

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7027**

**Primer reporte**

# **INSPECCIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA EN LA LAGUNA SALKANTAYCOCHA**

Región Cusco  
Provincia La Convención  
Distrito Santa Teresa



## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	4
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	4
<b>3. ASPECTOS GENERALES</b> .....	5
<b>3.1. Ubicación y accesibilidad</b> .....	5
<b>3.2. Objetivos</b> .....	6
<b>3.3. Clima y vegetación</b> .....	6
<b>4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	8
<b>5. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	9
<b>5.1. Estado actual de la laguna Salkantaycocha</b> .....	9
<b>5.2. Movimientos en masa en el río Salkantay</b> .....	12
<b>CONCLUSIONES</b> .....	17
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	18
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	19

## RESUMEN

El nevado Salkantay se ubica en la Cordillera de Vilcabamba, en los Andes orientales del sur del Perú. Políticamente se localiza en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, región Cusco.

Litológicamente, el nevado Salkantay yace sobre rocas intrusivas correspondientes al Batolito de Machupicchu del Pérmico - Triásico, de este o este afloran rocas metamórficas del Paleozoico inferior, conformado por metavolcánicas, anfibolitas y gneis, correspondientes al Complejo Iscaybamba, en algunos sectores se encuentran cubiertos por depósitos cuaternarios (coluviales principalmente).

Estructuralmente, en la zona de estudio se cuenta con un sistema de fallas Collpapampa y Maranpata – Amparay (Carlotto et al., 1999).

Desde el punto de vista geomorfológico, sus vertientes más altas han sido modeladas por la acción erosiva de los glaciares, formando paisajes muy característicos, como circos y valles glaciares en forma de “U”.

El 23 de febrero, se desencadenó un aluvión producto del desembalse violento de la laguna Salkantaycocha (avalancha), por el lado frontal de la morrena o dique natural, sin generar procesos de ruptura o fracturamiento alguno.

El aluvión, recorrió alrededor de 38km desde el desembalse hasta la desembocadura en el río Vilcanota (1485 m s. n. m.), en cuyo trayecto ensancho el cauce y erosionó la base del río Salkantay, profundizándola por sectores hasta en 10m.

Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámica externa que presenta los sectores de Huayracmachay, Chaullay, Huiñaypoco. Palmaderayoc, Playa Sahuayaco, Cochapampa y Paltaychayoc, se les considera como **Zonas Críticas y de Peligro Alto** a la ocurrencia de un aluvión.

El nivel de riesgo por desembalse de la laguna Salkantaycocha es alta, debido a la vulnerabilidad alta y al peligro alto que representa la inestabilidad de la zona glaciar, en relación a la disminución de la cobertura (hielo y nieve) de los afloramientos rocosos, que se encuentran expuestos ante agentes erosivos, haciéndolos más susceptibles a caídas, derrumbes, desprendimiento, entre otros.

Por lo cual, se recomienda implementar un dique artificial en la laguna Salkantaycocha, para represar el agua de los desprendimientos de hielo del nevado Salkantay. Así mismo se recomienda reubicar temporalmente al sector Playa Sahuayaco a la zona denominado Chaquiorcco; posteriormente, estudios especializados determinaran la reubicación definitiva. Del mismo modo se recomienda reubicar a los poblados ubicados en las márgenes del río Salkantay, debido a que se encuentran en una zona de peligro alto ante la ocurrencia de un aluvión.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) y la ACT.7, evaluación de peligros geológicos a nivel nacional, cuyo alcance contribuye con entidades gubernamentales en los diferentes niveles de gobierno (nacional, regional y local), a partir del reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios susceptibles a movimientos en masa, inundaciones u otros peligros geológicos asociados a eventos hidroclimáticos, sísmicos o de reactivación de fallas geológicas y/o asociados a actividad volcánica.

El INGEMMET, por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico comisionó a la geóloga Guisela Choquenaira Garate, para realizar la evaluación técnica en el nevado Salkantay, los días 25 y 26 de febrero del presente año, para lo cual se contó con el apoyo del Ing. William Mendoza de CENEPRED, previa coordinación con el Ministro de MINCETUR, personal del Instituto Nacional de Defensa Civil, INDECI, COER y autoridades locales.

Mediante esta asistencia técnica el INGEMMET proporciona un informe técnico que incluye resultados de la evaluación geológica-geodinámica realizada, así como recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención en el marco del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres; para cuya evaluación se realizaron trabajos de recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos, GPS, cartografía, procesamiento de información y redacción del informe.

## 2. ANTECEDENTES

Entre los principales estudios realizados a nivel regional en la zona se pueden mencionar:

- El Mapa de vulnerabilidades y riesgo del distrito de Santa Teresa dentro del proyecto de glaciares (Portocarrero, 2014), muestra la simulación ante un posible aluvión, donde las comunidades de Totorá, Manchayhuayco, Sahuayaco (figura 1) y Suriray están amenazadas por potenciales aluviones. Todas estas comunidades se encuentran ubicadas en el borde de la zona de peligro.



