

Informe Técnico de
Inspección

LAGUNA EN FORMACIÓN LLICA



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Informe Técnico N°A03

Elaborado por:

Ing. Oscar Vilca Gómez
Especialista en Hidrología y Glaciología

Ing. Victor Bustinza Urviola
Jefe de la ODRMS

Cusco, 04 de septiembre del 2020

Oficina Desconcentrada Macro Región Sur
Instituto Nacional de Investigación en Glaciares
y Ecosistemas de Montaña – INAIGEM
Ministerio del Ambiente

Contenido

Resumen	3
1. Introducción	4
2. Antecedentes	4
3. Aspectos Generales	4
3.1. Ubicación	4
3.2. Objetivos	5
4. Caracterización	5
5. Análisis	7
6. Conclusiones	12
7. Recomendaciones	12

Informe técnico de inspección a la laguna en formación - Llica

Resumen

Llica es un cuerpo de agua de régimen temporal, por sus dimensiones y su reciente aparición no se cataloga como laguna, para fines de la caracterización y evaluación lo denominaremos laguna en formación.

Este fenómeno del “incremento súbito en el nivel del espejo de agua” es consecuencia directa del derretimiento acelerado de los glaciares, obedece a factores climáticos y cambios físicos en la superficie de estos cuerpos de hielo como son: el incremento de la temperatura media, la escasa nubosidad de la temporada seca, la alteración del albedo sobre el glaciar, factores que están causando la fusión del hielo y consecuentemente el incremento en la escorrentía, generando descargas inusuales para la temporada de estiaje.

Asimismo, mediante un análisis espacio temporal se determinó que Llica está en proceso de formación, condicionado a la dinámica del glaciar cubierto asentado dentro de la cubeta formada por el depósito cuaternario (morrena).

El presente documento contiene la caracterización y análisis de la laguna en formación y su entorno, lo cual servirá como línea base para futuros estudios en el ámbito, contiene conclusiones y recomendaciones acorde a la visita de inspección y con el objetivo principal de evaluar la situación de esta laguna en formación.

Este informe técnico de inspección está sujeto a cambios según la información que se irá generando, además, según el seguimiento futuro de este cuerpo de agua se podrían plantear nuevas hipótesis y recomendar estudios que nos permitan el mejor entendimiento de los fenómenos relacionados a los glaciares y su entorno.

1. Introducción

El Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montañas - INAIGEM, tiene la misión de fomentar y expandir la investigación científica y tecnológica en ámbitos de glaciares y ecosistemas de montaña, para el beneficio de la población, adoptando medidas de adaptación y mitigación en el contexto de riesgos producidos por el cambio climático.

El INAIGEM como institución encargada de establecer la política pública en glaciares y ecosistemas de montaña; a través de la Oficina Desconcentrada Macro Región Sur ODMRS realizan estudios para la generación de información que ayuden en la gestión del riesgo de desastres asociados a glaciares, el mismo que consiste en identificar peligros, analizar vulnerabilidades, evaluar los riesgos y recomendar medidas de prevención y reducción del riesgo en los ámbitos de las cuencas y subcuencas de origen glaciar.

El presente, es resultado de la inspección realizada a solicitud de las autoridades de la comunidad Manchayhuaico Cuenca Salkantay, mediante carta dirigida al INAIGEM en el que piden “Intervención de emergencia en la laguna Llica”

En consecuencia, este informe técnico contiene la caracterización y análisis en la laguna en formación que ayudará al entendimiento del fenómeno acontecido, además brinda una herramienta de información que contiene conclusiones y recomendaciones que orientarán a la correcta toma de decisiones.

2. Antecedentes

El martes 25 de agosto del 2020, el INAIGEM recibe el llamado por parte de un ciudadano preocupado por la situación de la laguna Llica, la cual según manifiesta, observan con preocupación el incremento súbito del nivel de espejo en temporada seca, este llamado de alerta se canalizó de forma inmediata logrando establecer contacto (el mismo día) con el informante a fin de obtener mayores referencias que permitan una visita de inspección.

