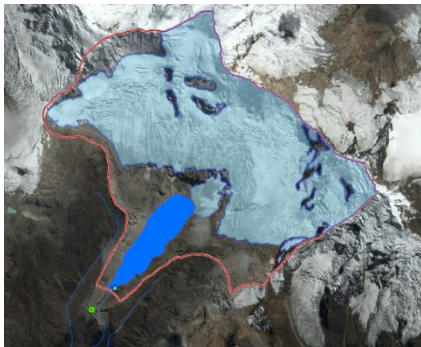


Reporte hidrológico anual de actividades en la Laguna Palcacocha, 2016



Reporte hidrológico anual de actividades en la Laguna Palcacocha, 2016

Preparado por:

Ing. Oscar Vilca Gómez
Profesional en Glaciares y Recursos Hídricos



CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes generales	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Información de referencia	1
1.4	Estructura del reporte	1
2	CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA LAGUNA PALCACOCHA	3
2.1	Ubicación	3
2.2	Geomorfología e hidrografía	3
2.3	Hidrología	4
2.4	Glaciología	4
3	NIVELES DE LA LAGUNA PALCACOCHA	6
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	7
4.1	Conclusiones	7
4.2	Recomendaciones	7
5	LIMITACIONES DEL INFORME	8

TABLAS

Tabla 2-1: Parámetros morfológicos de la cuenca Laguna Palcacocha	3
Tabla 2-2: Caudales Observados y estimados	4

FIGURAS

DESPUÉS DE LA PÁGINA 8

Figura 2.1: Mapa de ubicación Subcuenca Quillcay	25
Figura 2.2: Mapa de Cuenca de interés	25
Figura 2.3: Mapa de altitudes	25
Figura 2.4: Ubicación de punto de aforo	25
Figura 2.5: Precipitación promedio mensual	25
Figura 2.6: Caudal oferta vs Caudal observado	25
Figura 2.7: Delimitación de zonas glaciares	25
Figura 3.1: Serie continua de los niveles de espejo de la Laguna Palcacocha	25

ANEXOS

A: Informes de inspección y aforos

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes generales

A consecuencia del incremento de la temperatura en nuestro planeta, los glaciares a nivel mundial vienen desapareciendo evidenciando un retroceso acelerado, dando origen a la formación de lagunas pro glaciares, estas lagunas están constituidas básicamente por material morrénico (material glaciar no estratificado) muy inestable. Estos han traído como consecuencia que nuestro país, se encuentre permanentemente expuesto a los impactos físicos de procesos y fenómenos naturales, experimentando a lo largo de su historia, numerosos desastres, siendo la mayoría de estos de origen glaciar, y es el departamento de Ancash el que registra el índice más alto de catástrofes.

La laguna Palcacocha por sus antecedentes catastróficos y sus características de evolución acelerada en los últimos años es fuente de diferentes estudios, sin embargo carece de registros e información que nos permita estudiar y analizar su comportamiento.

En esa tarea el INAIGEM realiza el seguimiento, observación y registro de datos del comportamiento de los niveles de la laguna, caudales y los cambios en las masas glaciares, mediante visitas periódicas, aforos y fotografías que ayuden a profundizar el entendimiento de lo que sucede en la zona de estudio.

Este reporte presenta el desarrollo del análisis hidrológico, caracterización glaciológica, evaluación de los niveles de espejo en la laguna Palcacocha y eventos extraordinarios.

1.2 Objetivos

El principal objetivo de este reporte es realizar la caracterización hidrológica en la microcuenca Palcacocha con el fin de determinar el aporte hídrico del glaciar y su influencia en la Laguna Palcacocha.

Los objetivos específicos considerados en este estudio son:

- Análisis Hidrológico de la microcuenca que abarca la Laguna Palcacocha.
- Caracterización glaciológica en el ámbito de la laguna.
- Evaluación del comportamiento de los niveles de espejo en la laguna Palcacocha.
- Eventos extraordinarios que alteran el comportamiento normal de la laguna.