**Figura 1.** El sector de Sahuayaco se encuentra en peligro alto ante el posible aluvión que discurriría por la microcuenca Salkantay. Fuente: Portocarrero, 2014.

- Evolución glacial a finales del Holoceno, en los nevados Salkantay y Huamantay y su impacto frente al cambio climático (Concha 2015). Hace referencia al retroceso glacial de los nevados Salkantay y Huamantay debido al cambio climático.
- Zonas Críticas por peligros geológicos en la región Cusco (Vílchez, M. & Sosa, N. 2014), determinaron 75 zonas críticas, dentro del cual resaltan áreas, que luego del análisis de los peligros identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestos (infraestructuras, centros poblados y vías de acceso), se les considera como zonas con peligro potencial de generar desastres.
- El “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa” (GEOCATMIN-INGEMMET, 2010), muestra que el distrito de Santa Teresa se encuentra en zona de susceptibilidad alta a movimientos en masa; además de acuerdo al inventario de peligros geológicos, se ha identificado la presencia de deslizamientos, derrumbes erosión fluvial, y flujos de detritos (huaico).

### 3. ASPECTOS GENERALES

#### 3.1. Ubicación y accesibilidad

El nevado Salkantay se encuentra ubicado en la Cordillera de Vilcabamba, en los Andes orientales del sur del Perú. Políticamente se localiza en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención, región Cusco (figura 2), cuyas coordenadas centrales UTM WGS84 son 765504 E, 8524146 S a 6100 m s. n. m.

La laguna Salkantaycocha ubicada a 4500 m s. n. m, en la parte alta de la cuenca Salkantay, presenta forma alargada, con longitudes de 513m de largo por 212m de ancho, con aguas represadas por un dique morrénico, provenientes de los deshielos de

nevado Salkantay y en menor grado de las lluvias estacionarias que usualmente se desarrolla entre los meses de diciembre a marzo.

Itinerario

Se accede a la zona de estudio desde Cusco a través de dos rutas:

- Por el sureste: Se accede a través de la carretera asfaltada Cusco – Limatambo Mollepata, de este punto se toma el desvío hacia Soray por carretera afirmada. Luego la ruta continúa por camino de herradura en un tramo de 5km hasta al nevado Salkantay (cuadro 1).
- Por el noroeste: Se accede por la carretera Cusco – Ollantaytambo - Santa Teresa, con un recorrido de 181km, la ruta continua por camino carrozable hasta el poblado de Huayracmachay, finalmente se continua por camino de herradura un tramo de 4km aproximadamente hasta llegar al Nevado Salkantay.

**Cuadro 1.** Accesibilidad a la zona de estudio.

<b>Ruta principal</b>	<b>Tipo de Vía</b>	<b>km</b>	<b>Tiempo</b>
Cusco - Limatambo	Vía asfaltada	79	1.40 h
Limatambo - Mollepata	Vía asfaltada	22.9	30 min
Mollepata - Soraypampa	Carretera carrozable (trocha)	25.8	4.20h
Soraypampa – nevado Salkantay	Camino de herradura	7.2	2h

**3.2. Objetivos**

- a. Evaluar la situación actual de la laguna Salkantaycocha, a partir del aluvión del 23 de febrero.
- b. Identificar los peligros geológicos por movimientos en masa que afectan la laguna Salkantaycocha.
- c. Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos.

**3.3. Clima y vegetación**

Según la clasificación climática de W. Koppen, la zona de estudio presenta un clima frío de alta montaña, con precipitación total anual variable de 800 mm, y una temperatura media anual inferior a 1,5°C. También se caracteriza por presentar un clima húmedo, de lluviosa a subhúmeda y frígida según el mapa climático elaborado por el Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente (IMA, 2005).

Las únicas formas de vida observadas son algunas algas, así como minúsculos líquenes y crustáceos que crecen sobre rocas de color oscuro, en los límites inferiores de la cubierta nival y muy cerca de la tundra (Carlotto et. al 2007).