El día 03 de septiembre se realizó la visita conjunta de inspección a la laguna Llica, en la misma participaron las autoridades del centro poblado de Millpo, Challhuay, pobladores y personal de INAIGEM.

3. Aspectos Generales

3.1. Ubicación

Políticamente, la laguna en formación Llica se ubica en el distrito de Santa Teresa, provincia de La Convención del departamento de Cusco, ver **Anexo: Mapa de Ubicación**.

Hidrográficamente pertenece a la cuenca Salkantay o también denominada cuenca del río Santa Teresa, que a su vez pertenece a la cuenca del río Urubamba, contribuyente de la gran vertiente del océano Atlántico.

Geográficamente, la zona de interés se ubica en las siguientes coordenadas UTM Zona 18L/WGS84, como son: 758 325 m Este; 8 522 614 m Norte.

3.2. Objetivo

- Evaluar la situación actual de la laguna en formación Llica

4. Caracterización

Llica es un cuerpo de agua de régimen temporal, actualmente en proceso de transición lenta en post de convertirse en laguna (Ver **Figura 1**)(Ver **Anexo: Laguna Llica**). Este cuerpo de agua situado a 4060 m s.n.m. ocupa una fracción reducida en la concavidad situada en la zona frontal del vaso morrénico, que a su vez forma parte de un gran depósito cuaternario, estructura geológica dejada por el glaciar en su etapa de crecida y retirada (**Ver Figura 2**).

El depósito cuaternario, muestra características aparentemente estables, condición deducida por el ángulo de reposo que alcanzó la inclinación de los taludes, tanto exteriores como interiores, así como por la cobertura de vegetación predominante en ambos sectores, posee una altura aproximada de 100 m (Ver **Figura 2**) y una longitud estimada de 940 m, medida desde la base del depósito hasta la zona posterior del afloramiento rocoso (Ver **Figura 3**)



Figura 1. Espejo de agua, denominada por los habitantes como “laguna Llica”. Se observa la huella que deja el constante cambio en los niveles de espejo, además la coloración de la franja seca nos indica alta concentración de sedimentos finos como limos y arcillas. También se puede observar la cobertura de pastos naturales que existen en los taludes izquierdo y derecho. (INAIGEM/V. Bustinza, 03/09/2020)



Figura 2. Depósito cuaternario con una altura aproximada mayor a 100 m, alojada en el fondo de la quebrada, pegado a la base de la estructura de roca madre del nevado Tucurhuay. (INAIGEM/V. Bustinza, 03/09/2020)



Figura 3. Depósito cuaternario, en orientación sureste – noroeste, con una longitud aproximada de 940 m (línea amarilla) medida desde la base hasta el afloramiento rocoso. (Imagen Google Earth 17/09/2019)

5. Análisis

Este tipo de formación de lagunas es común en la cordillera de los Andes, cuerpos de agua que ocupan la cubeta sobre depósitos cuaternarios. Este proceso inicia con pequeños cuerpos de agua formados sobre el glaciar, a medida que el hielo se va derritiendo mediante mecanismos de transferencia térmica entre el agua y el hielo, así la lengua glaciar retrocede dejando espacio que es ocupado por el volumen de agua.

Sin embargo, según un análisis temporal de imágenes satelitales (Ver **Figura 4**) (Ver **Anexo**) observamos que el proceso de formación de Llica está directamente relacionado a la dinámica de una masa de glaciar cubierto.

Es decir, la cubeta formada por morrenas está ocupada en mayor proporción por glaciar cubierto, la característica principal de este tipo de glaciar es que contiene escombros, conglomerado de rocas, material detrítico y limos, todo con un núcleo de hielo o remanente del glaciar que quedó cubierto y protegido por estos escombros.

