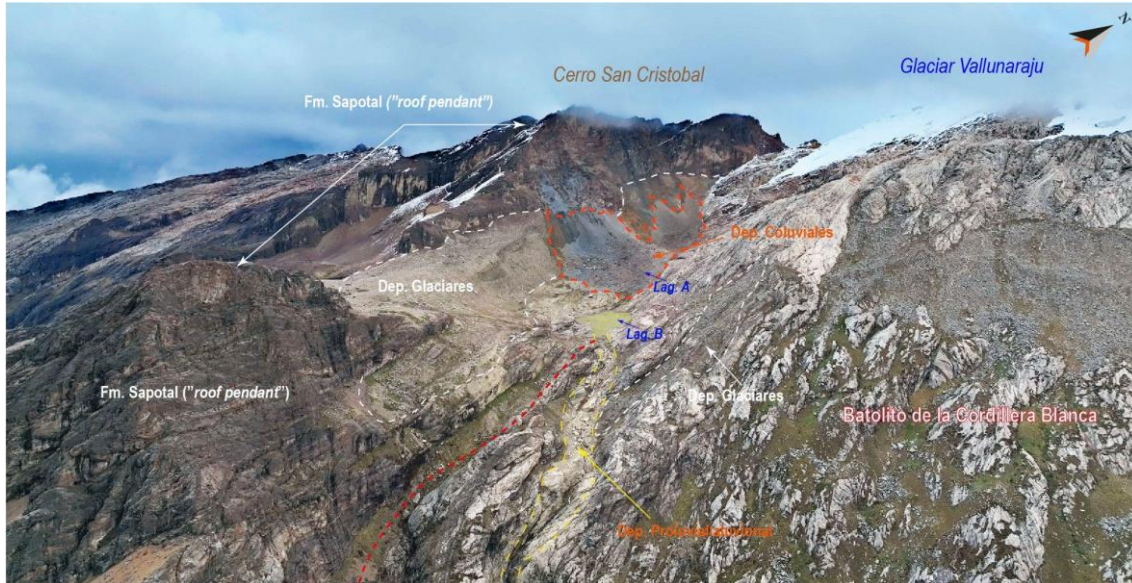
Fuente INGGEMMET 2025

Depósitos glaciares 1, 2 y 3

El depósito glaciar 3 se aloja principalmente al pie del cerro San Cristóbal, como cuerpos elongados y aislados al pie del nevado Vallunaraju (Figura 7); los depósitos 1 y 2 se encuentran dispuestos en el fondo de valle de la quebrada Llaca. Se trata de secuencias constituidas por fragmentos heterométricos de formas subangulosas a subredondeadas envueltos en una matriz arcillo limosa. Por su naturaleza suelta e inconsolidada, conforman terrenos con baja cohesión y ofrecen poca resistencia a la erosión, lo que las convierte en secuencias incompetentes susceptibles a los movimientos en masa.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
 EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 7. Depósitos cuaternarios alojados en la parte media y alta del flanco derecho del valle glaciar de Llaca



Fuente: INGEMMET 2025

Depósitos Proluviales/aluvional 1 y 2

Ambos depósitos se encuentran acumulados a lo largo del cauce de la quebrada que desciende desde las lagunas A y B. Se caracterizan por sus depósitos transportados y material acarreado que provienen de flujos de detritos o aluviones, que fueron canalizados en la quebrada. Están conformados generalmente por fragmentos heterométricos, con diámetros de hasta 1.2 m, de formas redondeadas a subredondeadas dispuestas en una matriz arcillo limosa y arenosa.

Depósitos Coluviales

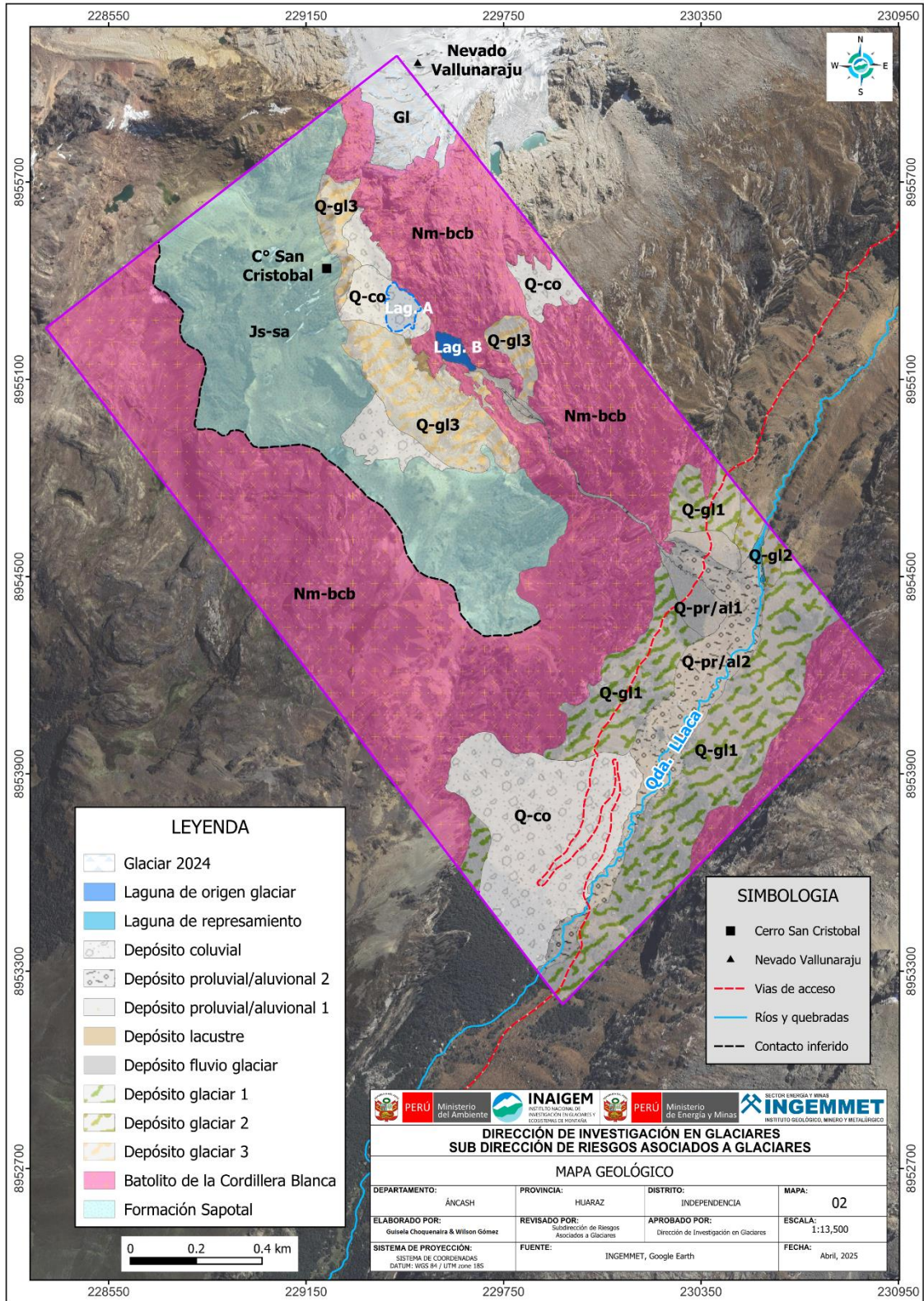
Se ubican al pie del talud natural del cerro San Cristóbal. Se caracterizan por presentar fragmentos heterométricos de formas subangulosas y angulosas envueltos en una matriz incipiente arcillo limosa. Estos depósitos provienen principalmente de eventos antiguos, así como, derrumbes, caída de rocas y gelifractos (detritos de gelifración) acumulados por procesos gravitacionales en la parte superior de las lagunas A y B.

Depósitos Lacustrinos

Se han depositado en cuerpos de agua estacionales, próximos a las lagunas A y B, en las cuales se puede observar precipitados de óxidos de hierro.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
 EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 8. Mapa geológico



INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

3.2 Geomorfología

El área evaluada se localiza en un valle glaciar colgado, ubicado al suroeste del pico del nevado Vallunaraju. Precisamente, se ubica en la parte media superior del flanco derecho del valle glaciar de Llaca. El valle colgado está desarrollado en una dirección con tendencia noroeste-sureste que disecta de manera oblicua al valle principal de la quebrada Llaca.

Las geoformas originadas en la zona de estudio son el resultado de una intensa dinámica glaciar, periglacial y procesos de movimientos en masa que modificaron el relieve actual.

La zona está dominada por procesos intermitentes e interglaciares que ocurrieron al menos desde la Pequeña Edad de Hielo (PEH) instalados sobre un relieve estructurado en roca intrusiva y sedimentaria (Figura 9), evidencias de ello, se traducen en el emplazamiento de un paleoglaciar que discurrió sobre el valle colgado. A su paso, dejó un depósito con morfología tipo morrena, cuyo derretimiento y retiro del hielo originó posteriormente la formación de las lagunas A y B (Figura 9). Asimismo, se observan crestas morrénicas que reflejan las fluctuaciones del avance y retroceso glaciar, cuyos depósitos quedaron alojados en morrenas laterales ubicados en los flancos del valle colgado (Figura 9B).