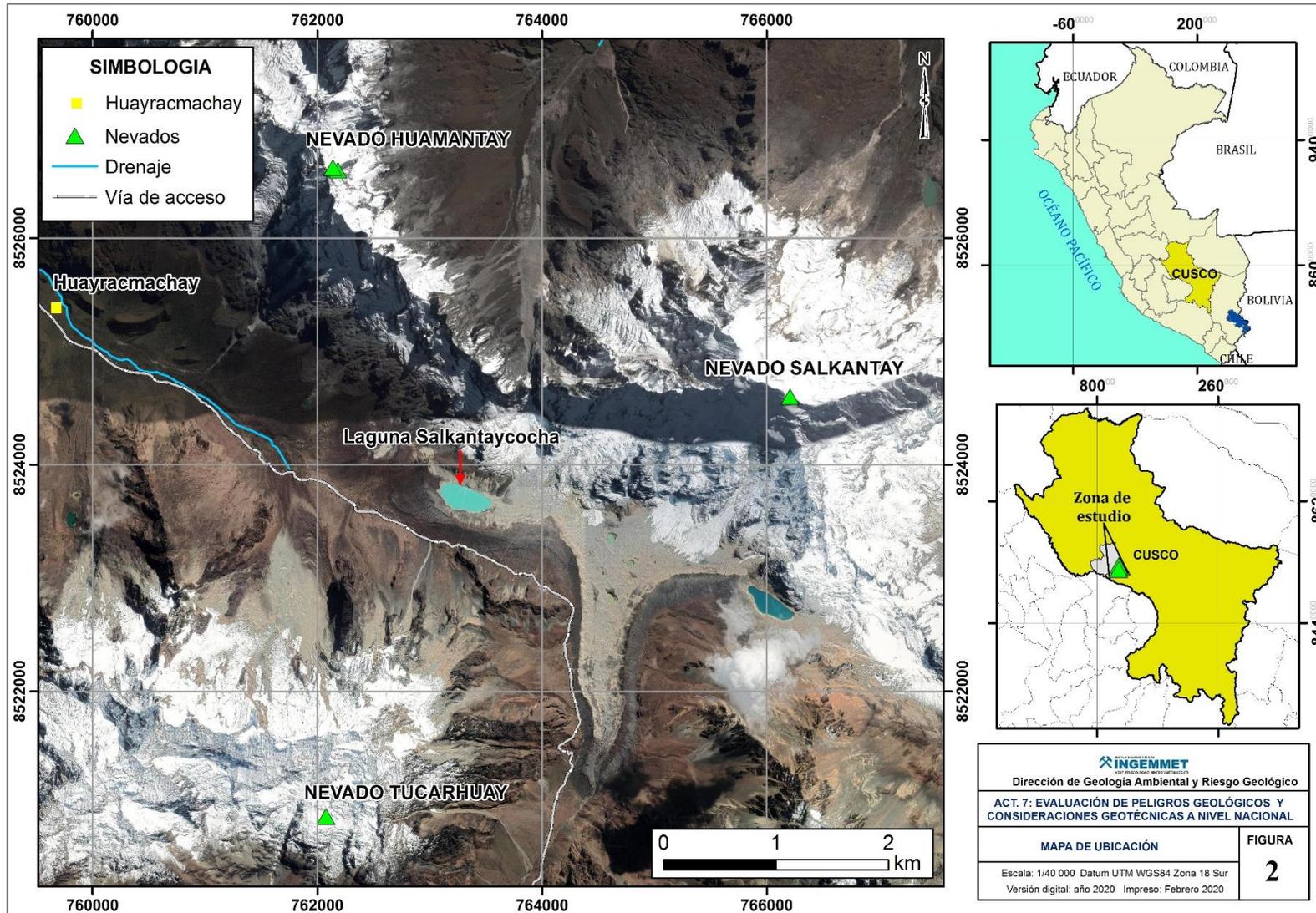


Figura 2. Mapa de ubicación de la laguna Salkantaycocha.

#### 4. ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

El nevado Salkantay está desarrollado sobre rocas intrusivas (fotografía 1) correspondientes al Batolito de Machupicchu del Pérmico-Triásico. Al este del nevado Salkantay afloran rocas metamórficas del Paleozoico inferior, consideradas como rocas más antiguas y deformadas de la región (Concha, 2015), al oeste afloran rocas metavolcánicas, anfibolitas, granito, gneis, correspondientes al Complejo Iscaybamba; sobre estas rocas se desarrollan diferentes depósitos cuaternarios (depósitos coluviales principalmente).

Estructuralmente, en la zona de estudio se aprecian fallas, fracturas y diaclasas, que conjuntamente con los procesos glaciares, han condicionado la forma del relieve (Concha, 2015). Específicamente, por la laguna Salkantaycocha atraviesa una falla inversa regional, correspondiente al sistema de fallas Collpapampa y Maranpata – Amparay (Carlotto et al., 1999).

Desde el punto de vista geomorfológico, sus vertientes más altas han sido modelados por la acción erosiva de los glaciares, formando paisajes muy característicos, como circos y valles glaciares en forma de “U”, cuyas vertientes están cubiertas por depósitos de till (fotografía 2), que son sedimentos originados por la acción glaciár.



**Fotografía 1.** Vista de afloramiento de roca intrusiva muy fracturada, en la margen izquierda del río Salkantay.



**Fotografía 2.** Vista del nevado Salkantay cubierto por material inconsolidado (till) y afloramiento rocoso con escasa nieve.

## 5. PELIGROS GEOLÓGICOS

### 5.1. Estado actual de la laguna Salkantaycocha

El 23 de febrero, a la 1. p.m. aproximadamente, se desencadenó un aluvión producto del desembalse violento que originó una avalancha (conformado por hielo y roca principalmente), proveniente de la cara suroeste del nevado Salkantay sobre la laguna Salkantaycocha. El desembalse se originó por el lado frontal de la morrena o dique natural, con un salto de 12 a 15 m aproximadamente, sin generar procesos de ruptura o fracturamiento alguno.