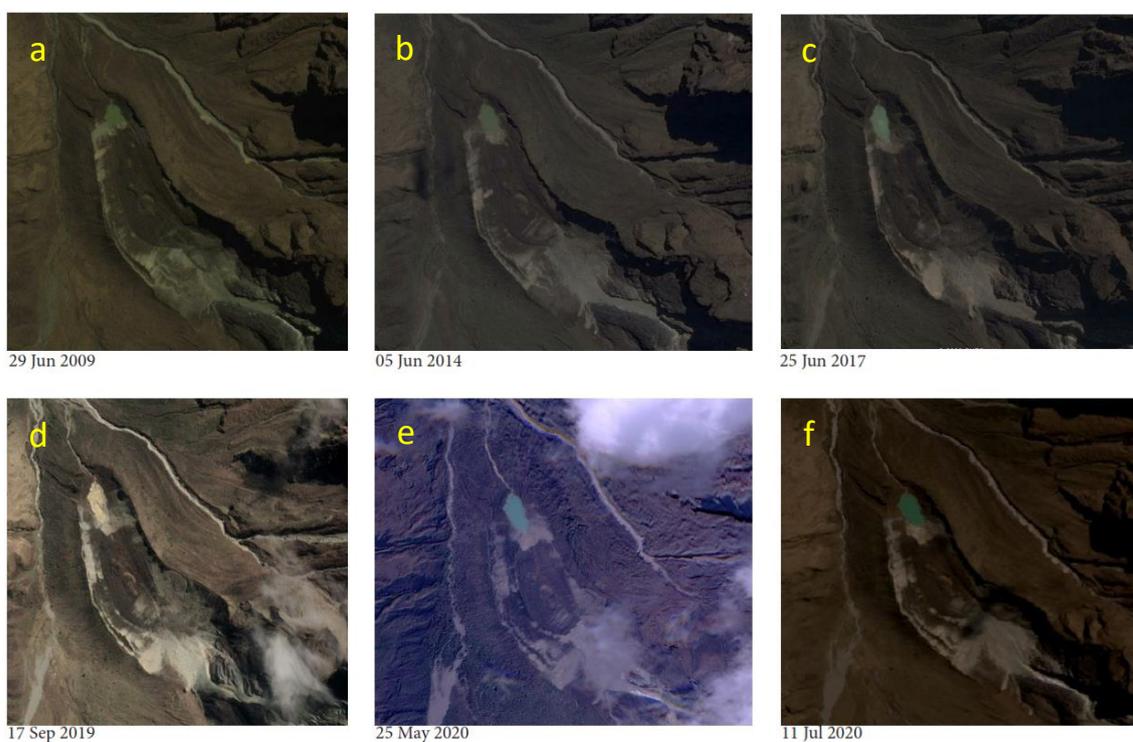


Figura 4. El análisis multitemporal de imágenes satelitales nos muestra lo siguiente, a) Imagen del 29 de junio de 2009, se observa el glaciar cubierto ocupando la cubeta hasta el borde del flanco izquierdo. b) En junio del 2014 ya se evidencia el cuerpo de agua con mayor tamaño, así como los cambios en el glaciar cubierto, en especial en el flanco izquierdo y la zona posterior. c) En junio del 2017, se evidencia el crecimiento del cuerpo de agua, además aquí se observa con claridad la huella dejada por el reboso, lo cual indica que sobrepasó su nivel máximo. d) Imagen de septiembre del 2019 donde se observa el vaso lagunar sin agua y las cárcavas visiblemente erosionadas en el entorno. e) En mayo del 2020 se observa el cuerpo de agua ocupando la totalidad del vaso, también se observa mayor erosión en la zona posterior de la laguna en formación en contacto con el frente del glaciar cubierto. f) Imagen reciente del 11 de julio de 2020, donde se muestra que el cuerpo de agua se mantiene en su máximo nivel. (Imágenes Google Earth a,b, c y d; Komsat e; PeruSat f)

En consecuencia, Llica alcanzará mayores dimensiones en función de varios factores, entre los principales tenemos:

- La dinámica del glaciar cubierto (Ver **Figura 5**), esto dependerá del porcentaje de hielo existente en el núcleo.
- El incremento de la temperatura media superficial como efecto del cambio climático, afectará al derretimiento de los glaciares ubicados en el Tucarhuay y también al glaciar cubierto.
- La impermeabilización del vaso receptor, debido al aporte de agua producto de la fusión de los glaciares y la gran cantidad de sedimentos que ingresará al vaso receptor conformado por detritos y limos podría actuar como impermeabilizante, dependiendo de la cantidad, estos podrían colmatar el vaso en su totalidad.