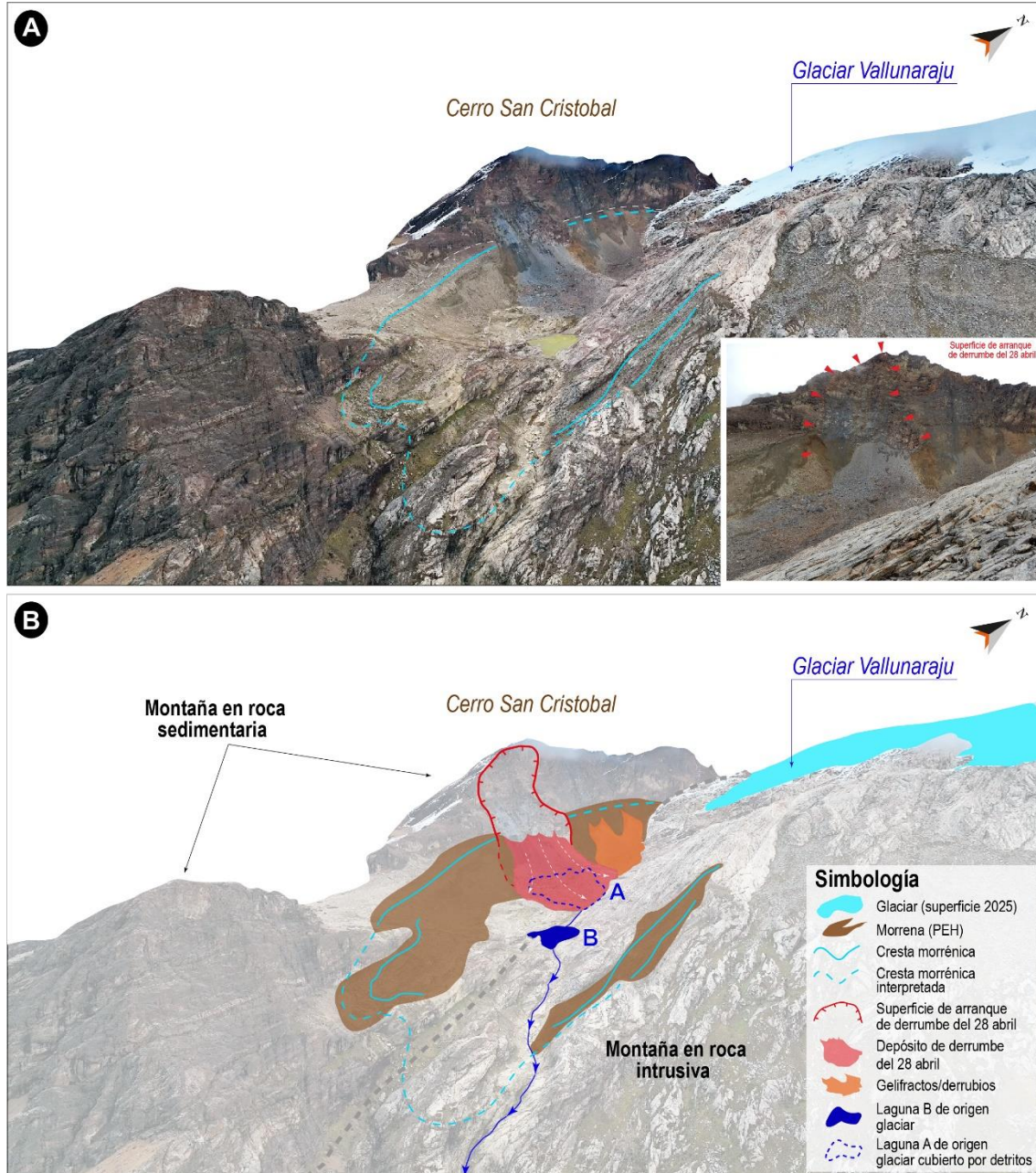
Por su parte, los procesos periglaciares combinados con la dinámica gravitacional, se evidencian en los conos de derrubios y/o vertientes de gelifractos adosados al pie del talud del cerro San Cristobal. Estos depósitos se acumulan a manera de canchales, con características físicas poco competentes y baja resistencia a la erosión que las convierten altamente susceptibles a ser removidos por la dinámica periglacial y ante precipitaciones intensas que contribuyan a la generación de flujos de detritos (Figura 9B).

Por otro lado, el relieve actual ha sido modificado a consecuencia de los movimientos en masa ocurridos el pasado 26 de marzo y 28 de abril. Las geoformas originadas a partir de este último evento son claramente observadas en el terreno, donde resalta el movimiento en masa que se manifestó a manera de un derrumbe que involucró un macizo previamente muy fracturado y meteorizado atribuida a la Formación Sapotal (Figura 9B).

Este evento, produjo el desborde de la laguna A, el cual, el agua junto con el material acarreado se convirtió rápidamente en flujo de detritos que se canalizó a través de la quebrada aguas abajo. En tanto, el flujo alcanzó la quebrada Llaca ocasionando un embalse incipiente del río Llaca. Producto de ello, se observa la cicatriz de la superficie de arranque en la ladera empinada del cerro San Cristóbal. Mientras que, al pie del talud se quedó un depósito de detritos que colmató en su totalidad la laguna A. Asimismo, la huella del flujo de detritos se observa a lo largo de la quebrada local que confluye hacia el río Llaca (Figura 9).

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

Figura 9. Geoformas originadas por la acción glaciar, periglacial y movimientos en masa que modelaron el relieve actual



A) y B) Figuras comparativas en la que se observa los rasgos geomorfológicos a escala local en el valle colgado situada en la ladera media-superior del flanco derecho del valle glaciar de Llaca. Zona donde se generó el evento de derrumbe y posterior flujo de detritos del 28 de abril.

Fuente: INGEMMET (2025)

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

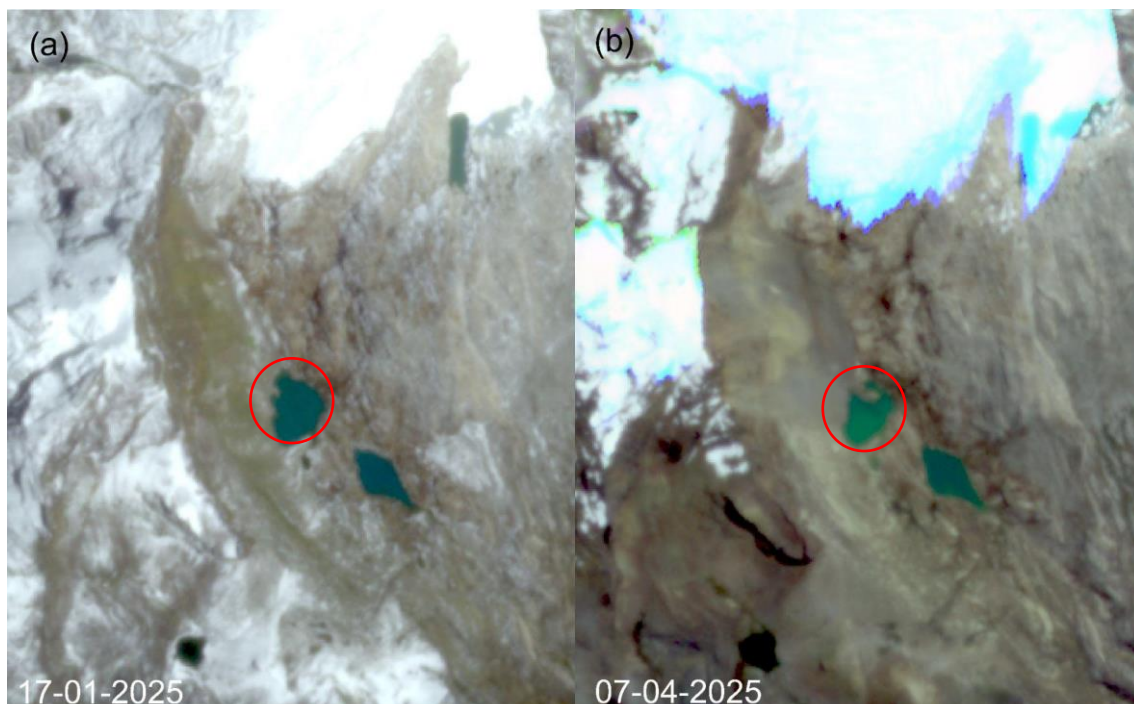
4 DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

Los desbordes de lagunas glaciares pueden ser desencadenados por múltiples factores y generalmente ocurren en procesos en cadena. Los procesos de los eventos del 26 de marzo y 28 de abril del 2025 se detallan a continuación:

4.1 Evento GLOF del 26 de marzo del 2025

El desencadenante del primer evento se identificó como un movimiento en masa de detritos (de tipo complejo) proveniente de los depósitos poligénicos acumulados en el fondo del valle ubicado aguas arriba de la laguna A. En la Figura 10a, correspondiente al 17 de enero del 2025, se observa la configuración inicial de las lagunas. Por otro lado, la Figura 10b, correspondiente a la fecha del 07 de abril del 2025, posterior al primer evento del 26 de marzo del 2025, donde se aprecian cambios importantes, principalmente en la superficie de la laguna A. Estos cambios implican modificaciones en la topografía en la parte anterior de la laguna A y cambios en el volumen de este cuerpo de agua, a consecuencia de la geodinámica externa.

Figura 10. Comparación de imágenes satelitales antes y después del primer evento (26 de marzo)



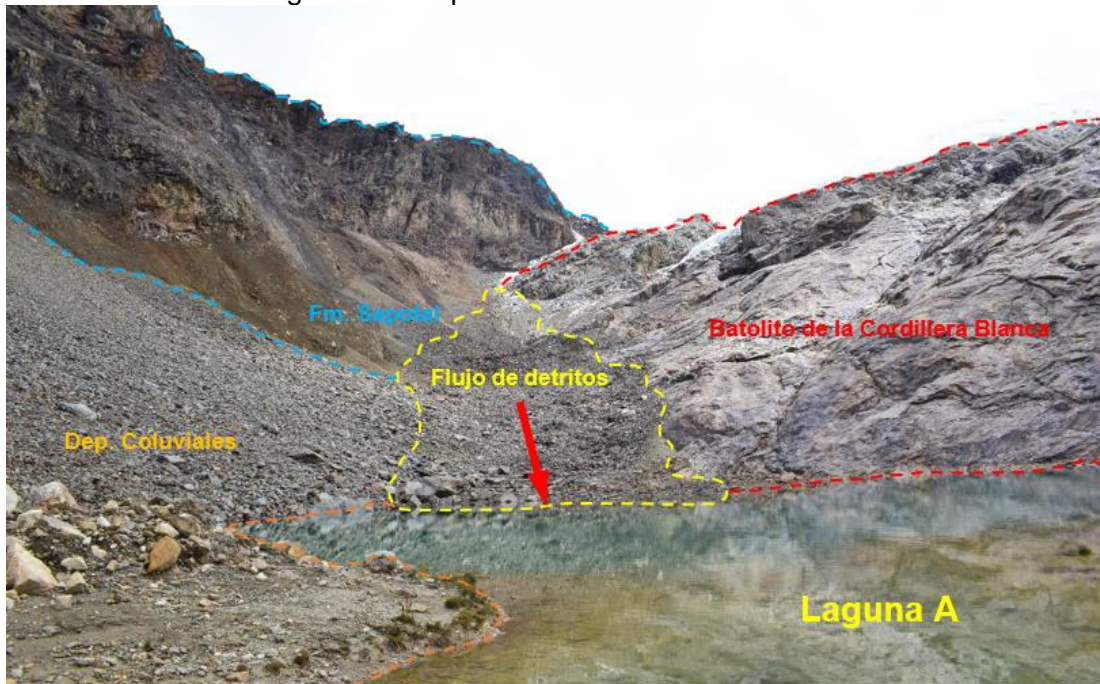
Fuente: Planet Explorer (2025)