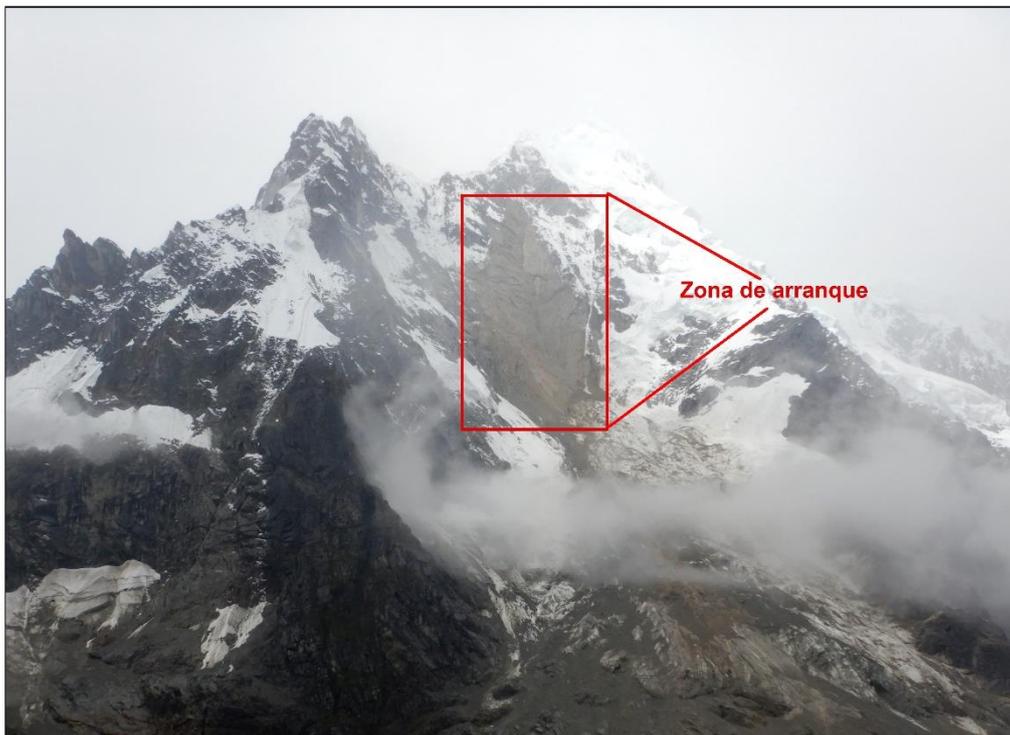
El dique morrénico que contiene a la laguna, de 0.66 km<sup>2</sup> de área, se correlaciona a la formación durante los periodos glaciares del Pleistoceno y Holoceno (Licciardi, 2009), los cuales están constituidos principalmente por bloques de roca granítico, envueltos en una matriz gravo arcillosa.

En la vertiente sur del nevado Salkantay aún se observa el desprendimiento de roca de hasta 12 m de diámetro (figura 3), que impactó sobre la laguna.

La avalancha en su proceso dinámico impactó contra la morrena lateral izquierda, generando otro desembalse en dirección sureste, depositándose bloques de hasta 3m sobre el camino de herradura, vía bastante utilizada por turistas.

Es importante mencionar que las paredes de la morrena lateral izquierda y derecho se encuentran inestables, debido a los deslizamientos, derrumbes y caída de detritos que originó la avalancha (figura 4).

Según manifiestan los pobladores, la caída de rocas es constante durante todo el año en el nevado Salkantay, lo cual representa un peligro latente, con altas probabilidades de generar otro aluvión de mayor magnitud debido a la ruptura del dique natural y al deshielo que dejó los afloramientos rocosos expuestos ante agentes erosivos.



