

Estudio de Peligros
de origen glaciar

Subcuenca Huari Huari

Cordillera Apolobamba



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Informe Técnico N° LV01

Elaborado por:

Ing. Oscar Vilca Gómez
Especialista en Hidrología y Glaciología

Ing. Victor Bustinza Urviola
Jefe de la ODRMS

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

Contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
II. GENERALIDADES.....	2
2.1 Antecedentes	2
2.2 Justificación	2
2.3 Ubicación	3
2.4 Acceso	3
III. ASPECTOS FÍSICOS	4
3.1 Hidrografía e hidrología.....	4
3.2 Glaciología	4
3.3 Geología	4
3.4 Ecosistemas	4
IV. RESULTADOS	5
5.1 Geodesia	5
5.2 Topografía y batimetría.....	7
5.3 Glaciología	10
5.4 Situación actual de las lagunas glaciares en formación	14
V. CONCLUSIONES	17
VI. RECOMENDACIONES	18
VII. BIBLIOGRAFÍA	20
VIII. MAPAS.....	21

Presentación

El Perú es un país de montañas, como tal, existen diversas poblaciones asentadas en ella, poblaciones que a través de los años supieron hacerle frente a la adversidad climática y geográfica propios de estos lugares, así como hacerles frente a los peligros que amenazan su integridad y sus medios de vida.

El cambio climático en los últimos años incrementó la probabilidad de ocurrencia de los peligros de montaña, eso tiene consecuencias muchas veces fatales, como es el caso en las cuencas glaciares. Los principales sucesos de aluviones relatados ampliamente en la bibliografía científica, mencionan al Perú como uno de los países más vulnerables ante estos peligros, con eventos catastróficos que marcaron un record en magnitud y pérdida de vidas humanas, siendo el caso más estudiado el aluvión de Yungay ocurrido en mayo de 1970.

La cordillera Apolobamba, situado al norte de la región Puno, es un ámbito poco estudiado, más aún, si nos referimos a los peligros de origen glaciar, sin embargo en los últimos 30 años se han producido diferentes eventos como avalanchas, formación de nuevas lagunas y desembalses producto de la caída de avalanchas mixtas (hielo y roca), la mayor parte de estos sucesos no están documentados, solo queda en el recuerdo de algunos pobladores que aseguran haber visto incrementar el caudal de los ríos de manera intempestiva, casi siempre asociado a “ruidos estruendosos” en la parte alta de las quebradas.

En octubre del año 2018 el Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña toma la iniciativa y concreta la Expedición Científica Apolobamba 2018, que como objetivo principal tiene levantar información de línea base en glaciología, topografía y geología en el ámbito de la cuenca Occoruruni, enfocado principalmente en identificar los peligros asociados al retroceso de los glaciares, así como cuantificar el volumen de agua que almacenan las lagunas Sorapata y Vizcachani.

En abril del año 2019 se continúa con el lanzamiento de la Expedición Científica Apolobamba 2019-I que cumple con el objetivo de realizar el levantamiento con vuelos drone a lo largo del cauce del río principal, así como el muestreo de suelos y la identificación de zonas potenciales de estudio en cobertura vegetal. En octubre del mismo año se cumple con la Expedición Científica Apolobamba 2019-II el cual cumple con el objetivo de la caracterización social de la población más vulnerable a un eventual desborde de las lagunas glaciares como son Sorapata y Vizcachani.

Cabe destacar el trabajo conjunto, multidisciplinario y en cooperación entre diversos actores como son: la municipalidad distrital de Sina, las comunidades campesinas de Potoni, Koriwara, la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, representantes de la universidad Andina de Juliaca y el INAIGEM, esta suma de esfuerzos es una experiencia valiosa en relación a la gestión de riesgos.



Personal integrante de la Expedición Apolobamba 2018

Responsable:

Ing. Oscar Vilca Gómez

Especialistas:

Ing. Lucas Torres Amado

Ing. Harrinson Jara Infantes

Ing. Herbert Valverde Balabarca

Ing. Alexander Santiago Martel

Colaboración:

Alex Cruz Chique

Angel Aguilar Choque

Estrella Ponce Ramirez

Balbín Mamani Mamani

Katy Jimenez Choquecota

Cristian Vélez Cruz

Dina Arias Ccalli

Fredy Hualpa Inquilla

Esmeralda Mamani Mamani

Synthia Huanca

Tathiana Guerra Alejo

Rosmery Cahuana Calcina

Cristian Mamani Ramos

Cristian Gonzales

Alan Machaca Arocutipá

Lizbeth Condori Mamani

Claudia Molina López

Anel Vilca Ticona

Kevin Stalin Mamani

Paúl Vilca Gómez

Ing. Renny Daniel Diaz Aguilar

Ing. Juan Araoz Barrios

Ing. Saúl Sardón Flores

Conductor:

Sr. Teodulfo Bernal Rupa

Sr. William Puma Choque

I. INTRODUCCIÓN

La cordillera Apolobamba, forma parte de las 18 cordilleras glaciares del Perú, es la única cordillera binacional y la menos estudiada en nuestro país, se extiende a lo largo de 80.5 km entre los países de Bolivia y Perú, posee una superficie glaciar total de 39.63 km² (lado peruano), drenando sus aguas a las cuencas de Inambari (Amazonas) y Suches (Titicaca).

El retroceso glaciar evidenciado en todas las cordilleras glaciares tropicales, también afectó el ámbito de la cordillera Apolobamba, a ello se suma los impactos antrópicos producidos por la industria de la extracción del oro, que tiene a sus principales yacimientos en inmediaciones de la cordillera, como es el caso de La Rinconada Ananea (Perú) y Suches (Bolivia).

En este informe técnico se muestran resultados de las diversas actividades realizadas en el ámbito de la subcuenca Huari Huari, como son los estudios topográficos y batimétricos en las lagunas de formación reciente, la identificación y estimación de volúmenes de glaciares colgantes, el volumen de agua almacenada en lagunas, la caracterización física y social, así como los potenciales de estudio con que cuenta esta zona y su relación con las poblaciones ubicadas aguas abajo.

Los resultados de las diferentes actividades, servirán como insumo para plantear acciones de prevención frente a peligros asociados al retroceso de los glaciares, en consecuencia, la de salvaguardar la vida e integridad de los habitantes de las poblaciones de Koriwara, Lusuni, Potoni y Sina.

II. GENERALIDADES

2.1 Antecedentes

- Informe de inspección a la laguna Chaupi Orcco (Sorapata) 2006. En marzo del año 2006 se registró un evento de desborde de una laguna glaciar en la cabecera de la quebrada Occoruruni (INRENA, 2006) producto de una avalancha mixta (roca y hielo) de la cumbre del nevado Vizcachani causando daños materiales en los centros poblados de Koriwara y Lusuni.
- En abril del 2010 el incremento rápido e inusual del caudal en el río Occoruruni alarmó a la población, causando pánico en los moradores de los centros poblados de Koriwara, Lusuni y Potoni.
- En agosto del 2017 se realizó el Diagnóstico de glaciares en la Cordillera Apolobamba realizado por INAIGEM.
- En octubre del 2018 se realizaron los primeros estudios en la actividad denominada Expedición Científica Apolobamba, ejecutado por el INAIGEM en colaboración con instituciones públicas y privadas.
- En abril del 2019 se llevó a cabo la Expedición Científica Apolobamba 2019-I con resultados respecto a la caracterización física del ámbito.
- En octubre del 2019 se realizó la Expedición Científica Apolobamba 2019-II en el que se obtuvo datos importantes respecto a la caracterización social de la población más vulnerable en caso se produzca un fenómeno un aluvión desde las lagunas en formación.