Las Figura 11 y Figura 12 ilustran la zona de desplazamiento de los detritos originados por el flujo de detritos de tipo complejo (marcado por la línea amarilla) que desencadenó el GLOF del 26 de marzo de 2025. Este material, no consolidado y altamente saturado por las precipitaciones de la temporada de lluvias y aporte de agua del nevado Vallunaraju se desplazó por efecto de la gravedad hacia la laguna A. Durante la inspección realizada el 23 de abril de 2025, el equipo del INAIGEM confirmó y validó el origen del GLOF ocurrido el 26 de marzo de 2025, el cual se generó por el deslizamiento

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

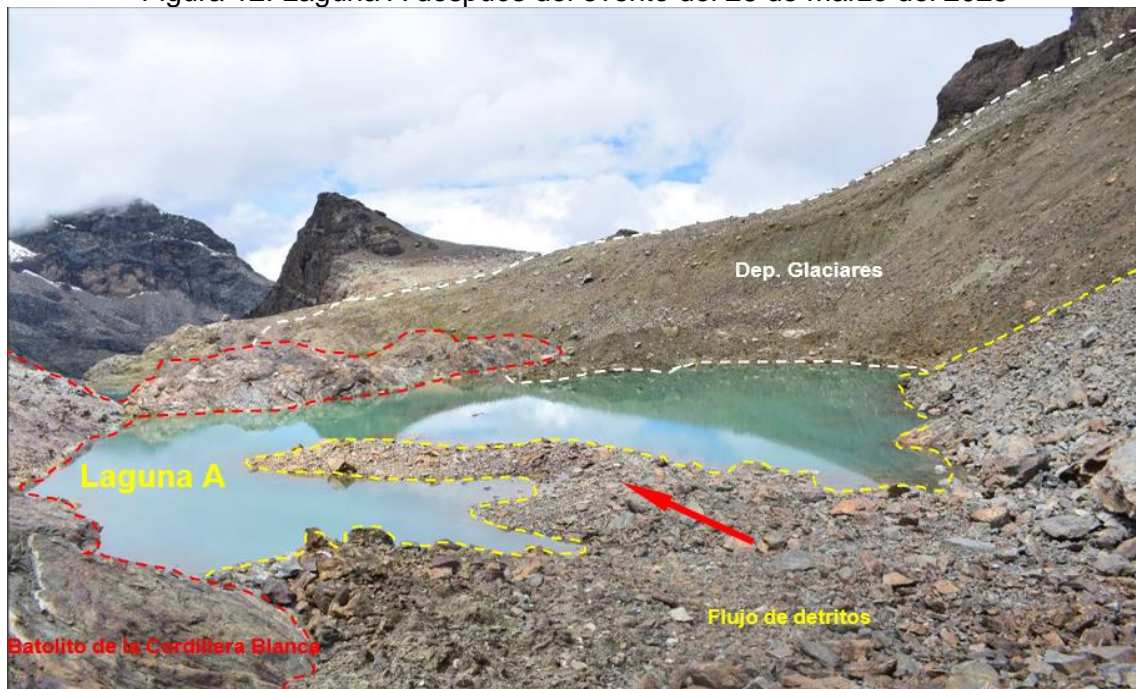
de material acumulado en el fondo de la quebrada, siguiendo la línea de *thalweg*, que provocó la inestabilización hacia la laguna A (Figura 13).

Figura 11. Identificación del desencadenante del primer evento (flujo de detritos), fotografía correspondiente al 23 de abril del 2025



Fuente: INAIGEM (2025)

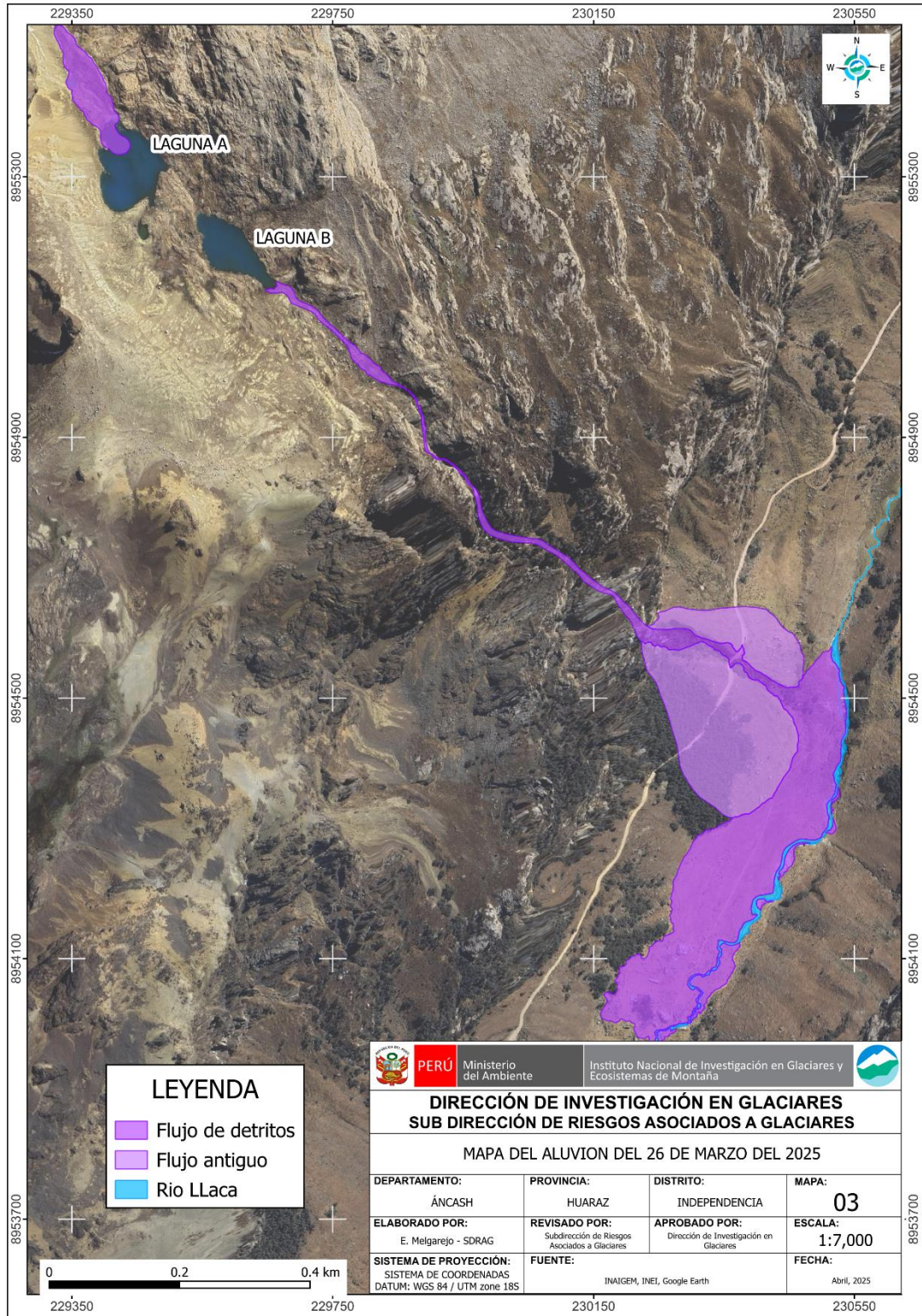
Figura 12. Laguna A después del evento del 26 de marzo del 2025



Fuente: INAIGEM (2025)

Figura 13. Mapa de cartografía geodinámica del aluvión del 26 de marzo de 2025

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
 EL 28 DE ABRIL DE 2025**



Fuente: INAIGEM - INGEMMET (2025)

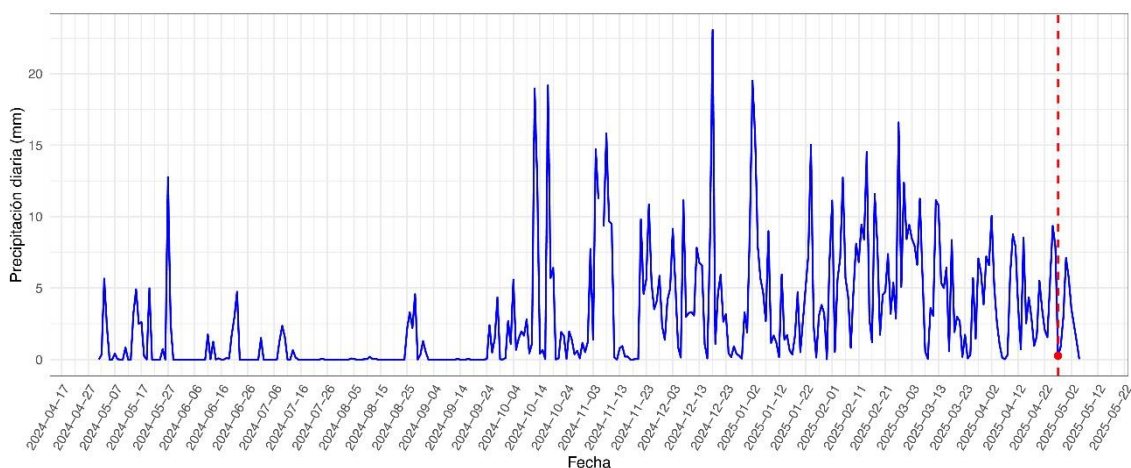
4.2 Evento GLOF del 28 de abril de 2025

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

4.2.1 Condiciones meteorológicas previas al 28 de abril

Las condiciones meteorológicas de los días previos al segundo evento (28 de abril del 2025) mostraron precipitaciones intensas pudiendo ser uno de factores gatilladores para el desprendimiento del macizo rocoso. Los datos registrados en la Estación Meteorológica Automatizada de Cojup (a 5 km del área de estudio) muestran la ocurrencia de lluvias intermitentes entre el 25 y 27 de abril, acumulando más de 18 mm en total, con un pico de precipitación el día 27 de abril entre las 3:00 y 9:00 horas. Así mismo, los picos de la intensidad de la precipitación en el área de estudio fueron de hasta 3.6 mm/hr en la zona de desprendimiento de roca (Figura 14).