1.3 Información de referencia

La Laguna Palcacocha ha sido sujeta a una serie de estudios de investigación previos que proporcionan información relevante como referencia, sin embargo no existe un estudio hidrológico en el ámbito. A continuación se mencionan los principales estudios realizados:

- Influencia del retroceso glaciar sobre los peligros en la Laguna Palcacocha, realizado por Vit Vilimek, 2005.
- Contribución de las aguas subterráneas al caudal de las cuencas hidrográficas en la Cordillera Blanca, realizado por Michel Baraer, 2014.
- Recesión glaciar y recursos hídricos en la Cordillera Blanca en el Perú, Michel Baraer, 2012.

1.4 Estructura del reporte

Las secciones que forman parte del presente reporte, contienen la siguiente información:

- Caracterización de la cuenca Laguna Palcacocha (Sección 1)

Esta sección posee cuatro sub-secciones, la primera resume las principales características de la cuenca Laguna Palcacocha, como son descripción de la cuenca dentro del contexto geográfico y geopolítico del Perú.

Las secciones subsiguientes se concentrarán en la caracterización hidrológica y glaciológica de la cuenca, a partir de la información generada en las visitas al lugar.

- Comportamiento de los niveles de la laguna Palcacocha (Sección 2)

Esta sección describe el proceso de obtención de registros y control de calidad para la reconstrucción de una serie histórica diaria del comportamiento del nivel de espejo de la Laguna Palcacocha. Los resultados obtenidos sobre el comportamiento de los niveles de la laguna son sometidos a una crítica y análisis respecto a la medida de evacuación de agua mediante tuberías a través del conducto de salida.

2 CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA LAGUNA PALCACOCHA

2.1 Ubicación

La Laguna Palcacocha está ubicada en la Quebrada Cojup, en la subcuenca Quillcay, Cuenca del Río Santa; localizada al este de la ciudad de Huaraz.

Hidrográficamente, la Quebrada Cojup es un tributario de subcuenca Quillcay que a su vez descarga sus aguas en el río Santa, el cual es contribuyente de la vertiente del Pacífico, de acuerdo al mapa de unidades hidrográficas del Perú.

Palcacocha geográficamente se encuentra ubicada a 9°23' S, 77°22' W, a una altitud de 4,562 m. La desembocadura de la laguna ingresa al río Paria, un tributario del río Quillcay que cruza la ciudad de Huaraz hasta llegar al río Santa. La ubicación regional de la subcuenca Quillcay y Laguna Palcacocha aprecia en el mapa de la Figura 2.1.

Políticamente se encuentra en el distrito de Independencia, provincia de Huaraz del departamento de Ancash.

La microcuenca de la Laguna Palcacocha se delimita por las cumbres de los nevados Pucaranra y Palcaraju, y en la zona baja por las morrenas laterales hasta la zona de desagüe. En la cabecera se ubican tres glaciares: Glaciar Palcaraju, Glaciar Pucaranra y el Glaciar reconstituido, los cuales proporcionan una regulación de la escorrentía mayoritariamente en época seca, la delimitación se aprecia en la Figura 2.2.

2.2 Geomorfología e hidrografía

La Quebrada Cojup es un valle glacial típico con una remodelación fluvial reciente muy fuerte. La inclinación de sus pendientes varía entre 30° y 40° en su parte inferior, donde están cubiertas por depósitos de talud, que modifican el perfil en forma de U glacial típico (Vilímek and Zapata 2005).

La laguna está rodeada por morrenas laterales de gran potencia, la zona frontal de la morrena forma un dique natural que contiene a la laguna Palcacocha y la zona posterior limita con un farallón rocoso, con los frentes glaciares expuestos en la parte alta del farallón (Ver Fotografía 01).

La microcuenca se comporta como un recipiente receptor de las precipitaciones líquidas y sólidas, la zona alta conformada por paredes de roca con pendientes en el rango de 30 a 60° contienen masas glaciares suspendidas y son las que representan mayor peligro de avalanchas, la zona media contiene el mayor volumen de glaciares, mientras que la zona baja está íntegramente ocupada por las morrenas y la laguna.