2.2 Justificación

El ámbito de la cordillera Apolobamba es, hasta la fecha, la cordillera glaciar menos estudiada en el país, debido a esto, no se cuenta con información referente a la dinámica y el comportamiento de los frentes glaciares, lagunas en formación y glaciares colgantes, aspectos relevantes que debemos tener cuenta en tiempos donde el Cambio Climático y el Calentamiento Global son motivo de discusión en la comunidad científica.

Existen evidencias, documentadas y no documentadas, de eventos aluviónicos ocasionados por la caída de avalanchas que afectaron a las lagunas en formación en la cabecera de la quebrada Occoruruni (Informe de inspección laguna Chaupiorco, INRENA 2006), estos eventos causaron daños en la infraestructura vial de acceso al centro poblado de Koriwara, así como la alarma en las poblaciones ubicadas aguas abajo como son Potoni y Sina.

Existe la urgencia de atender la necesidad de las poblaciones que habitan dentro del ámbito de la cuenca Occoruruni, así como de las poblaciones que habitan aguas abajo, con la finalidad de dotar herramientas de prevención ante el incremento de la superficie y el volumen de agua de las lagunas de formación glaciar ubicadas en la cabecera de cuenca.

La población beneficiaria de los resultados logrados, se estima en 1,744 habitantes, esto equivale a la población de Sina (Proyección INEI 2017). El centro poblado de Koriwara, cuenta con un centro educativo de nivel inicial y primario, la población en el área de influencia del río es de aproximadamente 220 habitantes, adicionalmente existe población flotante que llega al ámbito como parte de la mano de obra para las mineras situadas en la cabecera de cuenca.

2.3 Ubicación

La cordillera Apolobamba se ubica en el ramal oriental de la cordillera de los Andes, al sureste del país, divide la región del Altiplano con la selva Amazónica, se extiende a lo largo de 85 km siendo compartida por los países de Bolivia y Perú, con una superficie aproximada de 40 km² emplazada en dirección sureste desde el departamento de Puno en Perú hasta la República de Bolivia. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 14° 13' 42" y 14° 52' 35" de latitud sur y entre los meridianos 69° 40' 10" y 69° 4' 33" de longitud oeste.

La subcuenca Huari Huari forma parte de la cordillera Apolobamba, según la cartografía del IGN la zona se encuentra en la Hoja 30-Y, geográficamente se ubica en el cuadrángulo que forman las coordenadas 467,500E – 8,390,000N y 475,000E – 8,377,500N de la zona 19 UTM del sistema WGS84. Políticamente se ubica en el distrito de Sina perteneciente a la provincia de San Antonio de Putina del departamento de Puno. Ver **Mapa 1**.

Hidrográficamente, la subcuenca Huari Huari forma parte de la cuenca Inambari en la vertiente del Amazonas. Ver **Mapa 2**.

2.4 Acceso

Desde la ciudad de Puno, con dirección norte hacia el distrito de Sina por la carretera que une Juliaca, Huancané, Vilquechico, Cojata, desvío Sina hasta llegar al centro poblado Koriwara con un recorrido total de 231 km (**Gráfico 1**).

III. ASPECTOS FÍSICOS

3.1 Hidrografía e hidrología

Hidrográficamente la cordillera Apolobamba aporta con agua a la cuenca Altiplánica del Titicaca y a la vertiente Amazónica mediante la cuenca Inambari, de este modo cumple un rol de vital importancia en la subsistencia de los ecosistemas aledaños, del Altiplano principalmente.

El río Occoruruni es la naciente más alejada de la cuenca Inambari, luego de un recorrido de 12 km aproximadamente se une al río Grande, para aguas abajo formar el río Sina, el río Huari Huari hasta llegar al río Inambari consecutivamente, este último parte importante del río Madre de Dios en la selva baja hasta cruzar la frontera con Bolivia y cambiar de nombre a río Beni que después llega a Brasil con el nombre de río Madeira para formar parte del gran río Amazonas y desembocar en el océano Atlántico.

La subcuenca Huari Huari tiene una superficie de 206.4 km², se estima que en promedio transporta un caudal anual aproximado de 3000 l/s, siendo el río Occoruruni el mayor aportante Ver **Mapa 2**. Occoruruni concentra un conjunto de elementos hidrológicos, para una mejor descripción del ámbito se dividió en microcuencas como se muestra en el **Mapa 3**.

3.2 Glaciología

Los glaciares en la cordillera Apolobamba son en su mayoría del tipo montaña, de valle en menor proporción. Esta cordillera concentra su mayor superficie de cobertura glaciar hacia la cuenca del río Inambari.

Los principales grupos de nevados en el ámbito de la cordillera Apolobamba en territorio peruano son: El grupo Ananea, ubicado al noroeste, con los nevados de Ñacaria, Vilacota, Ccorhuari, Ananea, Ananea Grande, San Andrés, Callejón, Ritipata y Chapi; el grupo Salluyo, ubicado al sureste, tiene a los nevados Jorge Chavez, Riti Urmasca, Guna Cunca, Caballune, Losoccocha, Chocñacota, además de los nevados que compartimos con el país de Bolivia como son: Sorapata, Vizcachani, Salluyo, Ichocollo y Palomani Grande.

Los nevados en la subcuenca Huari Huari son los que se encuentran dentro del grupo Salluyo, con los nevados Vizcachani, Sorapata, Riti Urmasca, Jorge Chavez y Salluyo Ver **Mapa 4**.

3.3 Geología

En la cuenca Occoruruni, sobresalen rocas de diferentes orígenes, siendo las más importantes las rocas metamórficas de la Formación Sandía en la parte media y entorno de los nevados, en la cabecera de la microcuenca Sina, lagunas Vizcachani y Sorapata y Nevados de mismo nombre; también se tiene afloramientos sedimentarios de edad ordoviciana, mientras que en la parte baja sobresalen rocas metasedimentarias cubiertas por sedimentos cuaternarios de origen aluvial, fluvio-glaciar y glaciar.

3.4 Ecosistemas

Los ecosistemas montañosos en todo el mundo se encuentran desde el ecuador hasta los polos y ocupan aproximadamente la quinta parte de la superficie de los continentes y las islas. Más allá de sus características comunes como un relieve relativamente elevado (o una variación topográfica muy marcada) y unas fuertes pendientes, las montañas presentan una diversidad notable (Ives, Messerli y Spiess, 1997).

Los ecosistemas predominantes en el ámbito de la cuenca Occoruruni son: Pajonal de puna húmeda, Zona Periglaciar, Glaciar, Bofedal y Humedal (lagunas).

IV. RESULTADOS

5.1 Geodesia

Se establecieron puntos de control de orden C en el ámbito de la cuenca Occoruruni, los cuales se muestran en la **Figura 1** y los detalles en la **Tabla 1**.

Figura 1. Puntos de control topográfico.