**Figura 3.** Vista del desprendimiento de roca de la cara suroeste del nevado Salkantay.

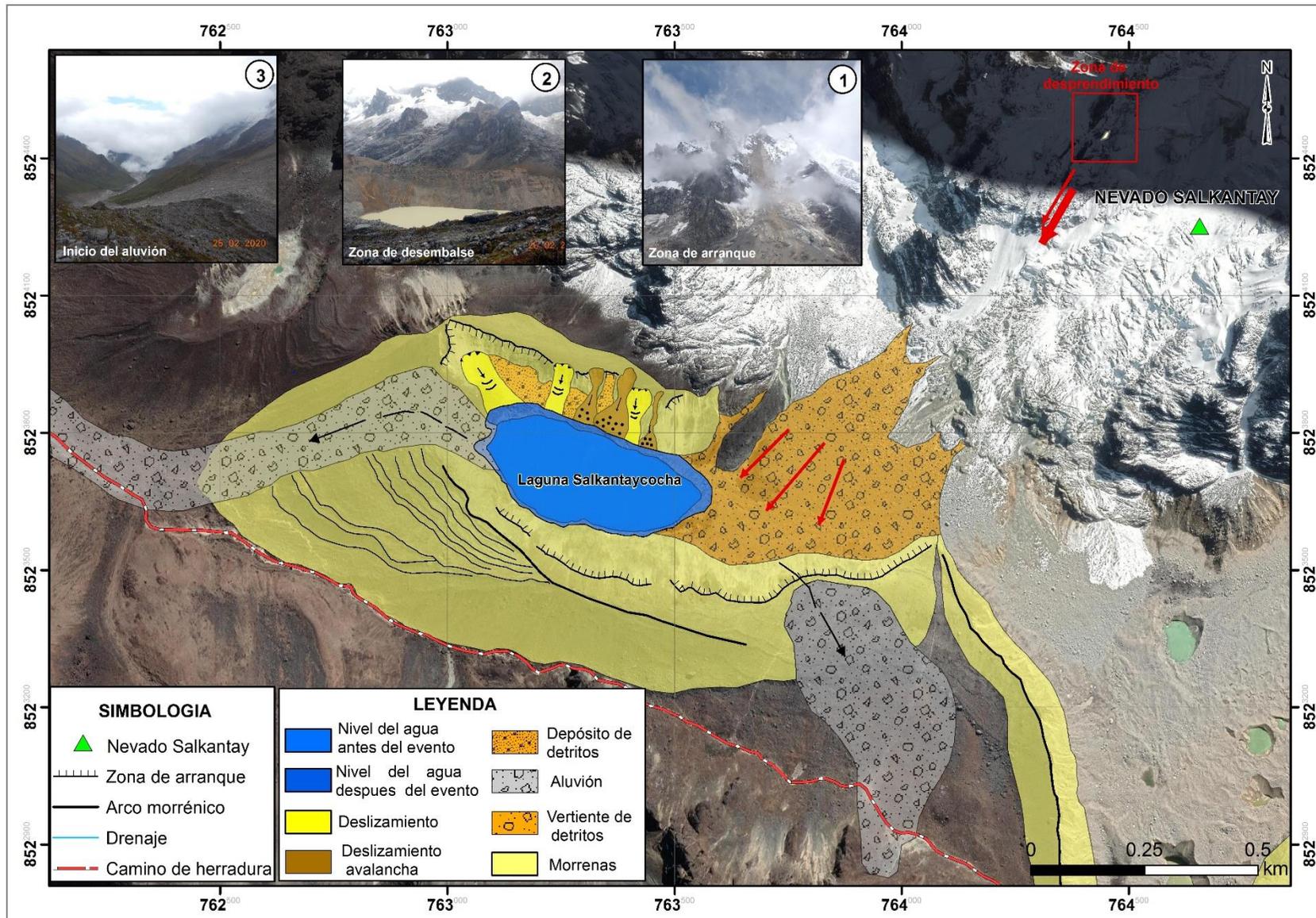


Figura 4. Cartografía de peligros geológicos y el proceso evolutivo que generó el aluvión del 23 de febrero, a partir de una avalancha.

La fotografía 3 muestra que a partir de la avalancha que impactó sobre la laguna Salkantaycocha, incrementó el nivel del agua en 12m de altura en promedio (fotografía 3a).

En la fotografía 3b se puede observar cantidad considerable de material de escombros alrededor de la laguna, que son fácilmente removibles y erosionables, constituidos principalmente de bloques graníticos que varían de 0.5 a 3m de diámetro.



**Fotografía 3.** Vista de la laguna Salkantaycocha. a) Tomada el 4 de febrero del 2020 (Fuente: Trekking Salkantay), b) Tomada posterior al desembalse.

Actualmente, la laguna se encuentra a 50m de profundidad, con respecto a los laterales de la morrena, sin embargo, al lado frontal de la morrena se encuentran a 20m de altura.

## 5.2. Movimientos en masa en el río Salkantay

El aluvión, de origen en la laguna Salkantaycocha (4480 m s. n. m.) recorrió alrededor de 38km desde el desembalse sobre la morrena frontal hasta la desembocadura en el río Vilcanota (1485 m s. n. m.), en cuyo trayecto erosionó la base del río Salkantay, socavando y profundizándose hasta en 10m por sectores (fotografía 4 a, b).

A continuación, mediante la figura 5 y secciones fotográficas A, B, C, D, E se han identificado los principales sectores afectados por el aluvión.

Figura 5A, el aluvión al perder capacidad de transporte, depositó el material más grueso (bolones de hasta 6m) a la altura del sector Huayracmachay, ensanchando su cauce en 200 m, para luego en la zona baja acarrear material fino (lodo). El daño ocasionado comprende la destrucción de varias viviendas y la pérdida de 06 vidas humanas.

En su trayecto la dinámica erosiva del aluvión, al pasar por el sector Chaullay socavó ambas márgenes de la ladera (figura 5B), generando sucesivos derrumbes (fotografía 5).

De igual manera, a lo largo del río Salkantay se observan continuos derrumbes y deslizamientos, condicionados principalmente por la pendiente empinada (65°) de sus laderas y el substrato rocoso fracturado y muy meteorizado; la mayor evidencia se presenta en el sector Huiñaypoco (Figura 5C), donde el deslizamiento activo podría generar el represamiento del río, y su posterior desembalse afectaría nuevamente a los sectores ubicados aguas abajo.