Las altitudes están en el rango de 4,562 m a 6,274 m y la altitud media se encuentra a 5,208 m. El rango de altitudes se observa en la Figura 2.3. y los parámetros morfológicos en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Parámetros morfológicos de la cuenca Laguna Palcacocha

Unidad Hidrográfica	Área (Km ²)	Perím (Km)	Altitud (msnm)			Long (km)	Pendiente de la cuenca (%)	Índice de Compacidad	Factor de forma
			Promedio	Máximo	Mínimo				
Cuenca Laguna Palcacocha	8.20	14.17	5208	6274	4562	3.80	23	1.39	0.57

De la Tabla 2-1 se observa que el índice de compacidad es aproximadamente 1.39, estos valores cercanos a la unidad y el factor de forma en 0.57 indica que la respuesta de ésta a una tormenta produciría caudales picos elevados.

2.3 Hidrología

Esta sección describe el análisis de los registros de caudales observados y estimados en el año 2016. El lugar donde se realizan los aforos es en la zona de rebose de la laguna como se muestra en la Figura 2.4.

La distribución de la precipitación media mensual en la región está marcada por la estacionalidad como se muestra en la Figura 2.5. El periodo húmedo inicia en septiembre y termina entre abril y mayo, siendo junio, julio y agosto los meses secos.

Durante las visitas de campo realizadas en el 2016 se observó que el comportamiento de los caudales de desagüe de la laguna Palcacocha fueron de dos tipos: naturales y artificiales, los caudales naturales corresponden al periodo en que la laguna desagua por rebose mediante el conducto de salida y los caudales artificiales se producen debido a la extracción de agua mediante tuberías del sistema de sifonaje.

La estimación de los caudales se realizó de acuerdo a fotografías en las visitas de campo y en concordancia con datos del cuaderno de apuntes del personal que labora en la Laguna Palcacocha (Ver Figura 2-6), aspectos que se deben tener en cuenta como limitaciones en el presente estudio, los caudales de muestran en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2: Caudales Observados y estimados

Fecha de monitoreo	Caudal observado (l/s)	Caudal estimado (l/s)
25/01/2016		1,600
03/02/2016		1,400
05/03/2016	1,069	
25/04/2016		650
24/05/2016	313	
25/06/2016		250
20/07/2016	198	
24/08/2016	219	
25/09/2016		260
11/10/2016		380
21/11/2016		1,800 (*)
01/12/2016		1,100

Fuente: INAIGEM, aforos e inspecciones de campo.

(*) En el mes de noviembre del 2016 se produjo un evento inusual de días extremadamente secos, los glaciares respondieron con procesos de fusión elevados y los ríos con cuencas glaciares incrementaron su caudal significativamente, este evento se analizará más adelante en el capítulo de los niveles de la laguna.

2.4 Glaciología

Esta sección describe el análisis de los glaciares que se encuentran dentro de la microcuenca de la Laguna Palcacocha, teniendo en cuenta las diversas visitas de inspección que se realizaron al lugar.

Como primer trabajo se realizó la identificación y clasificación de los glaciares, los mismos que se muestran en la figura Figura 2.7.

Son glaciares politermales, de montaña, situados en el lado sur y oeste de los nevados Palcaraju y Pucaranra respectivamente.

El glaciar Palcaraju (Ver Fotografía 2a) está situado entre las cotas 4,850 y 6,110 msnm. cuenta con una superficie aproximada de 3.88 km², la dirección predominante del flujo se orienta de norte a sur, el frente glaciar tiene una longitud de 1,587 m. La zona oeste del frente glaciar presenta glaciares cubiertos con detritos y escombros (Ver fotografía 2b), esta zona posee una intensa actividad erosiva producto de la escorrenría proveniente de la fusión de las masas de hielo, así como también de las precipitaciones, el material morrénico es transportado directamente hacia la laguna Palcacocha por lo que el incremento de sedimentos en el vaso de la laguna será importante. Desde el punto de vista de riesgo este glaciar tiene frentes colgantes expuestos a desprendimientos sobre la zona posterior de la laguna, como se observa en la Fotografía N° 2c. esta zona tiene aproximadamente más de 100 metros de ancho y los bloques de hielo se desintegran sin llegar a tener contacto con la laguna.