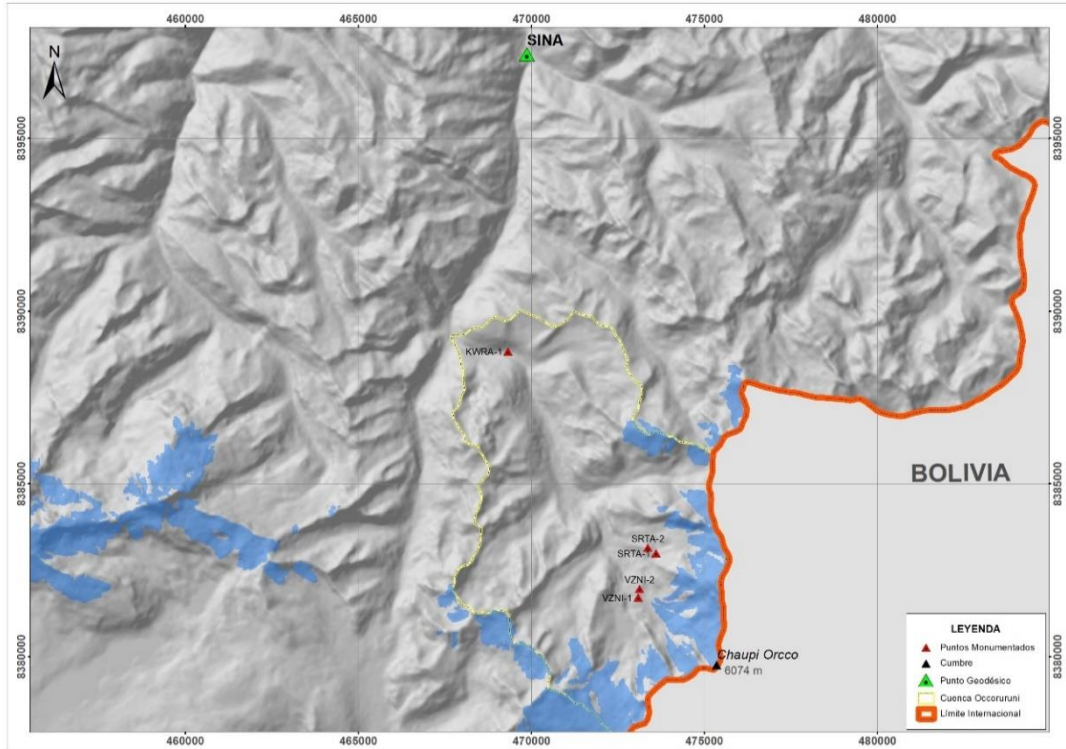


Tabla 1. Coordenadas de los puntos de control topográfico de orden C.

CÓDIGO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCIÓN
KWRA-1	469,332.188	8,388,828.917	4,035.168	Centro poblado de Koriwara, plataforma deportiva.
SRTA-1	473,605.426	8,382,987.436	4,917.627	Laguna Sorapata, zona de arranque de la morrena lateral izquierda.
SRTA-2	473,365.764	8,383,148.048	4,949.456	Laguna Sorapata, zona de cresta de la morrena lateral.
VZNI-1	473,086.108	8,381,709.467	4,934.173	Laguna Vizcachani, morrena lateral izquierda, roca prominente.
VZNI-2	473,132.143	8,381,962.342	4,893.685	Laguna Vizcachani, dique natural morrena lateral.

El detalle de la descripción para cada punto de control (ver **Figuras 2 y 3**) es como sigue:

KWRA-1, ubicado en la plataforma deportiva del centro poblado Koriwara, punto principal de referencia, servirá para llevar el control y traslado de diferentes puntos dentro del ámbito de trabajo.

KWRA-2, ubicado en la estructura de captación de agua potable del centro poblado Koriwara, punto principal de apoyo.

SRTA-1, ubicado en la zona de arranque de la morrena lateral izquierda de la laguna Sorapata, este punto se encuentra monumentado en una zona estable y libre de deslizamientos que puedan afectar su posición. Por su ubicación, este punto servirá de base para la distribución de puntos auxiliares.

SRTA-2, ubicado en la cresta de la morrena lateral izquierda, punto de quiebre en la dirección inicial de la morrena, zona de evidente inestabilidad, sujeta a asentamientos y deslizamientos como consecuencia de la actividad erosiva en los taludes de fuerte pendiente y en la base de la morrena en contacto con la laguna Sorapata. Además, por sus características este punto servirá para la evaluación de la dinámica en el comportamiento de la morrena, dado que nos podría indicar la existencia de asentamientos y desplazamientos.

VZNI-1, punto ubicado sobre una roca de tamaño considerable, distinguible a simple vista, situado en el flanco izquierdo de la laguna Vizcachani, la zona posee características de estabilidad y visibilidad hacia el conjunto del frente glaciar y laguna en estudio.

VZNI-2, ubicado sobre la morrena lateral izquierda, aguas abajo en la dirección del flujo, punto auxiliar desde donde se aprecia las características de la zona de desagüe de la laguna Vizcachani hasta la zona terminal del arco morrénico.

Figura 2. Punto de control topográfico KRWA-1.



Figura 3. Puntos de control topográfico monumentados en inmediaciones de las lagunas Sorapata y Vizcachani.



5.2 Topografía y batimetría

La información obtenida en campo, tanto de la topografía como de la batimetría, se procesó en gabinete de modo tal que se logró la unión de ambos registros para la elaboración de planos en escala 1:2000 (ver Figuras 4 y 5). También se realizó el cálculo de la curva Área – Volumen para cada laguna (ver Figuras 6 y 7).

Figura 4. Vista del resultado en la unión de los datos topográficos y batimétricos para la laguna Sorapata, es posibles apreciar en colores los diferentes niveles de profundidad en la laguna.

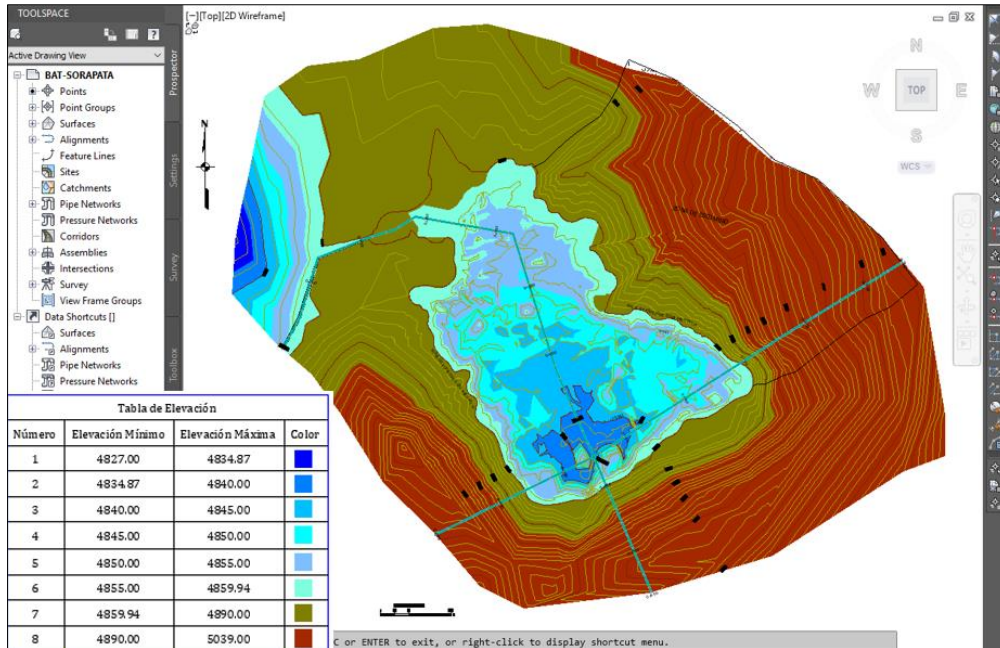


Figura 5. Vista del resultado en la unión de los datos topográficos y batimétricos para la laguna Vizcachani, es posibles apreciar en colores los diferentes niveles de profundidad en la laguna.