Figura 14. Precipitación registrada en la estación Cojup – Palcacocha



Nota. En rojo discontinua corresponde a la fecha 27 de abril del 2025 (un día antes del evento GLOF). Fuente: INAIGEM, 2025

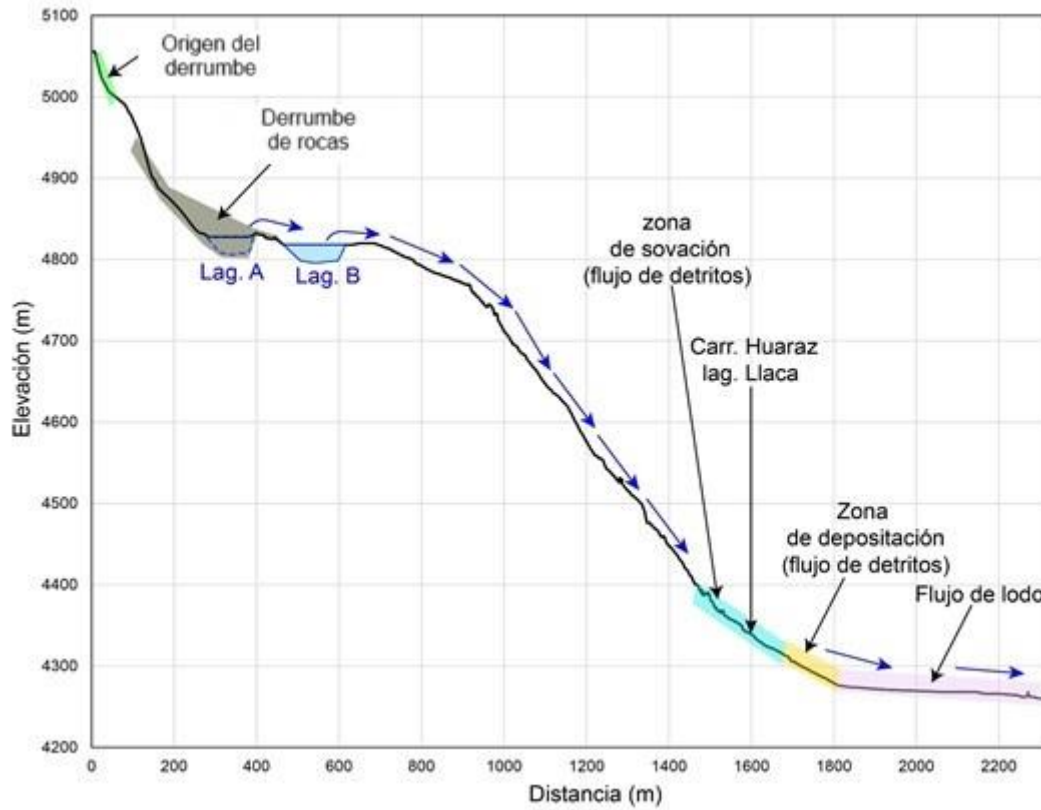
4.2.2 Descripción del GLOF

El desborde de la laguna fue originado por un derrumbe ocurrido en la ladera derecha, el cual generó una avalancha de rocas, cuyo material impactó directamente en el cuerpo de agua de la laguna A. Este impacto generó una onda de desplazamiento que impulsó el agua hacia la laguna B, alcanzando finalmente el fondo de la microcuenca Llaca. La altura de la onda generada en la salida de la primera laguna fue suficiente para originar el desborde de la segunda, generándose ondas de impulso y desborde hacia la quebrada principal. Es importante señalar que, la laguna B carece de borde libre, por lo que no presentó ninguna barrera natural para disipar la energía del flujo, facilitando así un desborde libre hacia el fondo del valle (Figura 15).

La Figura 15 representa un proceso en cadena del GLOF por el desborde de las lagunas A y B; la Figura 16 y Figura 17 corresponde a la zona de rotura y derrumbe (~5052 m s.n.m.), (2) corresponde al impacto contra la laguna A (4494 m s.n.m.), (3) corresponde al desborde completo de la laguna A hacia la laguna B y su tránsito de flujo en esta última (4) corresponde al flujo por aluvión que viajó hacia el fondo del valle de Llaca.

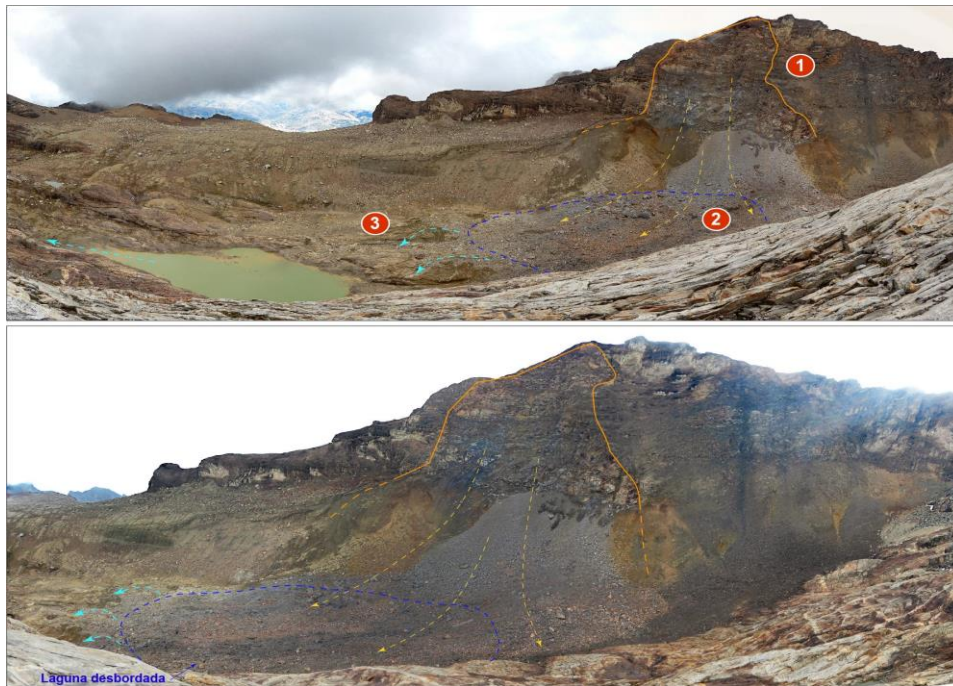
Figura 15. Perfil que muestra la cadena de procesos del GLOF del 28 de abril de 2025

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025



Fuente: INAIGEM (2025)

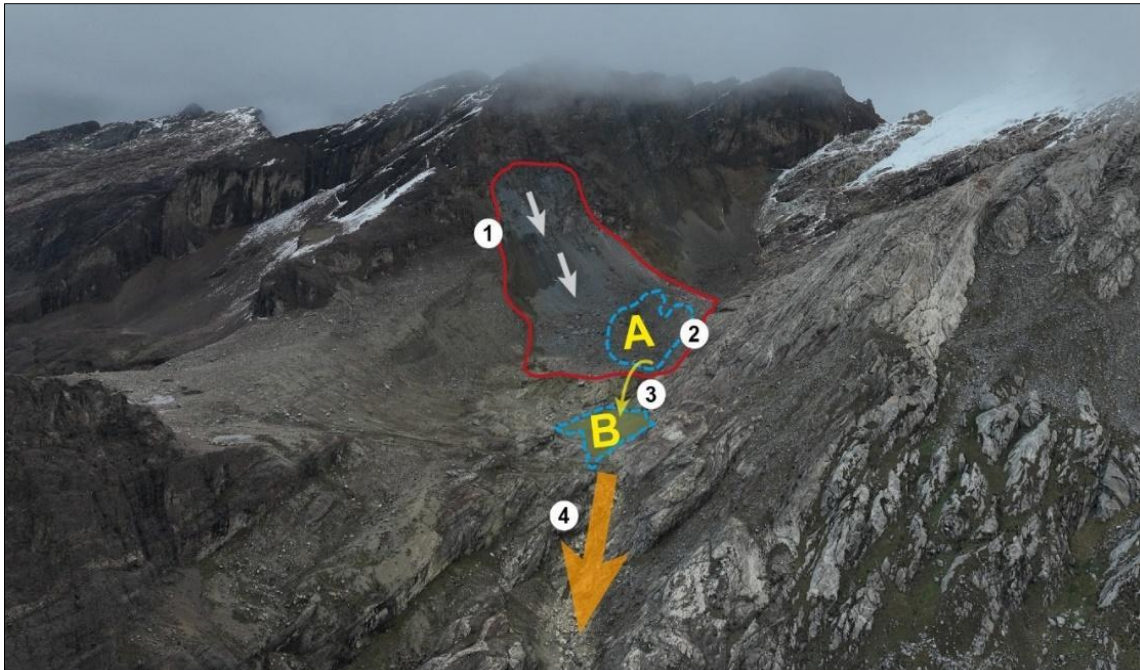
Figura 16. Laguna A después del evento del 28 de abril del 2025



Fuente: INGEMMET (2025)

Figura 17. Mapa de vista en planta del aluvión

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**



Fuente: INAIGEM (2025)

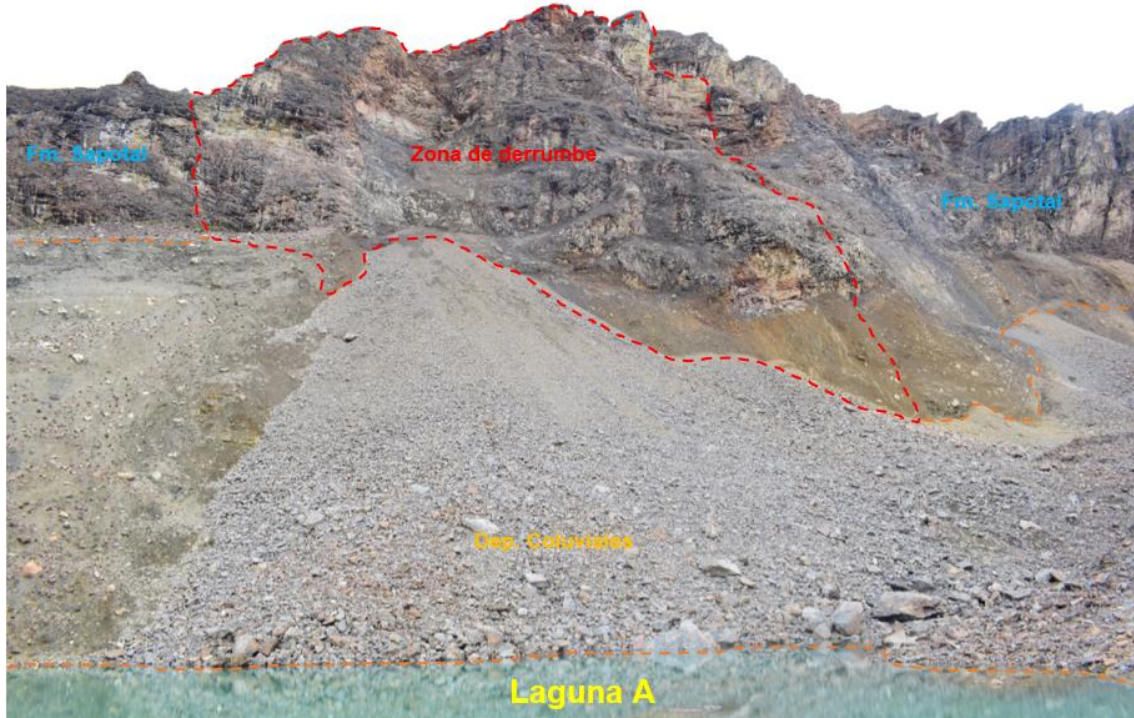
4.2.3 Desencadenante del evento GLOF del 28 de abril del 2025