El sector Playa Sahuayaco, está ubicado en la margen izquierda del río Salkantay, sobre una terraza aluvial, conformado por bloques, gravas y arenas depositado por huaicos antiguos que han ido migrando el cauce hacia la margen derecha. El aluvión del 23 de febrero, inundó en su totalidad la terraza más baja del sector, ensanchando su cauce en ese punto en 100m aproximadamente (figura 5D); dicho evento ocasionó el colapso del puente de acceso a pueblos aledaños y varios tramos carreteros. Así también se evidenció el sobrepaso de la terraza sobre la cual se ubica el sector de Cochapampa, alcanzando alturas de hasta 8m, inundando gran parte de las viviendas

Finalmente, en su último alcance de recorrido de dicho aluvión, se puede evidenciar flujos de lodo que colmataron y colapsaron el puente Saucepampa (figura 5E), dejando inhabilitado la vía de acceso a la central Hidroeléctrica de Machupicchu y los baños Termales de Cocalmayo.



**Fotografía 4.** a, Trayecto del aluvión en el río Salkantay. b) Vista de la dinámica erosiva a la altura del sector Chaullay

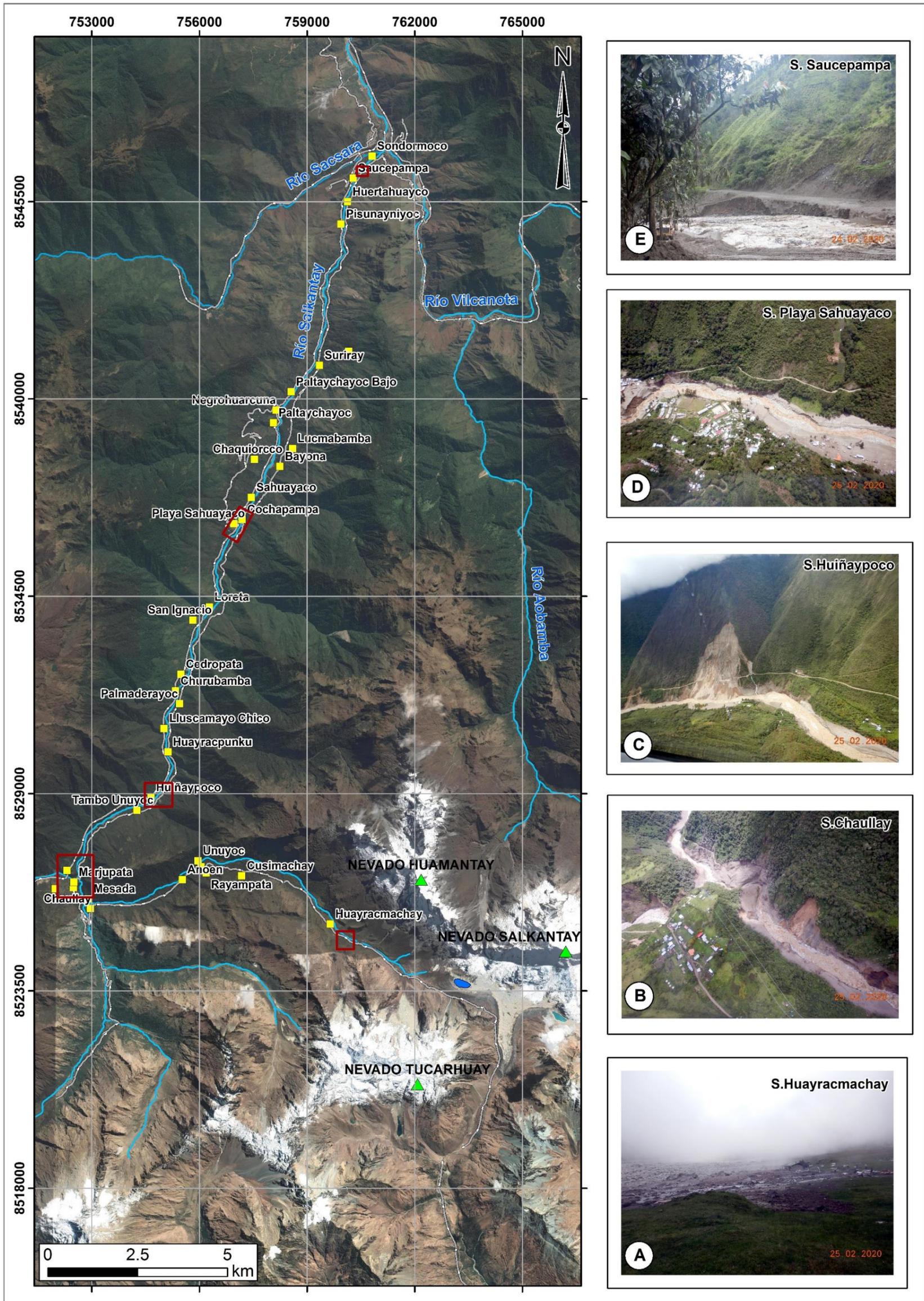


Figura 5: Principales sectores afectados por el aluvión del 23 de febrero.