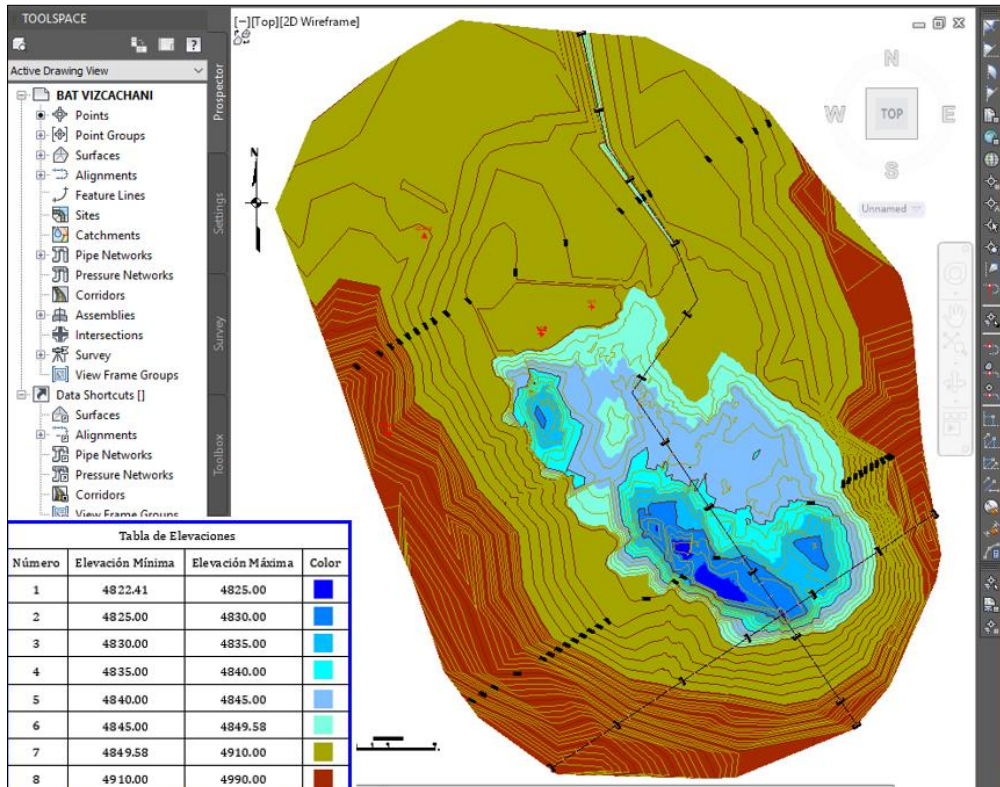


Figura 6. El cálculo de la curva área – volumen para la laguna Sorapata.

Resultado de la Batimetría - Laguna Sorapata
octubre del 2018

Elevación	Prof.(m.)	Área (m2)	Vol. Parc.(m3)	Vol.Acumul.(m3)	Observ.
4,859.94	0.00	123,150.198	222,435.22	1,217,580.68	NIV. Espejo de Agua
4,858.00	-1.94	106,254.012	201,342.64	995,145.45	
4,856.00	-3.94	95,189.980	178,616.85	793,802.82	
4,854.00	-5.94	83,553.269	154,265.43	615,185.97	
4,852.00	-7.94	70,885.632	130,925.87	460,920.53	
4,850.00	-9.94	60,186.051	110,230.33	329,994.66	
4,848.00	-11.94	50,195.298	84,886.15	219,764.34	
4,846.00	-13.94	35,137.218	58,091.81	134,878.19	
4,844.00	-15.94	23,354.295	37,488.39	76,786.38	
4,842.00	-17.94	14,485.431	21,401.23	39,297.99	
4,840.00	-19.94	7,319.509	11,408.77	17,896.76	
4,838.00	-21.94	4,229.598	5,820.12	6,488.00	
4,836.00	-23.94	1,766.873	667.88	667.88	
4,834.87	-25.07	0.000	0.00	0.00	NIV. Máx. Profundidad
				1,217,580.68	

Largo Máximo = 507.245 m

Ancho Máximo = 346.676 m

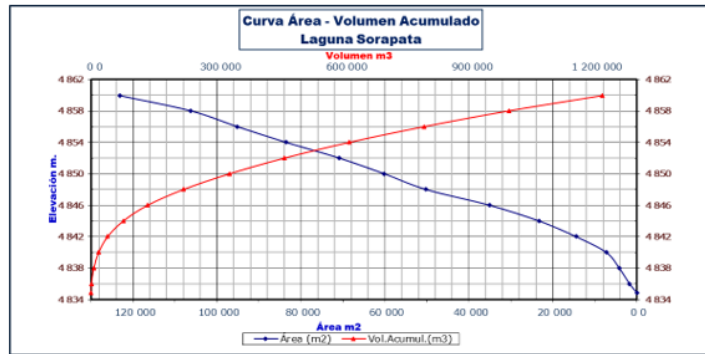


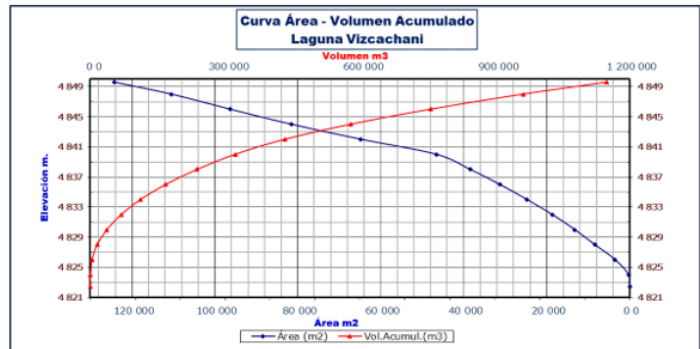
Figura 7. El cálculo de la curva área – volumen para la laguna Vizcachani.

Resultado de la Batimetría - Laguna Vizcachani
octubre del 2018

Elevación	Prof.(m.)	Área (m2)	Vol. Parc.(m3)	Vol.Acumul.(m3)	Observ.
4,849.58	0.00	124,238.549	185,567.30	1,149,165.51	NIV. Espejo de Agua
4,848.00	-1.58	110,494.050	206,632.96	963,598.21	
4,846.00	-3.58	96,301.442	177,624.17	756,965.25	
4,844.00	-5.58	81,527.646	145,995.98	579,341.09	
4,842.00	-7.58	64,788.554	110,925.81	433,345.10	
4,840.00	-9.58	46,633.593	84,975.01	322,419.30	
4,838.00	-11.58	38,472.161	69,692.49	237,444.29	
4,836.00	-13.58	31,342.018	56,016.20	167,751.80	
4,834.00	-15.58	24,801.603	43,329.69	111,735.60	
4,832.00	-17.58	18,672.809	31,793.04	68,405.91	
4,830.00	-19.58	13,273.429	21,545.69	36,612.87	
4,828.00	-21.58	8,452.780	11,649.73	15,067.18	
4,826.00	-23.58	3,546.568	3,256.76	3,417.44	
4,824.00	-25.58	302.608	160.68	160.68	
4,822.41	-27.18	0.000	0.00	0.00	NIV. Máx. Profundidad
				1,149,165.51	

Largo Máximo = 510.859 m

Ancho Máximo = 318.334 m



En la **Tabla 2**, se muestra las características geométricas de la Laguna Sorapata, con mediciones realizadas el 24 de octubre de 2018.