A diferencia del evento del 26 de marzo del 2025, el desencadenante del segundo GLOF fue el desprendimiento del macizo rocoso intensamente fracturado (Figura 18) desde la ladera ubicada en la margen derecha de la laguna A. Esta cantidad de material desprendido generó un derrumbe de rocas (Figura 19) que impactó sobre la laguna A, provocando el desembalse violento de este, desplazando y desapareciendo completamente.

Es importante resaltar que, al contrastar los desencadenantes entre los eventos del 26 de marzo y el del 28 de abril, se puede evidenciar que, en cada caso, el origen corresponde a tipos de movimientos en masa distintos y desde sectores diferentes. El primero debido a un flujo de detritos del material acumulado y saturado que se deslizó desde el origen de valle o recogedora de aguas y el segundo debido a un derrumbe de la ladera derecha.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 18. Vista del afloramiento muy fracturado y meteorizado, factor que coadyuvó al derrumbe del 28 de abril del 2025 (línea en rojo).



Fuente: INAIGEM (2025)

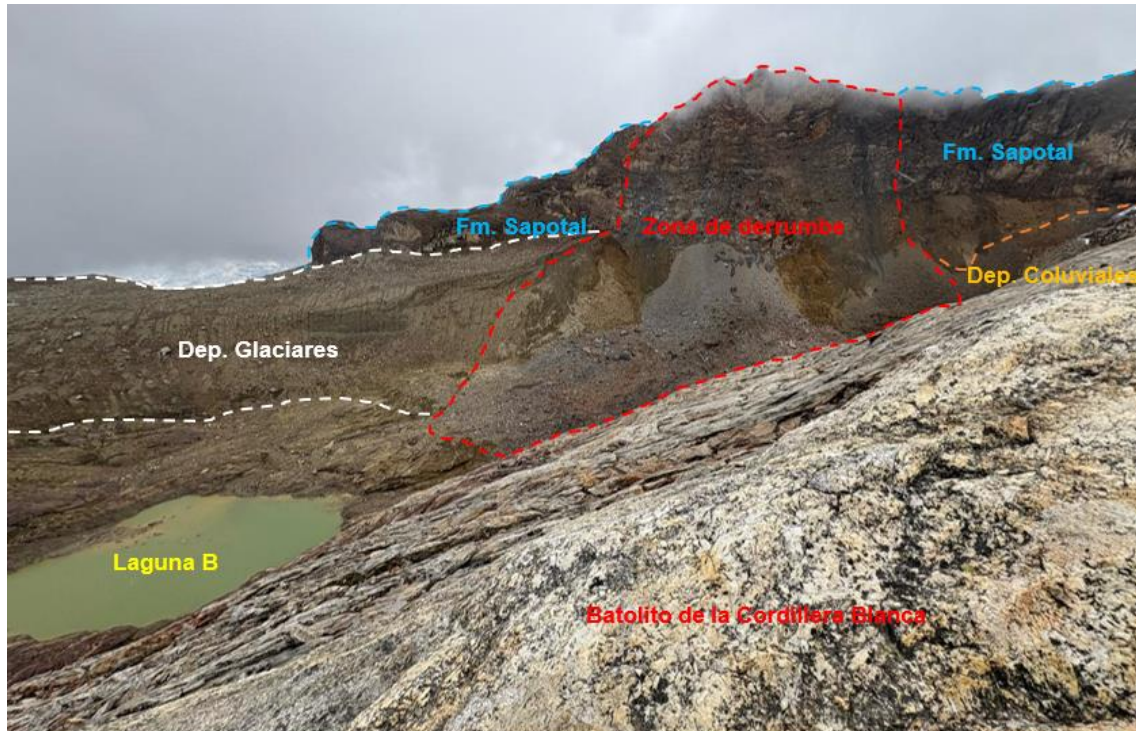
Figura 19. Vista del derrumbe acontecido el 28 de abril del 2025 (rojo).



Fuente: INAIGEM (2025)

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 20. Vista del derrumbe acontecido el 28 de abril del 2025 (rojo). Inspección del 1 de mayo de 2025



Fuente: INAIGEM (2025)

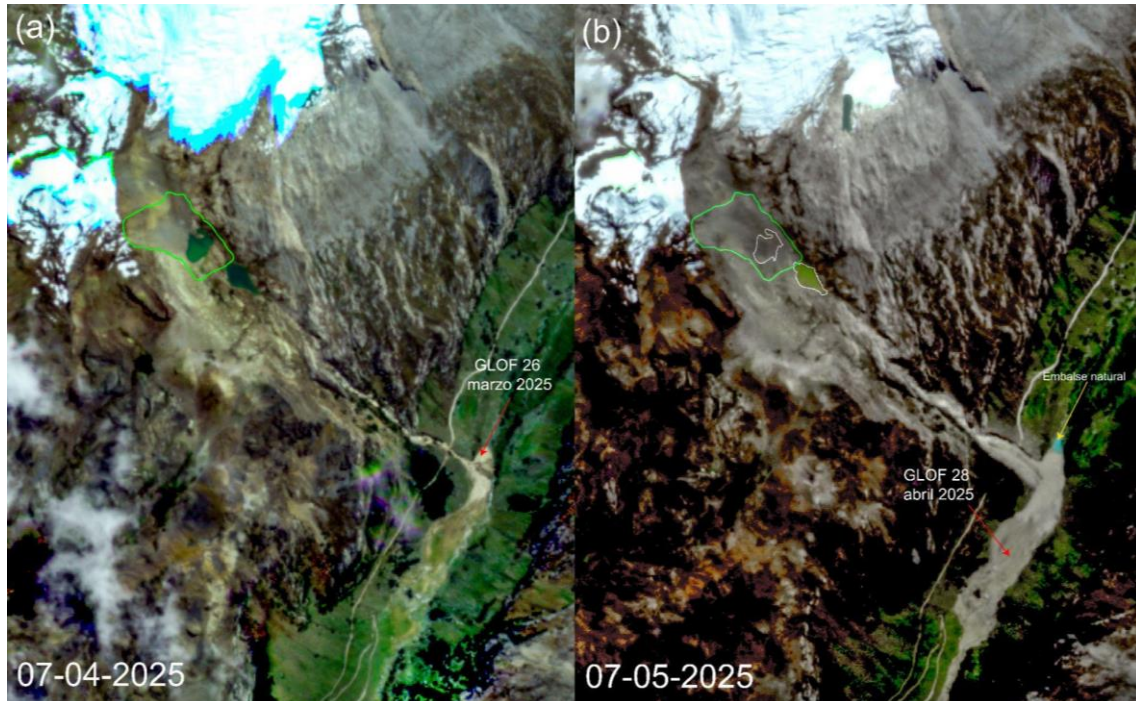
4.2.4 Flujo de detritos aguas abajo

En el valle Llaca, se documentó la erosión de materiales susceptibles ubicados en áreas de alta pendiente (Figura 21), así como el correspondiente depósito de detritos en el sector de la microcuenca Llaca, formada por un valle en U. El material depositado abarcó una gran geometría gruesa, incluyendo grava, bolonería y bloques, con tamaños que varían entre 0.3 m y 3.0 m en la zona afectada.

Durante el evento aluvional del 28 de abril de 2025, se observó la desaparición completa de la laguna A, quedando únicamente la laguna B. La magnitud estimada del volumen del derrumbe que impactó la laguna A, fue de aproximadamente 400,000 m³. La Figura 21 ilustra el cambio antes y después del evento, donde la línea verde indica el área afectada por el desprendimiento de rocas. La Figura 21a corresponde al 07 de abril y la Figura 21b al 07 de mayo. Además, se evidenció la formación de un embalse natural debido a la obstrucción del valle Llaca y la acumulación de aguas provenientes de la laguna Llaca.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 21. Comparación de imágenes satelitales antes y después del evento GLOF del 28 de abril



El color amarillo representa el derrumbe que impactó y liberó el volumen total de la laguna A.
Fuente: Adoptado de Planet Explorer