Figura 5. Imagen panorámica del glaciar cubierto delimitado en líneas punteadas, se observa también la zona de depósitos frescos provenientes del glaciar. (INAIGEM/V. Bustinza, 03/09/2020)

La zona de contacto entre el cuerpo de agua y el frente del glaciar cubierto denota una dinámica constante al no existir cobertura de vegetación en el talud (Ver **Figura 6**), otro aspecto a observar son los taludes internos de los flancos, los asentamientos que produce la degradación del glaciar cubierto.



Figura 6. Frente del glaciar cubierto en contacto con el cuerpo de agua. En línea amarilla se observan los asentamientos producidos por la dinámica del glaciar cubierto. (INAIGEM/V. Bustinza, 03/09/2020)

Entonces, según sea el aporte de agua hacia el vaso receptor (Agua de lluvia en temporada húmeda, agua de la fusión de los glaciares del nevado Tucaruay o agua de la fusión del glaciar cubierto en temporada seca), esto determinará los incrementos en los niveles de espejo, en ocasiones alcanzará el nivel máximo hasta desaguar por rebose (Ver **Figura 7**) y descendiendo en ocasiones hasta niveles mínimos, desagüe por filtración, probablemente por conductos naturales propios de este tipo de depósitos (Ver **Figura 8**) definiendo así su régimen temporal.



Figura 7. Nivel máximo alcanzado por el cuerpo de agua, se observa el desagüe por rebose, nótese también la coloración del agua, considerando que esta imagen corresponde al mes de agosto del 2020 (mes seco), es una característica de la fusión de los glaciares y el arrastre de sedimentos (Autor: anónimo)



Figura 8. Zona de rebose, imagen del día de la inspección, se observa la huella dejada por el agua durante sus niveles máximos. (INAIGEM/V. Bustinza, 03/09/2020)

El principal aportante de agua para Llica es el glaciar que forma parte del nevado Tucaruay (Ver **Figura 9**), este glaciar tiene su frente más bajo en la cota 4426 m y en la cota 5500 m la parte más alta, con una longitud aproximada de 1400 m y una superficie aproximada de 0.46 km².