Tabla 2. Laguna Sorapata.

Nivel del espejo de agua (m):	4,859.94
Área del espejo de agua (m ²):	123,194.82
Volumen almacenado (m ³):	1,217,580.68
Profundidad máxima (m):	-25.07
Largo máximo (m):	507.24
Ancho máximo (m):	346.68

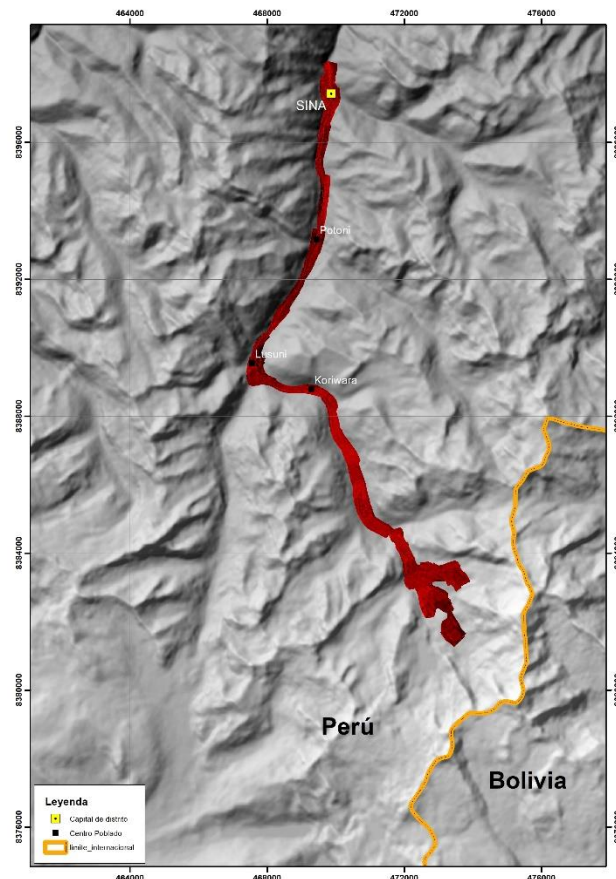
En la **Tabla 3**, se muestra las características geométricas de la Laguna Vizcachani, con mediciones realizadas el 25 de octubre de 2018.

Tabla 3. Laguna Vizcachani.

Nivel del espejo de agua (m):	4,849.58
Área del espejo de agua (m ²):	124,238.55
Volumen almacenado (m ³):	1,149,165.51
Profundidad máxima (m):	-27.18
Largo máximo (m):	510.86
Ancho máximo (m):	318.33

Se realizó un levantamiento topográfico mediante RPAS en el entorno de las lagunas Sorapata y Vizcachani, así como a lo largo del río principal hasta la localidad de Sina, con una superficie de 8,095,737 m² (ver **Figura 8**).

Figura 8. Superficie cubierta mediante vuelo RPAS, generando topografía de alta resolución (1x1 m)



5.3 Glaciología

Tipología

Los glaciares ubicados en la cuenca Occoruruni (Ver **Gráfico 1**) son glaciares de montaña predominantemente y glaciares de valle en sus últimas etapas de retroceso, con el frente situado en la cota más baja a 4,849 msnm, que a su vez dio origen a la formación de la laguna Vizcachani.

La superficie mapeada se realizó con imágenes Sentinel 2 del año 2016, tal como se muestra en el anexo **Mapa 03**.

En la **Tabla 4**, se observa la distribución de glaciares existente por cada Microcuenca, es evidente que las microcuencas Sorapata, Vizcachani y Japuccocha son microcuencas completamente glaciares.

Tabla 4. Distribución de glaciares existentes por Microcuenca.

ID	Microcuenca	Área (km ²)	Área Sin Glaciar		Área Con Glaciar	
			(km ²)	%	(km ²)	%
1	Sorapata	2.87	1.38	48.17	1.49	51.83
2	Vizcachani	5.46	2.47	45.23	2.99	54.77
3	Japuccocha	6.54	3.63	55.53	2.91	44.47
4	Caballune	7.07	6.47	91.51	0.60	8.49
5	Huecco	7.48	7.48	100.00		
6	Puenapata	7.20	5.94	82.50	1.26	17.50
7	Yanaloma	5.37	5.25	97.76	0.12	2.24
8	Pampamachay	5.49	5.49	100.00		
9	Ccunpata	12.71	12.71	100.00		
10	Putuyoc	5.45	5.45	100.00		
		65.64	56.27	85.73	9.37	14.27

El trabajo de campo permitió identificar glaciares cubiertos los cuales que se muestran en el anexo **Mapa 04**, y los detalles de superficie en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Identificación de glaciares cubiertos

ID	Nombre	Área m ²
1	Sorapata	500,678.90
2	Vizcachani1	408,373.85
3	Vizcachani2	42,232.86
4	Caballune	20,582.04
		971,867.66

Identificación de glaciares colgantes

Determinar la masa de hielo que puede estar involucrada en una potencial avalancha de hielo, es difícil. En algunos casos, se han usado patrones de grietas para mapear las potenciales zonas de desprendimiento (Schaub et al., 2013), pero esto puede ser no confiable en otras instancias. Cuando las grietas grandes cruzan a través del glaciar y el área del talud interior muestra signos de creciente velocidad, puede ser seguro el definirla zona de inestabilidad (Failetz et al., 2015) Huggel et al. (2004) propuso una simple aproximación para situaciones del tipo de acantilado