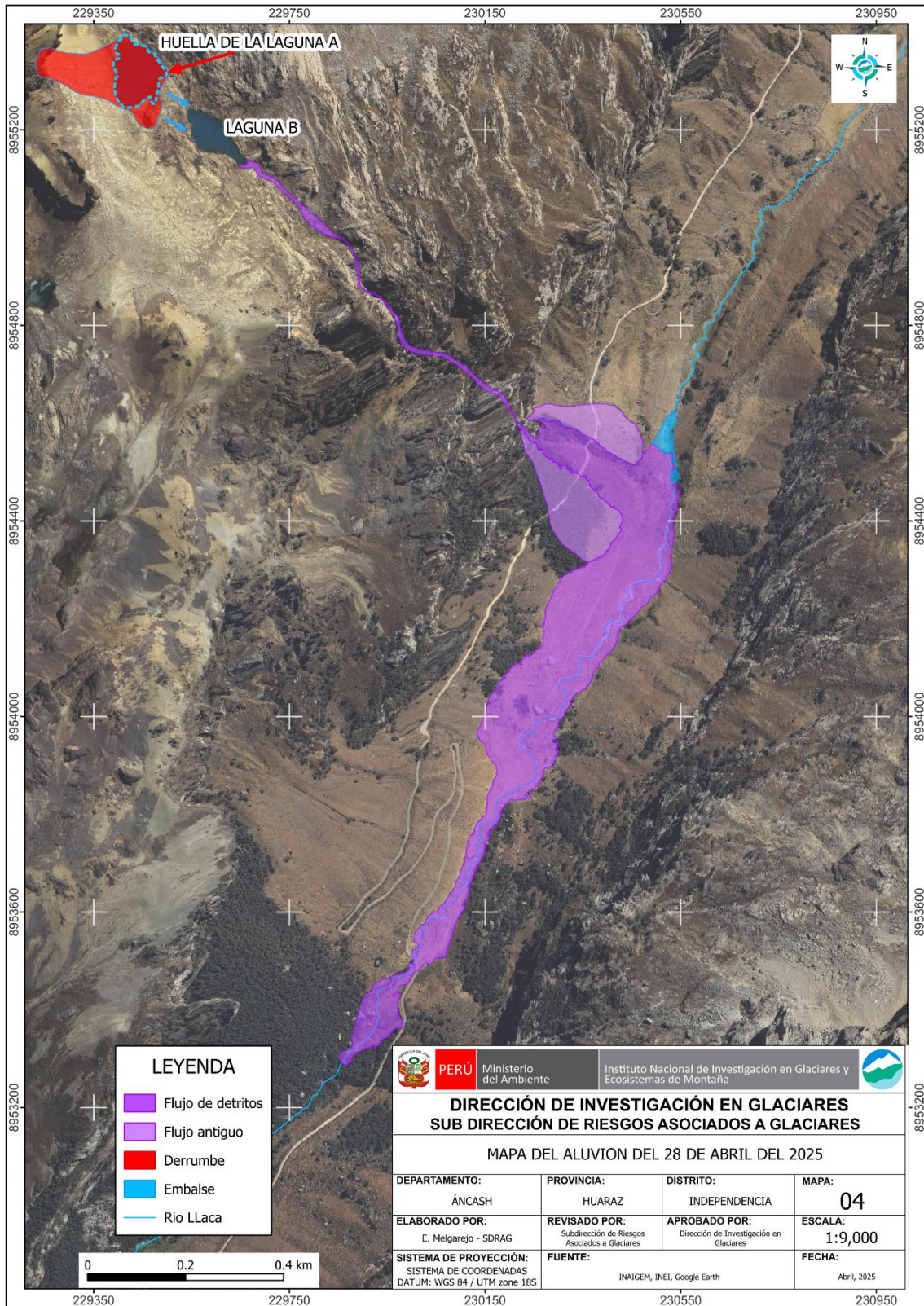
Figura 22. Flujo de detritos en la confluencia con la microcuenca Llaca



Fuente: INAIGEM (2025)

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

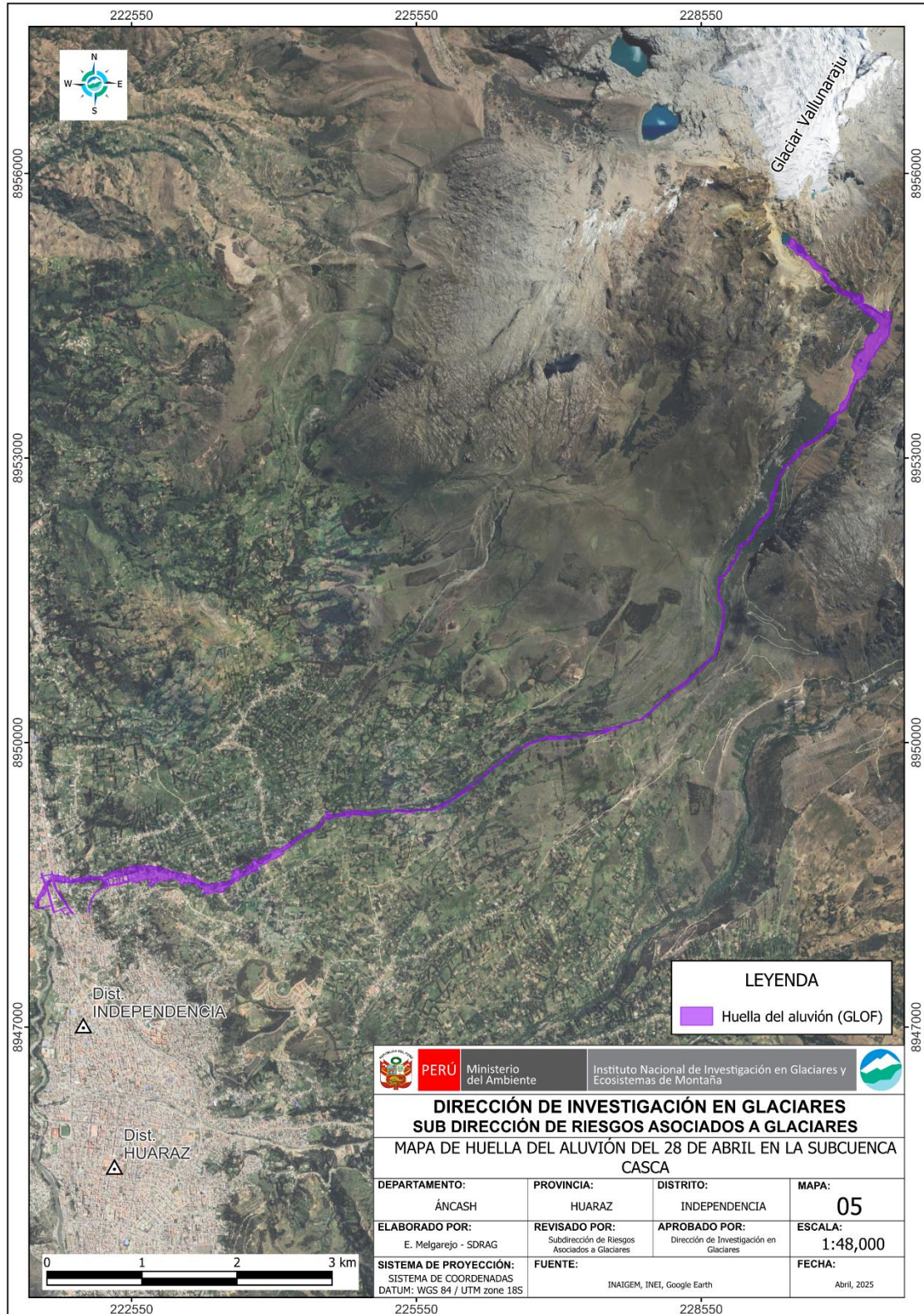
Figura 23. Mapa de cartografía geodinámica del aluvión del 28 de abril de 2025



Fuente: INAIGEM - INGEMMET (2025)

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

Figura 24. Mapa del registro del aluvión de 28 de abril de 2025 sobre imagen satelital.



4.3 Características de las lagunas

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

4.3.1 Variación de las lagunas A y B

El volumen de la laguna A, antes del evento GLOF, fue estimado en aproximadamente 50,000 m³, con un dique de roca compuesto por granodiorita/tonalita de alta competencia que, durante el evento GLOF, no presentó fallas estructurales. Sin embargo, el borde libre de 0.5 m resultó insuficiente para disipar la salida violenta del agua durante el desborde, contribuyendo más a facilitar el proceso de liberación del volumen almacenado que a contenerlo. Este desborde impactó directamente a la laguna B, cuyo volumen estimado es de 30,000 m³ y que actúa como un conducto de tránsito hacia la quebrada Llaca, sin ofrecer resistencia alguna debido a la ausencia de un borde libre. Las características de las lagunas A y B, tanto antes como después del evento del 26 de marzo de 2025, se detallan en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2. Características de las lagunas antes del primer evento (26 de marzo)

Características	Laguna A	Laguna B
Tipo de dique	Roca	Roca / suelo
Tipo de laguna	Periglacial	Periglacial
Área (m ²)	10899.87	7225.63
Perímetro (m)	517.08	448.08
Ancho máximo (m)	122.77	80.15
Largo máximo (m)	136.17	155.85
Borde libre (m)	0.5	0

Fuente: INAIGEM (2025)

El evento del 26 de marzo de 2025 depositó material en la laguna A, resultado del desplazamiento masivo de detritos. El material depositado está compuesto principalmente por fragmentos de roca sedimentaria y suelo, producto de un movimiento en masa que involucró la remoción de material de la pendiente del valle aguas arriba.

Tabla 3. Características de las lagunas después del primer evento (26 de marzo)

Características	Laguna A	Laguna B
Tipo de dique	Roca	Roca / suelo
Tipo de laguna	Periglacial	Periglacial
Área (m ²)	7889.04	7225.63
Perímetro (m)	495.44	448.08
Ancho máximo (m)	96.60	80.15
Largo máximo (m)	155.85	155.85
Borde libre (m)	0.5	0

Fuente: INAIGEM (2025)

Tabla 4. Características de las lagunas después del segundo evento (28 de abril)

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

Características	Laguna A	Laguna B
Tipo de dique	Roca	Roca / suelo
Tipo de laguna	-	Periglacial
Área (m ²)	0	7225.63
Perímetro (m)	0	448.08
Ancho máximo (m)	0	80.15
Largo máximo (m)	0	155.85
Borde libre (m)	0	0

Fuente: INAIGEM (2025)

4.3.2 Lagunas en formación en contacto con el glaciar

Las lagunas en formación al pie del nevado Vallunaraju son cuerpos de agua proglaciares como resultado del derretimiento progresivo del glaciar. En la interfaz glaciar-laguna, se han desarrollado cavidades subglaciares que facilitan el desprendimiento continuo de bloques de hielo hacia la laguna. Estos desprendimientos de glaciar representan un proceso dinámico de interacción entre el glaciar y el sistema lacustre, donde se forman ondas de impulso que viajan hacia la zona frontal originando desbordes.