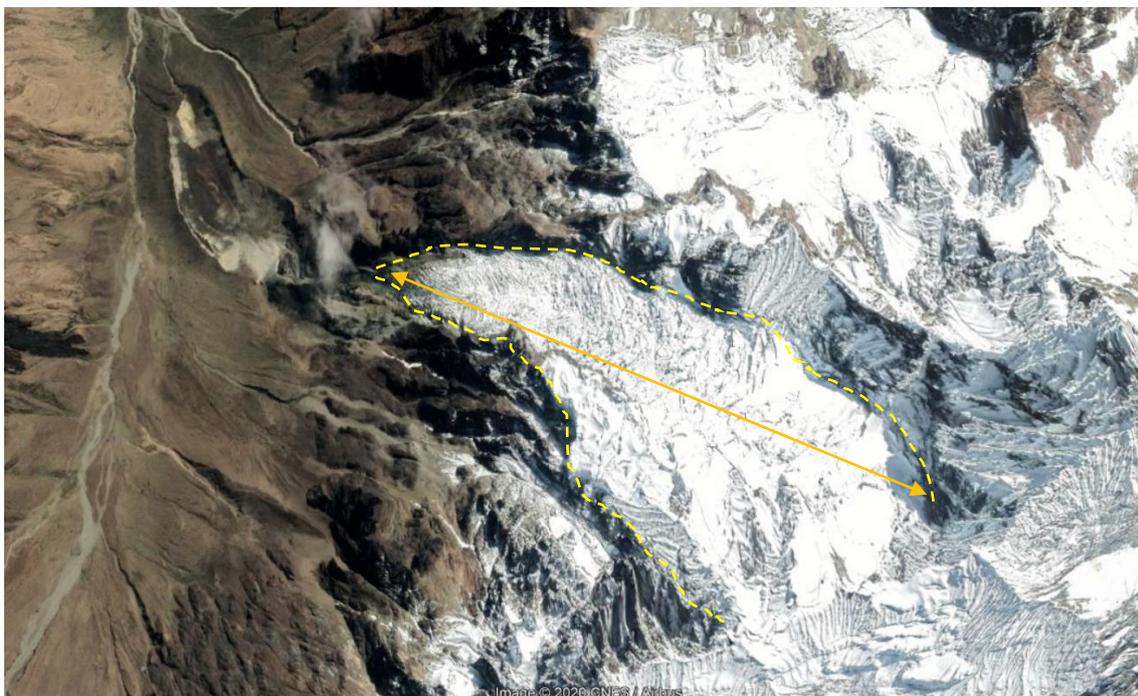


Figura 9. Glaciar ubicado en el nevado Tucaruay aportante de agua principal en época seca (delimitado en línea discontinua amarilla). (Imagen Google Earth)

Desde el punto de vista de peligros y según la situación actual de Llica, este no representa peligro, tanto por las dimensiones reducidas de almacenamiento, así como por el régimen temporal que tiene. Además, de producirse eventuales desprendimientos de roca y hielo del nevado Tucaruay estas alcanzarían como máximo al glaciar cubierto ubicado en el fondo, disipándose en esta zona toda la energía producto de la caída.

La configuración del entorno de Llica nos muestra al nevado Tucaruay en el punto más alto y en la zona baja al pie del depósito cuaternario, el humedal formado por depósitos fluvio glaciares, por sus características de pendiente y superficie (Ver **Figura 10**), este sector cuenta con capacidad para disipar la energía ante cualquier evento de desborde del volumen de agua (volumen en las condiciones actuales).



Figura 10. El nevado Tucurhuay con los glaciares que aportan agua a la quebrada, en la fecha amarilla la ubicación del depósito cuaternario que sirve de contenedor a Llica y en la parte baja el humedal formado por depósitos fluvio glaciares (Fotografía enviada por un poblador anónimo).