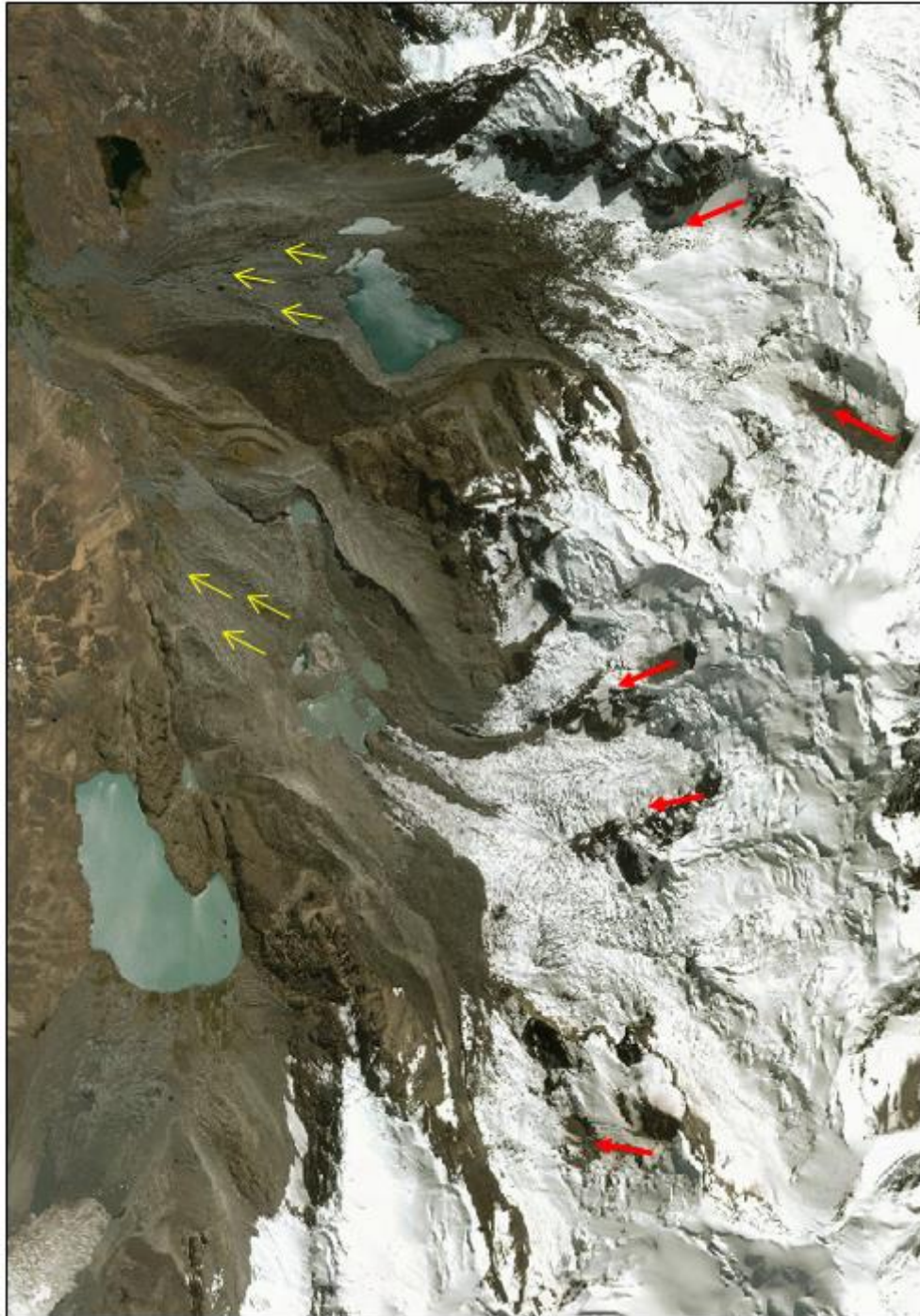
(Cliff) basadas en evidencias de los Alpes Suizos, en donde el volumen es establecido a partir de la longitud del acantilado, ancho y espesor o profundidad. Para situaciones del tipo de rampa, se sugieren como valores han sido superados en orden de magnitud en otras regiones alrededor del mundo, en particular donde las lenguas glaciares enteras se han desprendido (Evans et al., Huggel et al., 2010; Tian et al., 2017). Esto sirve para destacar que las reglas empíricas proporcionan solamente una guía útil mas no la garantía de que no ocurrirán eventos excepcionales.

Los criterios para la identificación de glaciares colgantes en el ámbito de la cuenca Occoruruni fueron los siguientes:

- Observación de eventos ocurridos en los últimos años.
- Identificación de zonas similares a aquellas donde se presentaron eventos de avalanchas.
- Identificación de crevasses (Grietas transversales al flujo del glaciar)
- Identificación de pendientes mayores a 45°
- Reconocimiento fotográfico de zonas con potencial de avalancha.
- Delimitación, codificación y cálculo de la superficie glaciar identificada con potencial de avalancha.
- Estimación del volumen que representan los glaciares identificados.

Existe evidencia de avalanchas que sucedieron en los últimos 20 años, desprendimientos identificados en el ámbito de la laguna y nevado Sorapata (Ver **Figura 9**), así como evidencia de eventos anteriores claramente identificables en los depósitos aluviónicos observados en la base de las lagunas.

Figura 9. Identificación de zonas que evidencian desprendimientos de bloques de hielo en el ámbito. En flecha de color rojo se marcan las zonas de arranque de estas avalanchas, en todos los casos existe la probabilidad de que se trataron de avalanchas mixtas (mezcla de hielo y roca), esta hipótesis corroborada por los depósitos de escombros en las zonas bajas. En flechas de color amarillo se observa la huella de los flujos bruscos que salieron de las lagunas, teniendo en cuenta que estas lagunas son de formación reciente en los últimos 40 años, se asume que existe una dinámica activa en los desprendimientos de bloques de hielo y roca.



Fuente: Imagen Bing Maps 2010.

La identificación de glaciares colgantes se realizó mediante la observación de una orthofoto del año 2013 y fotografías de inspecciones realizadas en los años 2006, 2016 y 2018. Los glaciares colgantes identificados en la microcuenca Sorapata y Vizcachani son los que se muestran en la **Figura 10 y 11**. (Adicional ver Anexo **Mapas 06 y 07**)

Figura 10. Glaciares colgantes identificados en el ámbito de la microcuenca Sorapata.

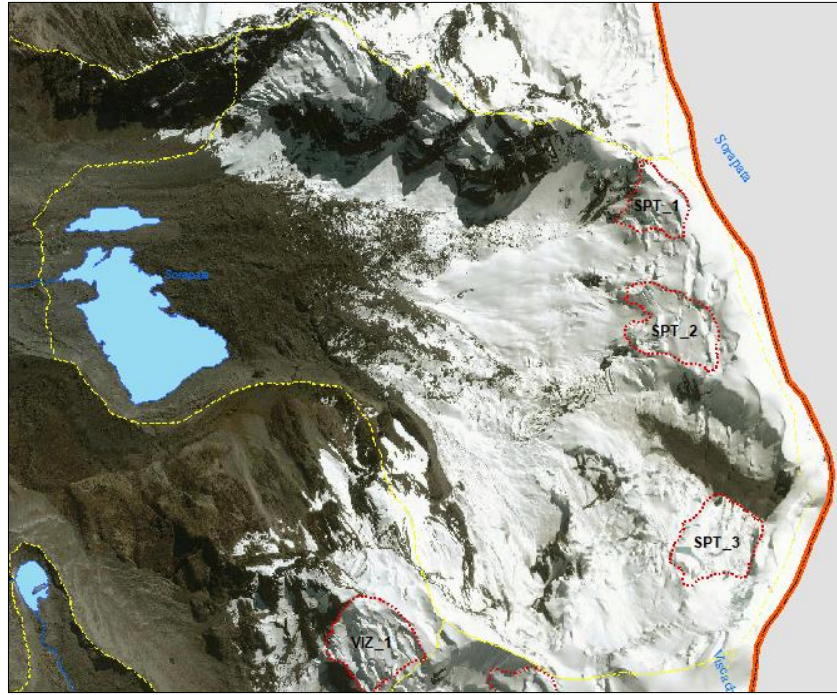
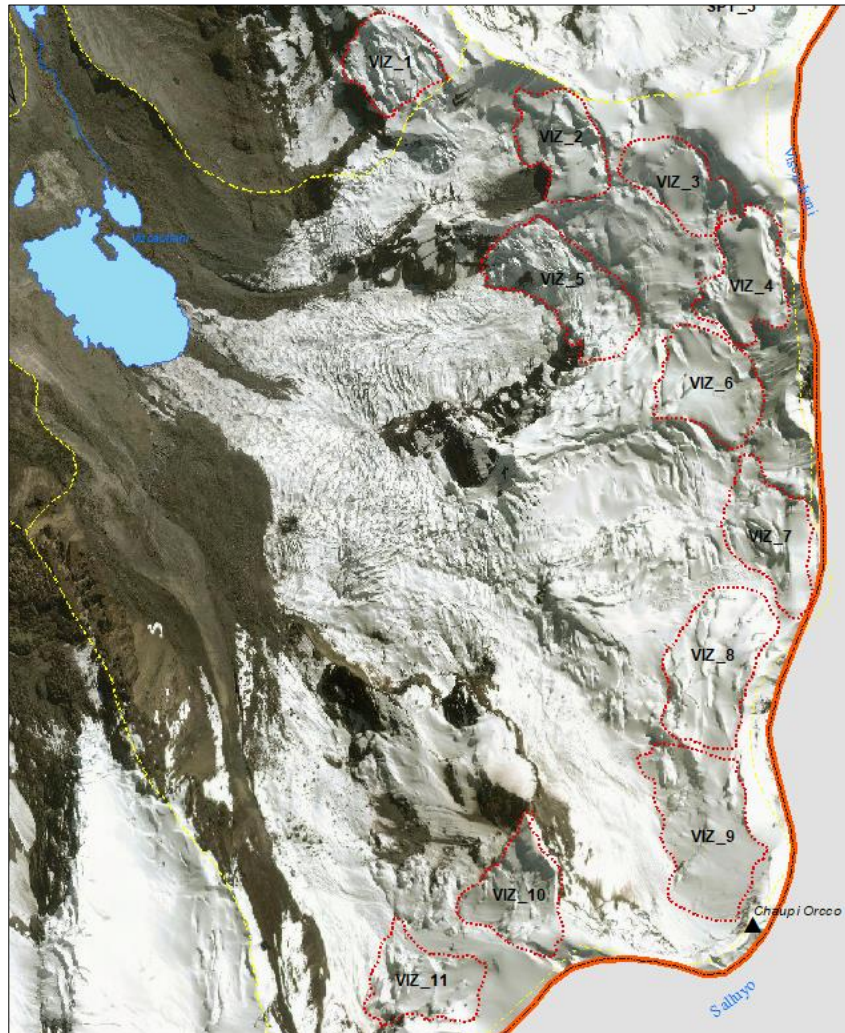