Tabla 5. Características de las lagunas C y D

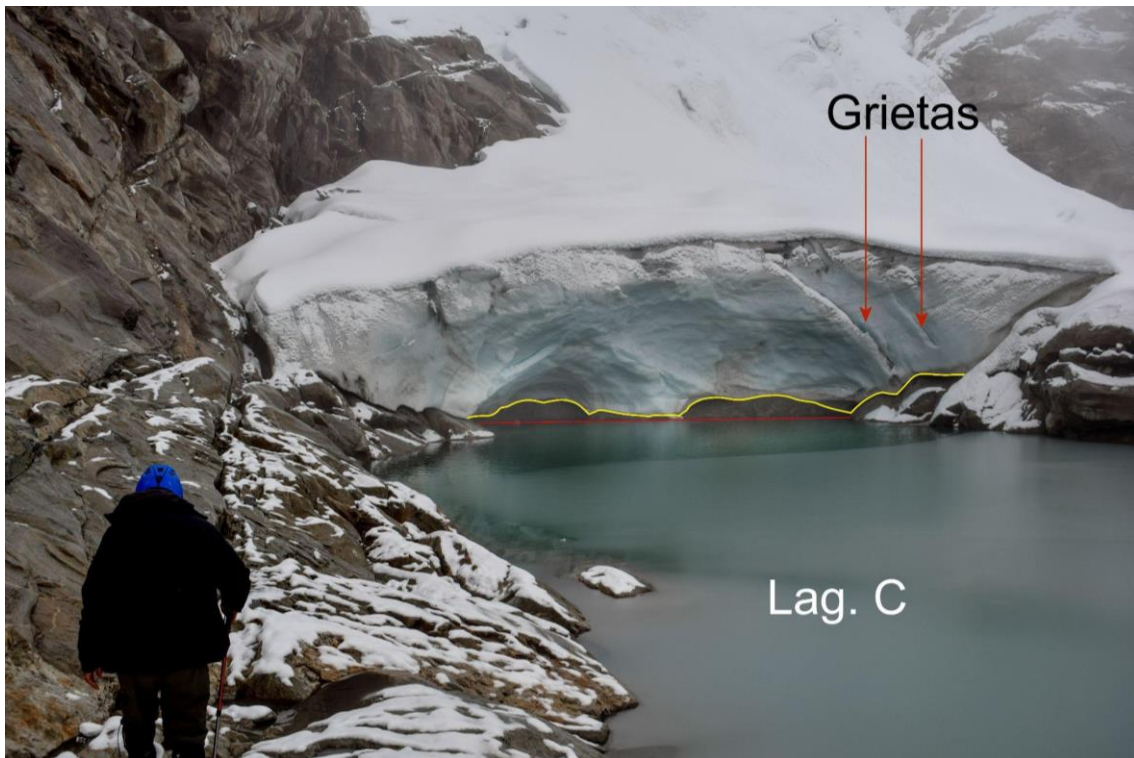
Características	Laguna C	Laguna D
Año de origen	2019	2016
Tipo de dique	Roca	Roca
Tipo de laguna	Proglacial	Proglacial
Volumen (m ³)	55 000 (*)	15 000 (*)
Área (m ²)	4624.56 (**)	9677.55 (**)
Perímetro (m)	456.62 (**)	728.33 (**)
Ancho máximo (m)	42.64 (**)	94.25 (**)
Largo máximo (m)	160.04 (**)	179.53 (**)
Borde libre (m)	0	0
Tipo de descarga	superficie libre	subglacial

Nota. (*) estimación hasta abril 2025, (**) información hasta abril 2025, fuente INAIGEM 2025.

La Tabla 5 presenta las características geométricas de las lagunas en formación. Es importante señalar que la laguna D se encuentra actualmente en proceso de formación debido al derretimiento glaciar, mientras que la laguna C ha alcanzado su contorno máximo de desarrollo, estableciendo un vaso de embalse rocoso, como se ilustra en la Figura 25 y Figura 26, donde el macizo rocoso se muestra entre la línea de color amarillo y rojo; además en la Figura 26 se muestra el tipo de descarga subglacial de la laguna D (flecha celeste), donde las aguas de la laguna D son vertidas a la laguna C. Respecto a la laguna C a pesar de haber alcanzado su máximo desarrollo, aún se observan las cavernas de hielo sobre la laguna con grietas marcadas, lo que sugiere que los desprendimientos de hielo continuarán, provocando oleajes y desbordes, hasta que se agote la fuente de glaciar susceptible. La zona de descarga de estas lagunas es de material rocoso perteneciente al batolito de la Cordillera Blanca BCB (granodiorita / tonalita) (Figura 27 y Figura 28).

Figura 25. Vista de la caverna de hielo y macizo rocoso en la laguna C

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**



Fuente: INAIGEM 2025.

Figura 26. Zona de descarga de la laguna D hacia la laguna C



Nota. La flecha celeste muestra la descarga de la laguna D hacia la laguna C. Fuente: INAIGEM 2025.

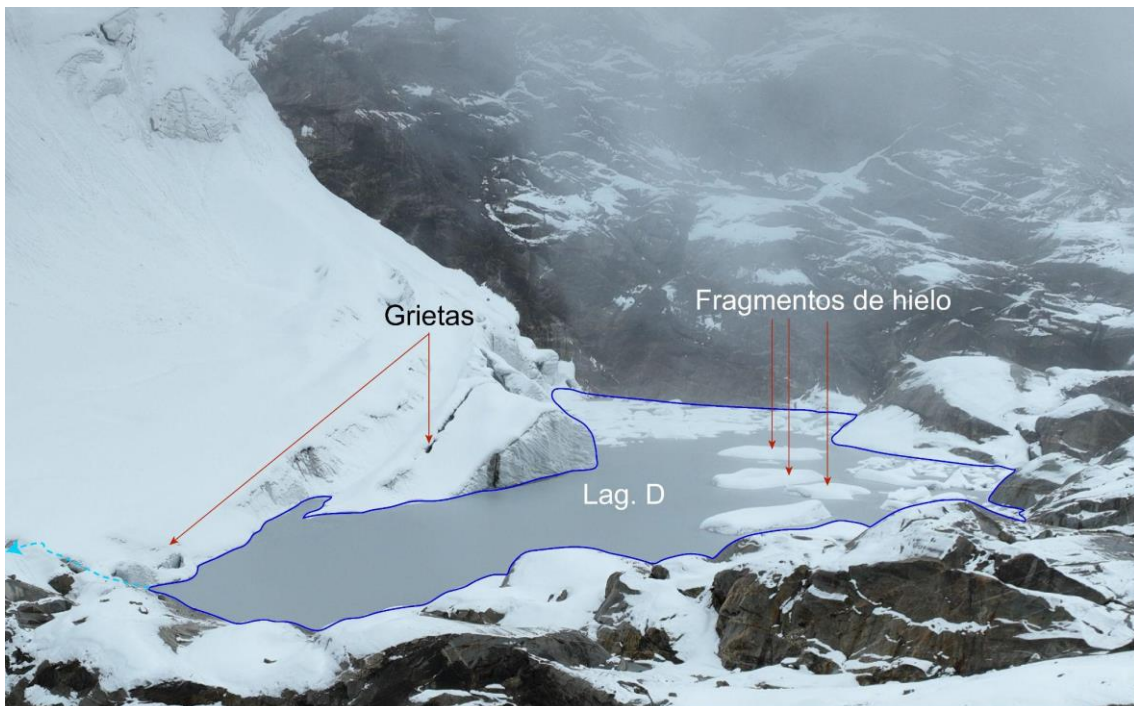
Figura 27. Vista panorámica de las Lagunas C y D

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**



Nota. INAIGEM 2025.

Figura 28. Laguna en formación D



Nota. La flecha celeste ilustra la descarga subglacial de la laguna D hacia la laguna C. Fuente: INAIGEM 2025

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

5 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS AFECTADOS

El evento GLOF suscitado el 28 de abril de 2025 en la unidad hidrográfica Llaca, afectó diversos tipos de infraestructura, tanto pública como privada; se detalla a continuación la afectación generada a infraestructura pública, correspondiente a infraestructura vial, infraestructura de saneamiento, canales de irrigación, defensa ribereña; asimismo la afectación a infraestructura privada y medios de vida.

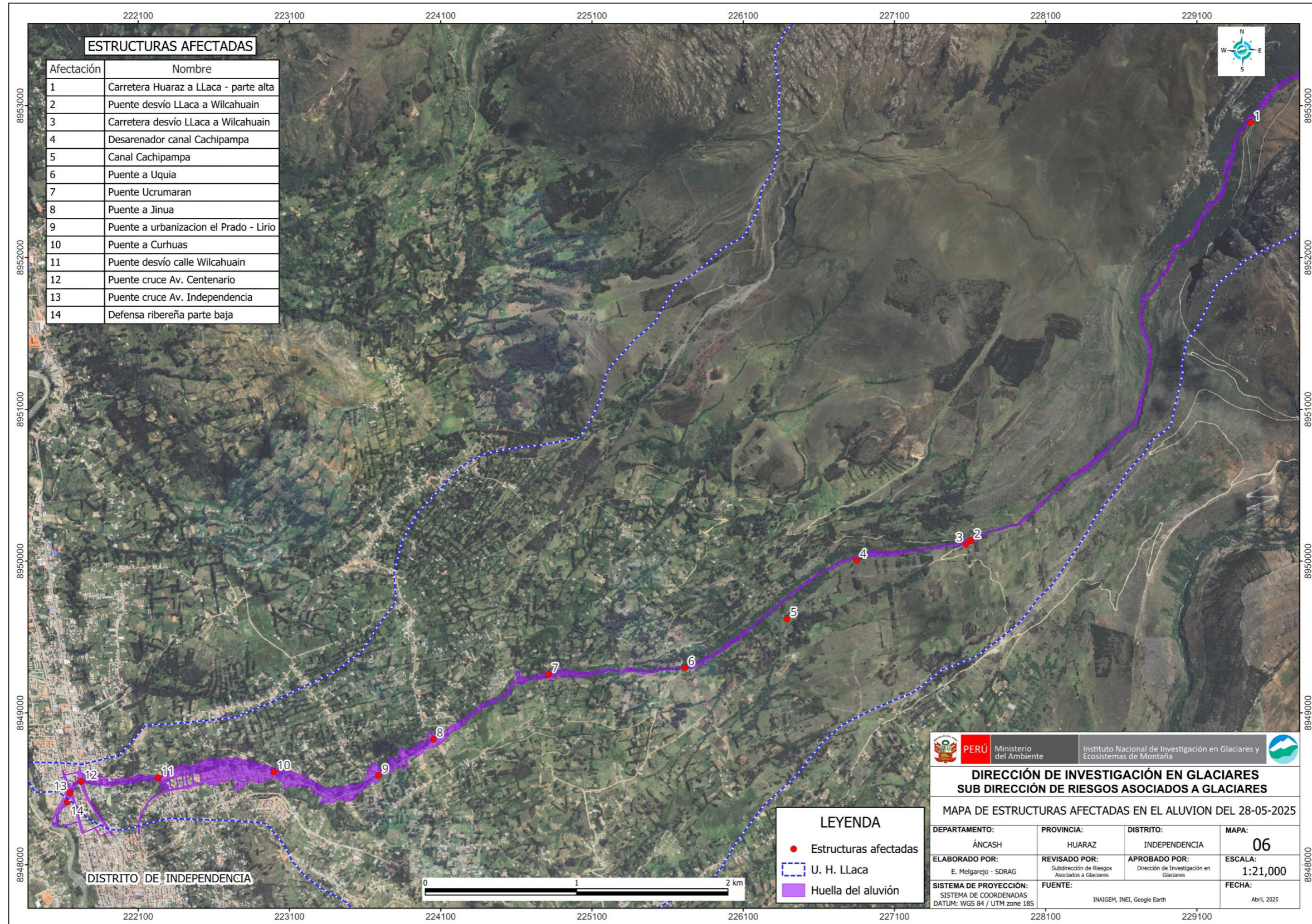
Afectación a infraestructura vial:

Se ha identificado que a lo largo de la huella del flujo del aluvión en el río Casca, se han visto afectados puentes importantes, así como carreteras, calles y caminos, lo cual ha dejado en algunos casos incomunicados a algunos sectores, y en otros casos en situación de riesgo en la transitabilidad, siendo que las personas siguen transitando por infraestructura vial con daño severo y/o riesgo de colapso, situación que merece atención inmediata por parte de las autoridades competentes.