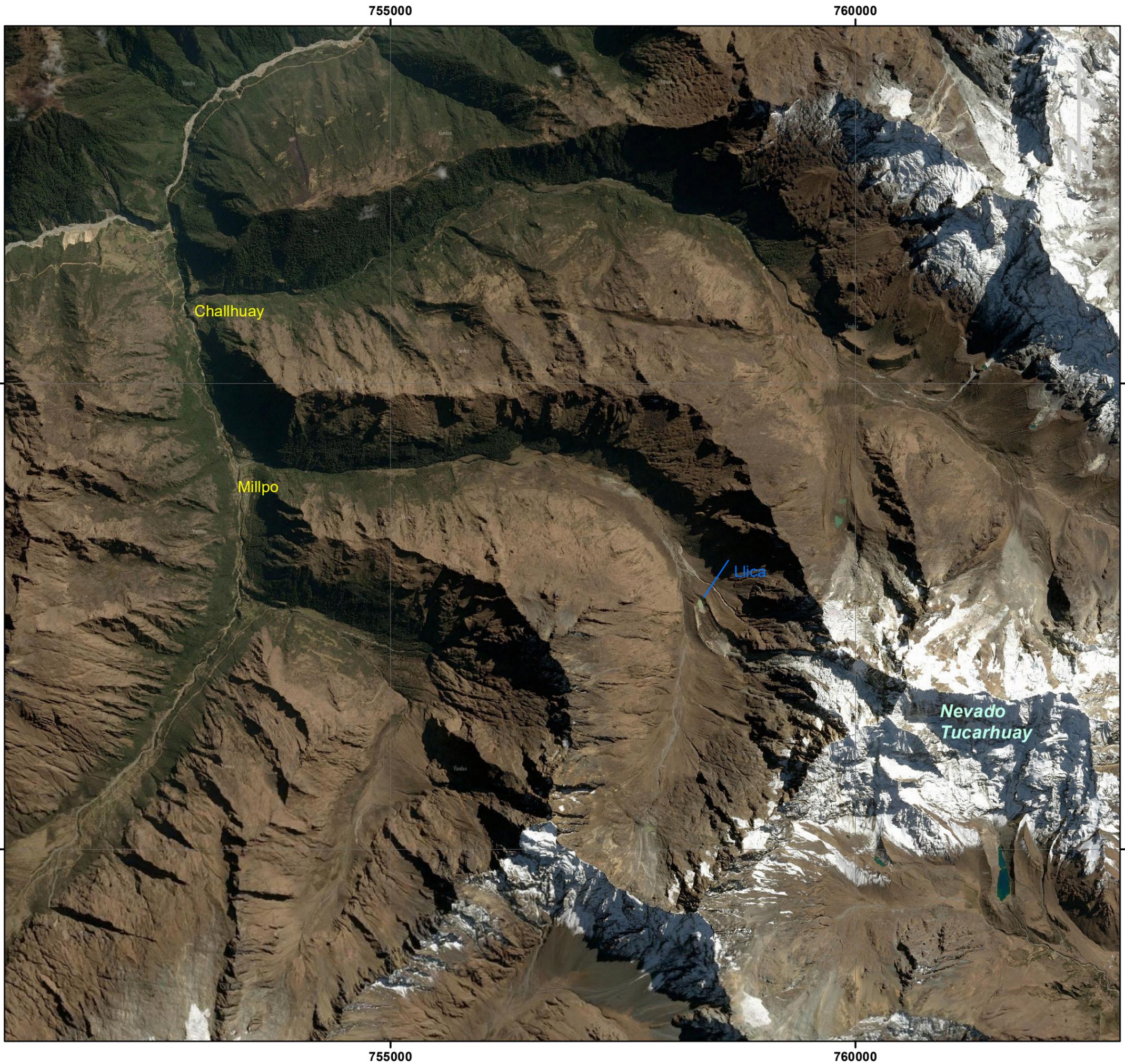
6. Conclusiones

- Sobre la base de la caracterización y el análisis en Llica concluimos que en la actualidad no representa peligro por desborde.
- Llica es un cuerpo de agua de régimen temporal, por ello no se le asigna la denominación de laguna, además, por su reciente formación y dimensiones reducidas no está incluida en los inventarios de lagunas.
- Ocupa un vaso formado sobre un depósito cuaternario ocupado por un glaciar cubierto.
- El glaciar cubierto muestra una dinámica activa, dependiendo de la cantidad de hielo existente en el núcleo este podría dejar un vaso para el crecimiento de una futura laguna.
- El principal aportante de agua en temporada seca proviene de la fusión del glaciar ubicado en el nevado Tucarhuay.
- El humedal formado en la zona baja del depósito cuaternario tiene la capacidad de disipar la energía ante cualquier evento de desborde del volumen de agua almacenado en las condiciones actuales de Llica, por la baja pendiente y por la superficie que tienen.

7. Recomendaciones

- Realizar el registro temporal de los glaciares en el nevado Tucarhuay mediante imágenes satelitales de alta resolución PeruSat.
- Realizar el seguimiento y monitoreo de la evolución de Llica, mediante el registro de fotografías mensuales y visitas de inspección técnica una vez al año al finalizar la estación seca.
- Se recomienda realizar estudios de geofísica del glaciar cubierto con la finalidad de estimar el volumen de hielo que contiene.
- Realizar estudios geotécnicos en el dique natural frontal con la finalidad de determinar el grado de estabilidad en caso Llica alcance mayores dimensiones.