Figura 11. Glaciares colgantes identificados en el ámbito de la microcuenca Vizcachani.



Una primera aproximación en la estimación de volúmenes glaciares colgantes que representan una amenaza directa a las lagunas Sorapata y Vizcachani se muestran en la **Tabla 6**, para esta aproximación asumimos de manera conservadora un valor de 12 m en el espesor glaciar considerando las fuertes pendientes donde se ubican estos bloques de hielo, para tal efecto no se consideró el volumen de roca en caso se produzca una avalancha mixta. Los volúmenes críticos para una avalancha de hielo son SPT_2 y VIZ_9 (**Gráficos 2, 3, 4 y 5**).

Tabla 6. Estimación del volumen de glaciares colgantes

Cod	Área m2	Espesor	Volumen m3
SPT_1	31,257	12	375,078
SPT_2	53,206	12	638,468
SPT_3	52,675	12	632,095
VIZ_1	57,377	12	688,521
VIZ_2	65,906	12	790,867
VIZ_3	57,927	12	695,126
VIZ_4	71,690	12	860,274
VIZ_5	99,112	12	1,189,343
VIZ_6	78,691	12	944,290
VIZ_7	74,891	12	898,689
VIZ_8	106,747	12	1,280,960
VIZ_9	121,410	12	1,456,914
VIZ_10	72,336	12	868,029
VIZ_11	67,633	12	811,598

Monitoreo del retroceso

El glaciar Caballune es ideal para la observación del comportamiento de los frentes glaciares en el ámbito de la cuenca Occoruruni, debido principalmente a la accesibilidad existente, además de poseer una forma ideal para llevar un control topográfico del frente (ver **Gráfico 6**). Este glaciar podría darnos una idea aproximada de la dinámica que sucede en los diferentes niveles de tal modo que podamos comprender y asumir escenarios de desprendimientos en los glaciares colgantes que amenazan a las lagunas Sorapata y Vizcachani.

5.4 Situación actual de las lagunas glaciares en formación

5.6.1 Laguna Sorapata

Se emplaza a los 4,859 m de altitud, entre los nevados Sorapata y Vizcachani al lado noroeste del macizo, es de forma ligeramente alargada con 507 m de largo y 346 m de ancho, en la actualidad esta laguna almacena 1,217,580 m³ y su profundidad máxima es de 25 m, zona situada cercana al talud del flanco izquierdo (ver **Gráfico 9**).

La cubeta que la sostiene es de material predominantemente morrénico, con flancos bien definidos, en especial en el lado izquierdo, en la zona de arranque donde se observa fuerte inestabilidad el talud interno de la morrena.

La zona posterior limita con escombros y glaciar cubierto, por la cantidad de escombros observada se concluye que la laguna ya alcanzó su máximo desarrollo, en caso se dé la fusión del glaciar cubierto solo provocará asentamientos y reacomodo de los escombros.

El flanco izquierdo, se proyecta desde el basamento rocoso en dirección sur oeste siguiendo un rumbo sinuoso con cambio de dirección en diferentes tramos, este aspecto nos indica los procesos de avance del glaciar en su etapa de crecimiento. La potencia de esta morrena es la más vistosa en todo el ámbito, llega a medir 90 m de altura desde el espejo de la laguna, con taludes internos que alcanzan pendientes entre 40° y 60°, por el tipo de material, estas morrenas se encuentran en constante erosión y eventuales desprendimientos de rocas hacia la laguna.

El dique natural está formado por el arco morrénico que dejó el frente del glaciar en su retirada, con abundante escombros y material fino del pulimento de las pizarras, el borde libre es muy reducido para la proporción de la laguna respecto a la zona de desagüe (< 2m). Esta zona se muestra erosionada y con huellas de claras de que originó desbordes de regular magnitud, incluido el último registrado en marzo del año 2006 (ver **Gráfico 10**), en la base del mismo se observó tres puntos de filtraciones con caudales que estimamos en 10 l/s (ver **Gráfico 11**)

Las características observadas, en relación a la probabilidad de un suceso de avalancha que afecte la estabilidad de la laguna son:

1. Presencia de glaciares colgantes
2. Existencia de pendientes fuertes > 35°
3. Dirección del flujo de avalanchas hacia la laguna.
4. Borde libre reducido (< 2m)
5. El basamento rocoso donde se sitúan los glaciares colgantes está constituido de forma predominante con pizarras.

Siendo la amenaza principal una avalancha mixta con origen sobre los 5,450 m de altitud, en el nevado Sorapata y Vizcachani (cara norte), preliminarmente se estima que la probabilidad de que este suceso ocurra es alta, según las consideraciones señaladas. Asimismo, la probabilidad de que ante este suceso ocasione una brecha de desagüe es muy baja, debido a la proporción de ancho del dique natural respecto a la zona profunda de la laguna 20 veces aproximadamente.

5.6.2 Laguna Vizcachani

Laguna en proceso de desarrollo, ubicada en la base del glaciar proveniente del nevado del mismo nombre, emplazada a 4,849 m de altitud, de forma visiblemente alargada, con 510 m de largo y 318 de ancho, almacena un volumen de agua 1,149,165 m³ y su profundidad máxima es de 27 m (ver **Gráfico 12**).

Esta laguna se encuentra en una cubeta de constitución morrénica, con flancos definidos, siendo el flanco izquierdo el de mayor potencia e importancia en cuestión del estudio de peligros, dado que esta morrena tiene pendientes muy fuertes mayores a 35°, con evidencia de procesos erosivos violentos, es preciso dejar constancia que esta morrena tiene cantidades importantes de glaciares cubiertos en la base, aspecto a tomar en cuenta en el análisis de posibles deslizamientos y su posible afectación a la laguna (ver **Gráfico 13**).