El glaciar Pucaranra (Ver Fotografía 3a) está situado entre las cotas 4,830 y 6,156 msnm. cuenta con una superficie de 2.78 km², la dirección predominante del flujo se orienta de este a oeste, el frente glaciar visiblemente agrietado tiene una longitud de 1,080 m. con bloques de hielo suspendidos directamente sobre la zona del glaciar reconstituido ubicado en la zona posterior de la laguna Palcacocha (Ver Fotografía 3b). El lado sur del frente glaciar es relativamente accesible, tal como se muestra en las Fotografías 3c y 3d, se delimitan sectores donde se podrían realizar pruebas y experimentación glaciológica con seguridad.

El glaciar reconstituido ubicado en la zona posterior de la laguna Palcacocha está formado a partir de los desprendimientos de los glaciares Palcaraju y Pucaranra, es una masa de hielo con fuerte dinámica propia de su origen, este glaciar funciona como un cuerpo receptor y disipador de energía de los eventuales desprendimientos de hielo y detritos. El frente de este glaciar se encuentra en contacto con la laguna Palcacocha y expuesto a la fusión proveniente de los cambios de temperatura del agua. Este glaciar es inaccesible y se considera una zona de peligro muy alto (Ver Fotografías 4a y 4b).

3 NIVELES DE LA LAGUNA PALCACOCHA

Esta sección describe los criterios asumidos para la reconstrucción de la serie continua de los niveles de la Laguna Palcacocha desde el 01/12/2015 hasta 31/12/2016.

El Gobierno Regional Ancash (GRA) realiza la construcción del camino de acceso a la Laguna Palcacocha, además también se ocupa del manejo del sistema de sifonaje para el desagüe de la laguna, esta actividad altera completamente los caudales en la quebrada Cojup dotando de una sobre oferta de agua al río Paria.

Los niveles de espejo de la laguna son registrados a nivel diario y reportados a la Gerencia de Recursos Naturales del GRA, estos datos están escritos en cuadernos por el personal encargado de realizar las mediciones, desde inicios de los registros no se contaba con reglas de medición y el apunte de los niveles se hacía mediante puntos referenciales que el mismo personal improvisaba. Dado este motivo y para la utilización de estos registros se realizó una metodología práctica a fin de obtener datos confiables.

- Fotografiar los cuadernos de apuntes.
- Digitar los valores en hoja de cálculo
- Control de calidad de los registros, en esta etapa se constató que los niveles estuvieran acordes con los observados en las fechas que se hicieron las visitas de inspección.
- Obtenido una serie continua de niveles de espejo consistente se procedió a asignarle las cotas de referencia respecto a las cotas topográficas.
- Finalmente se procede al análisis del comportamiento de los niveles de espejo de la laguna discriminando periodos donde se utilizaron las tuberías para el sifonaje, así como eventos atípicos que ocasionaron cambios bruscos en el volumen de la laguna.

Como resultado se tiene una serie histórica de los niveles de espejo de la Laguna Palcacocha desde el 01/12/2015 hasta la fecha (Ver Figura 3-1), y según el análisis existen dos periodos con el incremento súbito del volumen de la laguna, dichos periodos son:

- 01/12/2015 al 26/01/2016 evento enmarcado en el contexto del Fenómeno El Niño.
- 01/11/206 al 04/12/2016 Evento extraordinario catalogado como el mes más seco en la región.

Ambos eventos tienen características similares el primero de una duración de casi dos meses y el segundo de solo un mes, con la particularidad del incremento súbito del volumen de la Laguna Palcacocha, siendo el último el que llama la mayor atención debido a la crecida más acelerada del volumen en la laguna existiendo días como lo ocurrido el 27/11/2016 que en un solo día incrementó el nivel en 18 cm, es decir de la cota 4,562.06 msnm. a la cota 4,562.24 msnm. lo que equivale a un volumen de 92,618 m³, sin considerar que en ese periodo estuvieron operando las 10 tuberías del sifón que evacúan aproximadamente 1,250 l/s o su equivalente en volumen de 108,000 m³, sumado ambos nos da un volumen aproximado de 200,618 m³, esto es igual a un caudal de 2,321 l/s.