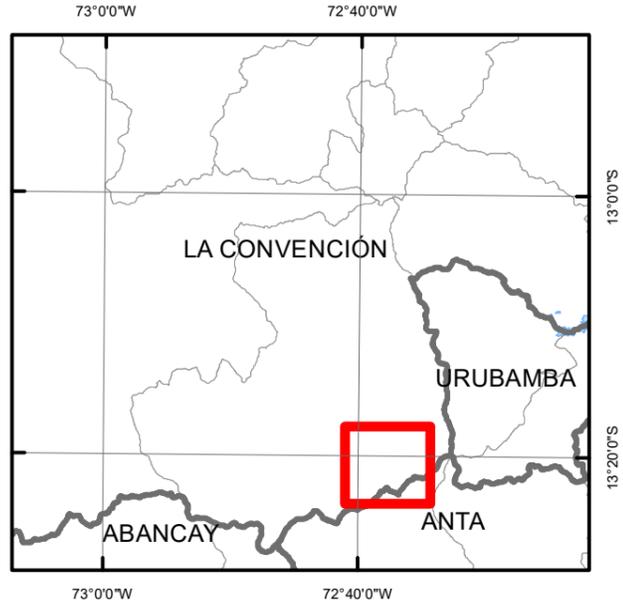
ANEXOS



UBICACIÓN POLÍTICA



LOCALIZACIÓN



Distrito: Santa Teresa
 Provincia: La Convención
 Departamento: Cusco



MAPA DE UBICACIÓN - LAGUNA EN FORMACIÓN LLICA

Elaborado por: O. Vilca	Coordenadas: Proyección UTM Datum WGS84 - Zona 18S	Fecha : Septiembre, 2020
Fuente: Elaboración propia	Escala: 1:40,000 	

758200

758400

758600

758800

8522800

8522800

8522600

8522600

8522400

8522400

8522200

8522200

8522000

8522000

Laguna en formación Llica



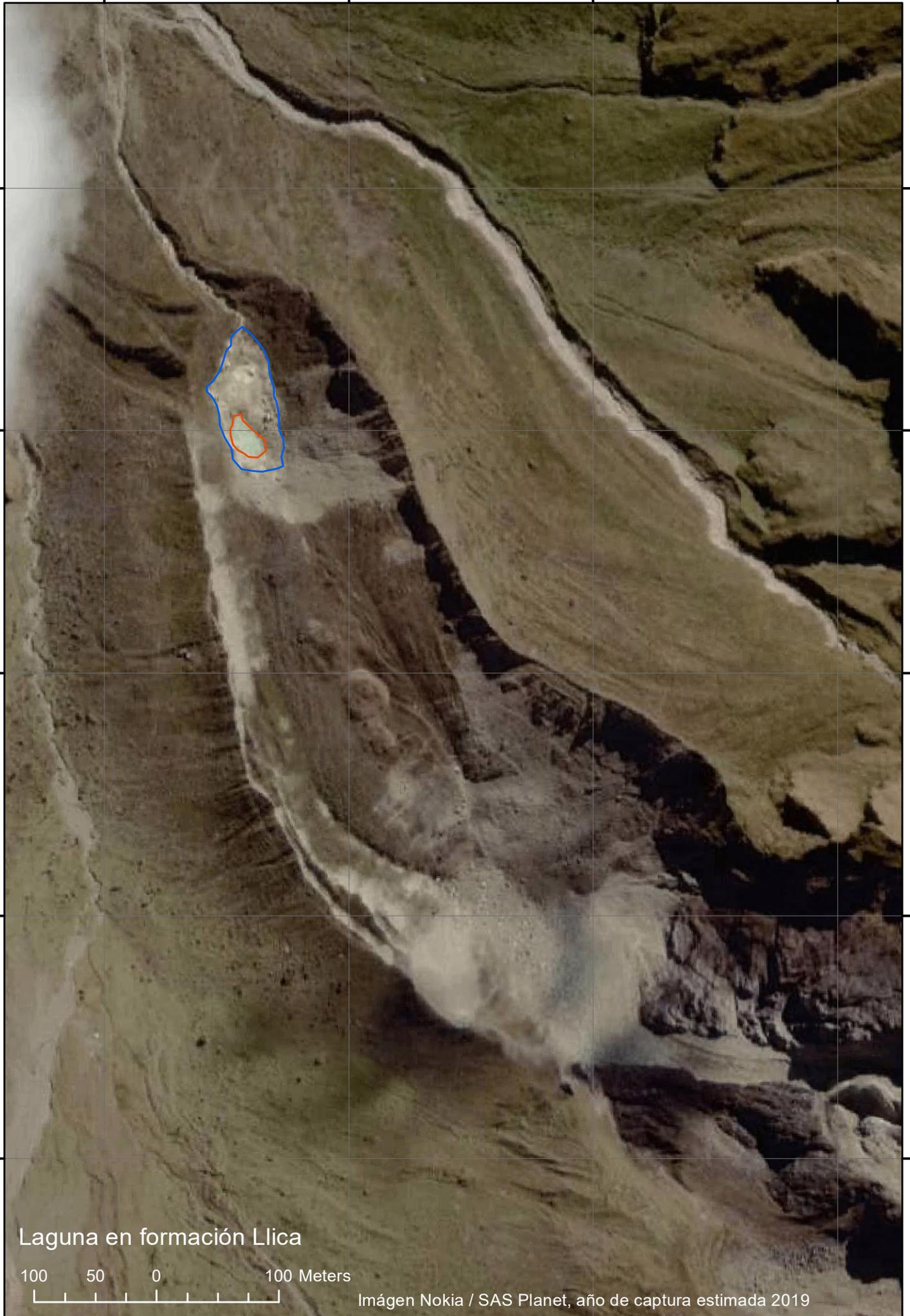
Imágen Nokia / SAS Planet, año de captura estimada 2019