La Figura 29 se muestra la ubicación de los sectores e infraestructura afectada.

INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

Figura 29. Mapa de elementos afectados por el GLOF del 28 de abril de 2025



**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 30. Afectación 1, Carretera Huaraz a laguna Llaca (parte alta), pérdida de parte de la plataforma, en un tramo de aproximadamente 200 m.



Figura 31. Afectación 2, Puente desvío Llaca a Willcahuain, infraestructura arrasada por el aluvión.



INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES EL 28 DE ABRIL DE 2025

Figura 32. Afectación 3, Carretera desvío de Llaca a Willcahuain, pérdida de parte de la plataforma, flujo de lodos y bloques de roca depositados.



Figura 33. Afectaciones 4 y 5, Canal Cachipampa, canal de irrigación colmatado y rebasado con lodo, afectación de algunos campos de cultivo (colindante a la carretera Willcahuain - Llaca).



- A: Huella del lodo que ha sido derramado cuando el canal ha sido colmatado.
- B: Canal colmatado de lodo con restos de vegetación
- C: Desarenador de la bocatoma colapsado por lodo transportado por el aluvión
- D: Ámbito de influencia directa del aluvión así mismo zonas de arrastre por el paso del flujo

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 34. Afectación 6, Puente a Uquia, estructura a punto de colapsar, se visualizan bases de estribos socavados y superestructura totalmente dañada.



Figura 35. Afectación 7, Puente Uqramaran, infraestructura arrasada por el aluvión.



A: Puente desaparecido por el impacto del aluvión

B: Vivienda impactada con destrucción parcial, similares que se observa aguas abajo

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 36. Afectación 13, Puente cruce Av. Independencia, socavación en el fondo del cauce, deja expuestas las bases de los estribos del puente.



Figura 37. Afectación 14, Defensa ribereña parte baja, socavación en la base del muro de protección del cauce (parte baja), riesgo de colapso



**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

Figura 38. Afectación en el área urbana del distrito de independencia



- A: Cauce del río Santa
- B: Puentes afectados por el desborde del río Casca
- C: Inundación por lodo de aluvión en las viviendas ubicadas en las márgenes del río Casca
- D: Afectación a campos de cultivo y otros medios de vida de los pobladores de la zona.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

6 CONCLUSIONES

- El 26 de marzo ocurrió un aluvión (flujo de detritos) de baja magnitud por el desborde violento de dos lagunas, cuyo desencadenante fue las precipitaciones pluviales, que provocaron la remoción de material detrítico de origen glaciar acumulado en el cauce de la quebrada. Al saturarse este material cayó por gravedad hacia la laguna A, provocando que este cuerpo de agua se vierta aguas abajo en la laguna B. Esta última también se desbordó, originándose de esta manera el aluvión en la microcuenca Llaca, afectando 20 m del tramo de la carretera Huaraz - laguna Laca.
- El origen del aluvión del 28 de abril es distinto al suceso del 26 de marzo, el GLOF de abril ocurrió a consecuencia de un derrumbe del macizo rocoso de roca sedimentaria de la Formación Chicama localizado en la ladera derecha de las lagunas A y B. Este derrumbe de rocas desplazó por completo la laguna A, vertiendo sus aguas sobre la laguna B, lo que provocó el desborde violento de este. Como consecuencia se generó un flujo de detritos (GLOF) que socavó la ladera hasta el fondo del valle de Llaca, afectando un tramo de 100 metros de la carretera Huaraz-Llaca.
- Este aluvión generó un cono proluvial/aluvial en la desembocadura de la microcuenca de Llaca, depositando el material más grueso en el fondo del valle. Este evento represó el cauce natural de la quebrada Llaca y generó un pequeño embalse temporal. Posteriormente, el flujo continuó su recorrido por el fondo del valle con mucha energía, permitiendo el arrastre de materiales finos y superficiales que fueron depositados en la parte baja y llana de la subcuenca Casca, donde se localiza la zona urbana del distrito de Independencia. Finalmente, el flujo continuó su trayecto hasta llegar al río Santa.
- Tras el aluvión ocurrido el 28 de abril, desapareció la laguna A y la concavidad o depresión donde se ubicaba. Sin embargo, aún permanece la laguna B, y se estima que contiene un volumen aproximado de 30 000 m³. El entorno de esta laguna se ha identificado como una zona crítica por su alta susceptibilidad a derrumbes, por consiguiente, el peligro persiste en este sector de la microcuenca Llaca persiste, y existe una alta probabilidad de que ocurra un evento similar si no se implementa una medida permanente que permita reducir de forma efectiva el volumen de agua almacenado.
- Las lagunas glaciares en formación situadas al pie del nevado Vallunaraju, denominadas en este informe como C y D, son lagunas proglaciares que se emplazan en un vaso de embalse rocoso. La C presenta un desarrollo completo, mientras que la D aún se encuentra en proceso de formación debido al derretimiento glaciar. En el área de contacto entre el glaciar y la laguna, se observan fenómenos de desprendimiento glaciar, los cuales generan oleajes y desbordes, reflejando la dinámica de interacción entre el glaciar y el cuerpo de agua. Finalmente, mencionar que, la zona de descarga presenta un material competente (granodiorita/tonalita).

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

- Finalmente, el aluvión del 28 de abril afectó principalmente a las localidades de Paria Wilcahuain, Lirio, Ucrumaran, Jinua, Cachipampa y el sector de Palmira en el área urbana del distrito de Independencia; la afectación corresponde a su población, parte de sus viviendas e infraestructura pública como carreteras, puentes, caminos de herradura, calles, obras de saneamiento, canales de irrigación y defensa ribereña.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

7 RECOMENDACIONES

Al Gobierno Regional de Áncash, la Municipalidad Provincial de Huaraz y la Municipalidad Distrital de Independencia:

- Realizar la reducción del nivel del espejo de agua de la laguna B, y las lagunas C y D las cuales se encuentran en contacto con el glaciar Vallunaraju, mediante la implementación de sifones con tuberías HDPE de 12" y otras técnicas factibles de ejecutar, a fin de reducir el riesgo por desborde. A mediano plazo, considerar la implementación de un sistema de descarga de las lagunas, como obra definitiva, que permita reducir el nivel del espejo de agua a una cota de seguridad.

Se recomienda tener en cuenta que la zona frontal de la laguna B, C y D está compuesta por roca granodiorita/tonalita, material de alta competencia, lo cual deberá ser tomado en cuenta para la selección del sistema constructivo para las obras definitivas de descarga de las lagunas mencionadas. Es recomendable que, durante la intervención en las lagunas, se evite el uso de explosivos u otros métodos que generen niveles elevados de ruido, ya que estas actividades podrían inducir vibraciones que impacten negativamente sobre la estabilidad del glaciar, causando desprendimientos.

- Solicitar asistencia técnica a las entidades técnico-científicas para la elaboración de estudios de evaluación del peligro por aluvión en la subcuenca Casca, considerando el escenario más desfavorable; se sugiere tener en cuenta a la laguna Llaca y las lagunas que se encuentren dentro de su entorno.
- Incluir los estudios elaborados por las instituciones técnico-científicas como parte del diagnóstico territorial de los diferentes instrumentos de planificación urbana y gestión territorial, para restringir nuevas edificaciones y asentamiento de población permanente sobre las áreas de peligro en las riberas del río Casca.
- Solicitar asistencia técnica al INDECI y las entidades técnico-científicas para implementar un Sistema de Alerta Temprana (SAT) por aluvión en la subcuenca Casca, considerando la instalación de líneas de activación de alerta (Trigger Line) mínimamente en tres zonas: salida de la laguna B, lagunas en formación y al interior de la microcuenca Llaca. Asimismo, en el corto plazo, se recomienda la elaboración de mapas de rutas de evacuación y la implementación de la señalización correspondiente.

**INSPECCIÓN TÉCNICA DEL ALUVIÓN EN LA SUBCUENCA CASCA DEBIDO AL DESBORDE DE LAGUNAS GLACIARES
EL 28 DE ABRIL DE 2025**

8 BIBLIOGRAFÍA

Giovanni, M.K. (2007) - Tectonic and thermal evolution of the Cordillera Blanca detachment system, Peruvian Andes: implications for normal faulting in a contractional orogen. Doctor of Philosophy in Geology, University of California, Los Angeles, 237 p.

Margirier, A.; Audin, L.; Robert, X.; Herman, F.; Ganne, J. & Schwartz, S. (2016) - Time and mode of exhumation of the Cordillera Blanca batholith (Peruvian Andes). *Journal of Geophysical Research, Solid Earth*, 121(8): 6235-6249. <https://doi.org/10.1002/2016JB013055>

Margirier, A.; Robert, X.; Audin, L.; Gautheron, C.; Bernet, M.; Hall, S. & Simon-Labric, T. (2015) - Slab flattening, magmatism, and surface uplift in the Cordillera Occidental (northern Peru). *Geology*, 43(11): 1031- 1034. <https://doi.org/10.1130/G37061.1>

Mukasa, S.B (1984) - Comparative Pb isotope systematics and zircon U-Pb geochronology for the Coastal, San Nicholas and Cordillera Blanca Batholiths, Peru. PhD Thesis, University of California, Santa Barbara, 362 p.