Ante el escenario hipotético que las tuberías no estarían trabajando en su conjunto (10 tuberías) y que el nivel de la laguna se hubiera encontrado en la cota de rebose (4,562 m.) la suma de dos aspectos como son: el proceso acelerado de fusión y el conducto de salida obstruido casi es su totalidad, hubiera generado el represamiento de un volumen considerable de agua de aproximadamente 1,931,807 m³.

Otro escenario a considerar es que ante el mismo evento el desagüe trabaje de forma natural por rebose sin obstrucción del conducto de salida, aquí asumimos que la capacidad máxima de evacuación del conducto es 2,400 l/s lo que nos permite deducir que el conducto hubiera regulado con naturalidad el caudal de 2,321 l/s y sin que el nivel de la laguna cubra por completo el conducto.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

De la evaluación, caracterización y registro de datos se puede concluir lo siguiente:

- La cuenca tiene una alta influencia de los caudales de aporte producto de la fusión de los glaciares Palcaraju, Pucaranra y el glaciar reconstituido.
- Se suscitaron dos eventos climatológicos inusuales, a inicios de año en pleno contexto del FEN y el segundo en el mes de noviembre, ámbos con características similares que ocasionaron la fusión acelerada de los glaciares y consecuentemente el incremento súbito del volumen de la laguna Palcacocha.
- El sistema de desagüe mediante sifonaje es un paleativo que no garantiza seguridad debido a que según los dos últimos eventos climáticos han evidenciado que la cuenca tiene la capacidad de recuperar el nivel de la laguna en periodos muy cortos (un mes).
- El sistema de sifonaje en la Laguna Palcacocha ocasiona una sobre-oferta de agua al río Paria en algunos casos hasta del 70% adicional, como sucedió en los meses de septiembre y octubre del 2016, meses relativamente secos, sin embargo la regulación efectuada por el sifonaje crea una falsa percepción respecto a la escases del agua que en ese periodo pasó casi desapercibida.
- Palcaraju, Pucaranra y el glaciar reconstituido son los glaciares delimitados y caracterizados para su posterior evaluación y seguimiento. Siendo el glaciar Pucaranra el que posee frentes agrietados y colgantes con amenaza a impactar sobre la laguna Palcacocha.
- De los escenarios hipotéticos ante el incremento súbito del volumen de la laguna Palcacocha se concluye que el sistema de sifonaje mediante la instalación de tuberías que obstruyen el conducto de desagüe de la laguna no cumple una función de seguridad como erróneamente se cree, contrariamente sería un problema serio ya que represaría un volumen adicional importante por sobre la cota de rebose.

4.2 Recomendaciones

De acuerdo a los análisis realizados es posible recomendar lo siguiente:

- Se recomienda implementar la microcuenca con equipos y sensores para el registro continuo de variables hidrometeorológicas en el ámbito de la Laguna Palcacocha. El propósito de esta recomendación es analizar minuciosamente el comportamiento de la laguna y su respuesta ante eventos inusuales y/o extraordinarios.
- Con respecto a las tuberías del sistema de sifonaje se recomienda su retiro definitivo del conducto de salida ya que ante los dos eventos suscitados en el periodo 2016 solo obstruyeron el desagüe normal de la laguna.
- Implementar una red de monitoreo de caudales y calidad de agua en la quebrada Cojup con la finalidad de diferenciar los caudales de oferta de la laguna Palcacocha respecto al conjunto de la quebrada en sí.
- Realizar el monitoreo fotográfico de los glaciares identificados, mediante la instalación de cámaras programables con la finalidad de determinar los desplazamientos y cambios de las principales masas glaciares.

5 LIMITACIONES DEL INFORME

La principal limitación fue la falta de datos hidrometeorológicos, registros continuos de temperatura, radiación, humedad relativa, precipitación (sólida y líquida), viento, evaporación y caudales.

Otro aspecto es el acceso restringido a la Quebrada Cojup, se entiende que en una situación de emergencia los entes técnicos como INAIGEM deberían contar con mayores facilidades.

ANEXO A: INFORMES DE INSPECCIÓN Y AFOROS