**Fotografía 5.** Zona de derrumbes producto de la dinámica erosiva que generó el aluvión.

De igual modo podemos mencionar que en el sector Paltaychayoc la dinámica erosiva del aluvión generó el ensanchamiento del cauce en 20m hacia la margen derecha (figura 6), cuyo socavamiento en la base inferior de la terraza debilita los cimientos y expone a peligros por erosión fluvial a las viviendas emplazadas al límite de la terraza (figura 7).



**Figura 6.** El sector Paltaychayoc, emplazado en la margen derecha, viene siendo afectado por la dinámica erosiva del aluvión.



**Figura 7.** Se observan viviendas a punto de colapsar debido a la erosión en el talud, que generó el aluvión.

Es importante mencionar que, el trabajo realizado por Portocarrero C, 2014, determina zonas de riesgo para cada sector localizado en ambas márgenes del río Salkantay. Teniendo así que los sectores de Cochapampa, Lucmabamba y Suriray presentan niveles de riesgo alto y una combinación de riesgo alto y medio para los sectores de Saucepampa, Manchayhuacco, Paltaychayoc, Sahuayaco, Santa Rosa y Totorá; sólo algunas comunidades como: Achirayoc, Mesada, Sullucuyoc y Yanatile presentan riesgo medio y ninguna se considera como riesgo bajo (cuadro 2).

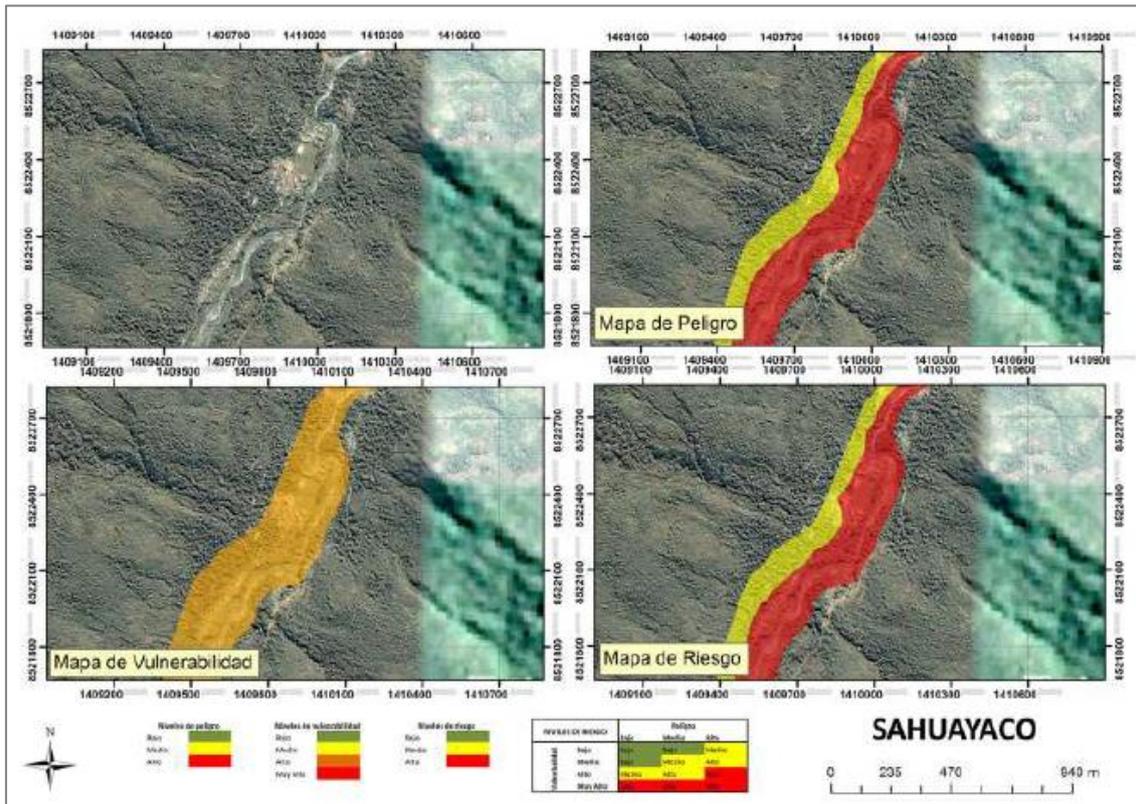
Para lo cual, en la figura 8, se muestra el mapa de riesgo para el sector Playa Sahuayaco (fotografía 6), donde se determina una zona de riesgo alto a medio a la ocurrencia de un aluvión.