758200

758400

758600

758800





29 Jun 2009



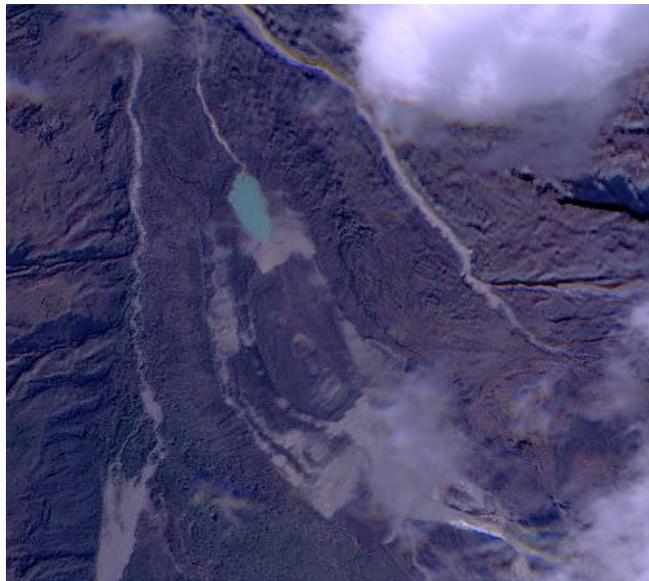
05 Jun 2014



25 Jun 2017



17 Sep 2019



25 May 2020



11 Jul 2020



Foto 1. El registro fotográfico futuro deberá en lo posible mantener este encuadre (03/09/2020 / V.Bustinza)



Foto 2. Del 09/09/2020. Evidencia del descenso del nivel producto del desagüe por filtración.



Foto 3. Talud exterior en la zona de desagüe (03/09/2020 / V.Bustinza)



Foto 4. Imagen enviada el día 25/08/2020, como parte de la solicitud de inspección por parte de las autoridades.



Foto 5. Glaciar cubierto y su extensión desde la zona alta (03/09/2020 / V.Bustinza).