**Fotografía 6.** Sector Playa Sahuayaco afectado por el aluvión del 23 de febrero.

Comunidad	Riesgo
Achirayoc	Medio
Ahobamba	Alto
Andihuela	Alto - Medio
Cochapampa	Alto
Huadquiña-Saucepampa	Alto – Medio
Lucmabamba	Alto
Lucmapampa	Alto
Manchayhuacco	Alto – Medio
Mesada	Medio
Paltaychayoc	Alto – Medio
Sahuayaco	Alto – Medio
Santa Rosa	Alto – Medio
Santa Teresa	Medio
Sullucuyoc	Medio
Suriray	Alto
Tоторa	Alto – Medio
Yanatile	Medio

**Cuadro 2.** Distribución de riesgo localizado para los sectores ubicados en las márgenes del río Salkantay. Fuente: Portocarrero, 2014.



**Figura 8.** Mapa de riesgos localizado para el sector Sahuayaco. Fuente: Portocarrero, 2014.

## CONCLUSIONES

1. Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y de geodinámica externa que presentan los sectores de Huayracmachay, Chaullay, Huiñaypoco, Palmaderayoc, Playa Sahuayaco, Cochapampa y Paltaychayoc, se les considera como **Zonas Críticas y de Peligro Alto** a la ocurrencia de un aluvión.
2. El nivel de riesgo por desembalse de la laguna Salkantaycocha es alto, debido a la peligrosidad alta y latente que representa, así como el nivel de vulnerabilidad alta por la presencia de importante número de población, algunos medios de vida y obras de infraestructura importante.
3. El agua de la laguna Salkantaycocha se encuentra sujeta a variaciones de nivel del espejo de agua, las mismas que a partir de la caída de roca y hielo de la vertiente sur del nevado Salkantay, generaron el aluvión.
4. El desembalse tuvo un salto de 12 a 15m aproximadamente por encima de la morrena frontal, sin generar procesos de ruptura o fracturamiento alguno.
5. La morrena lateral derecho es más inestable presentándose movimientos en masa de tipo caídas de detritos, derrumbes y/o avalanchas, los cuales pueden provocar el desborde de la laguna y/o ruptura del dique (morrena frontal).
6. El aluvión afectó principalmente al sector Playa Sahuayaco, donde ensanchó el cauce hacia la margen izquierda en unos 100m aproximadamente, lo cual trajo consigo el colapso del puente de acceso a pueblos aledaños y varios tramos carreteros.

## RECOMENDACIONES

### MEDIDAS ESTRUCTURALES

- Implementar un dique artificial en la laguna Salkantaycocha, para represar el agua de los desprendimientos de hielo del nevado Salkantay.
- Realizar estudios geotécnicos y geofísicos a detalle en la morrena que contiene a la laguna Salkantaycocha.
- Realizar un levantamiento topográfico de detalle en toda la zona afectada, especialmente a las zonas mostradas en la figura 7, con el objetivo de realizar estudios para el análisis de estabilidad de talud.
- Una de las principales medidas de estabilidad a aplicar en este tipo de fenómenos, es el control del agua superficial y subterránea, que son sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento y/o aumentando las fuerzas resistentes.
- Se recomienda el uso de nuevas técnicas de conservación de tierras agrícolas: cultivos de contorno, barreras vivas, estacas, cultivos de cobertura, aislamiento de quebradas y cárcavas con fajas protectoras de vegetación ribereña en la zona comprometida por el fenómeno.

### MEDIDAS NO ESTRUCTURALES

- Reubicar temporalmente al sector Playa Sahuayaco a la zona denominado Chaquiorcco; posteriormente realizar estudios especializados que determinen la reubicación definitiva. Del mismo modo se recomienda reubicar a los poblados ubicados en las márgenes del río Salkantay, debido a que se encuentran en una zona de peligro muy alto ante la ocurrencia de un aluvión.
- Realizar un continuo monitoreo del comportamiento de las morrenas en la laguna Salkantaycocha; así como también en el río Salkantay ante un posible represamiento por derrumbes o deslizamientos.
- Realizar charlas de sensibilización y concientización del peligro y riesgo al que se encuentran expuestos en la zona, especialmente a los poblados ubicados en ambas márgenes del río Salkantay y dentro de la faja marginal.
- Es de responsabilidad de las autoridades en los tres niveles de gobierno, delegar y facultar a los Grupo de Trabajo para la Gestión del Riesgo de Desastres de cada jurisdicción, el desarrollo de estudios de evaluaciones de riesgo, así como también la implementación de medidas y recomendaciones sugeridas por los especialistas en los informes elaborados y presentados, poniendo mayor énfasis e importancia ante la temporada de lluvia.



Segundo A. Núñez Juárez  
Jefe de Proyecto-Act-07



César Augusto Chacaltana Budiel  
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Carlotto, V.; Cárdenas, J.; Romero, D.; Valdivia, W. & Tintaya, D. (1999) - Geología de los cuadrángulos de Quillabamba y Machupicchu. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 127, 319 p.
- Concha, R (2015). Evolución glaciaria a finales del Holoceno, en los nevados Salcantay y Huamantay y su impacto frente al cambio climático. Tesis de pre grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Portocarrero, C (2014). El Mapa de vulnerabilidades y riesgo del distrito de Santa Teresa. Proyecto de glaciares.
- Licciardi, J. 2009. Holocene Glacier Fluctuations in the Peruvian Andes Indicate Northern Climate Linkages.