La zona posterior limita de forma predominante con el frente glaciar, con alturas de hielo desde el nivel de espejo mayores a 15 m. Estos frentes glaciares se encuentran en constante dinámica con desprendimientos frecuentes de hielo hacia la laguna, observando así la presencia de estos bloques flotantes en gran parte de año (ver **Gráfico 14**).

El dique natural está conformado por depósitos de material morrénico dejado por el glaciar en su retirada, además se sitúa dentro de un arco de morrena cuyo frente se sitúa a 750 m aguas abajo, donde también se encuentra una laguna de forma ovalada con dimensiones reducidas (120 m de largo por 100 m ancho máximo).

Las características observadas, en relación a la probabilidad de un suceso de avalancha que afecte la estabilidad de la laguna son:

1. Presencia de glaciares colgantes (ver Item 5.3)
2. Existencia de pendientes fuertes en la dirección de flujo de estos glaciares colgantes > 35° (87%, ver Anexo **Gráficos 15, 16 y 17**)
3. Dirección del flujo de avalanchas hacia la laguna.
4. Borde libre reducido (< 4m)
5. Frente glaciar en contacto con la laguna
6. Bloques de hielo flotante en la laguna (Indicador de dinámica activa y desarrollo de la laguna)

La amenaza principal es una avalancha mixta con origen sobre los 5,400 m, en la cara oeste del nevado Vizcachani, preliminarmente se estima que la probabilidad de que este suceso ocurra es alta, según las características señaladas.

La laguna Vizcachani se encuentra en proceso de desarrollo, es decir, el volumen de agua está en un proceso de incremento continuo, siendo este factor el que determina tomar las medidas de prevención necesarias.

V. CONCLUSIONES

- Los peligros asociados al retroceso de los glaciares en el área de influencia de la cuenca Occoruruni son: Avalancha mixta (hielo y roca) en el nevado Sorapata y Vizcachani y Aluvión por desborde violento de las lagunas glaciares Sorapata o Vizcachani.
- Sorapata es una laguna de origen glaciar, de formación en los últimos 30 años, en la actualidad almacena 1,217,580 m³ de agua, se encuentra en contacto con glaciares cubiertos y escombros. Presenta zonas propensas a deslizamientos en el talud interno del flanco izquierdo. Se considera una **laguna peligrosa**. La principal amenaza en la laguna Sorapata son los glaciares colgantes identificados que se estima puede llegar a 638 mil metros cúbicos, cifra conservadora teniendo en cuenta que el volumen tiende a incrementar durante su trayecto.
- La laguna Sorapata ya cuenta con antecedentes de desborde como consecuencia de avalanchas, tal como refiere el informe técnico elaborado por el INRENA en el año 2006.
- Existen tres puntos con filtraciones importantes ubicados en la base del dique morrénico de la laguna Sorapata, aproximadamente a 200 m de diferencia de altitud respecto a la profundidad de la laguna. Si bien estas filtraciones están en la base del dique morrénico, no presenta carga de sedimentos, lo cual indica que son conductos permanentes que no están en proceso de erosión del material que constituye el dique.
- Vizcachani es una laguna de origen glaciar, en proceso de formación, con un volumen de 1,149,165 m³ (a octubre del 2018), se estima que, en relación a la superficie del espejo de agua, esta laguna se encuentra en la mitad de su etapa de desarrollo. Se considera una **laguna peligrosa**. La principal amenaza a la laguna Vizcachani son los glaciares colgantes situados sobre los 5,400 m de altitud, el bloque de mayor dimensión se estima cercano a 1.5 millones de metros cúbicos.
- La laguna Vizcachani es muy vulnerable ante avalanchas, dado que se encuentra en contacto con el frente glaciar.
- La laguna Vizcachani desagua por rebose, aspecto determinante en caso de eventuales desbordes producto de la caída de hielo sobre el espejo de la laguna.
- Los glaciares colgantes que representan una mayor probabilidad de amenaza para la laguna Sorapata son tres, de los cuales se estima que el de mayor volumen cuenta con 638,468 m³.
- Para el caso de los glaciares colgantes en la cabecera de la laguna Vizcachani se han identificado un total de once, se estima que el de mayor volumen tiene aproximadamente 1,456,914 m³ de masa glaciar.
- El centro poblado de Koriwara se ubica muy cercano al cauce del río Occoruruni, cuenta con un muro rústico que hace la función de defensa ribereña, estructura que no sería suficiente para proteger a la población en caso se presente un aluvión, esta hipótesis se deberá confirmar con modelamientos de flujos.
- Con la finalidad de estudiar el comportamiento de los glaciares dentro del ámbito de la cuenca Occoruruni se inició con el monitoreo topográfico del frente en el glaciar Caballune, los registros servirán para el control del retroceso en los glaciares dentro del ámbito.

- Adicionalmente se identificaron peligros a lo largo de los ríos Occoruruni y Grande hasta la localidad de Sina, se tratan de deslizamientos de ladera, los más resaltantes están ubicados entre Koriwara y el sector Ancocala a 800 m aguas arriba del centro poblado, también se verificó deslizamientos en inmediaciones de la comunidad de Potoni. Es importante caracterizar estos deslizamientos dado que en la eventualidad de una crecida del río Occoruruni otro efecto a considerar serán los deslizamientos de ladera que podrían afectar a las poblaciones aguas abajo mediante el represamiento temporal de agua en el cauce del río.
- Bajo las consideraciones antes expuestas, preliminarmente podemos mencionar que las poblaciones asentadas en Koriwara, Lusuni y Potoni están en zonas vulnerables, siendo Koriwara la población más vulnerable y la que requiere de atención urgente.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la capacitación urgente a las poblaciones que habitan dentro del ámbito de impacto (Koriwara, Lusuni, Potoni y Sina), en medidas preventivas ante eventos de crecidas súbitas del caudal en el río Occoruruni.
- Se recomienda ampliar los estudios en el ámbito de la cuenca Huari Huari hasta la localidad de Sina, con énfasis en el modelamiento de flujos de escombros para determinar el grado de afectación en las poblaciones ubicadas cercanas al cauce del río, especialmente al centro poblado de Koriwara.
- Se recomienda la elaboración de un estudio de Evaluación de Riesgos frente a aluviones de origen glaciar. Estudio que deberá contemplar preliminarmente un plan de acción ante sucesos eventuales de desborde de las lagunas glaciares.
- Se recomienda continuar con los estudios y monitoreo de los glaciares en el ámbito de la cuenca Occoruruni y aledaños con la finalidad de conocer la dinámica glaciar en esta cordillera del país.
- Se debe profundizar los estudios de geología y ecosistemas en el ámbito, esta primera etapa sirvió para un reconocimiento de la zona, donde se obtuvieron muestras para laboratorios de suelo que quedaron relegadas por falta de presupuesto.
- Se recomienda continuar con los trabajos de cooperación mutua entre la Universidad Nacional del Altiplano y el INAIGEM, colaboración efectiva entre dos entidades del estado al servicio de las poblaciones vulnerables.

AGRADECIMIENTOS:

A los habitantes del centro poblado de Koriwara, en la persona del Sr. Paulino Machaca, Severiano Machaca y Luis Ancco, sin su ayuda las tareas de campo en el traslado de la logística hubieran sido complicadas y casi imposibles.

Agradecemos a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, en especial al Vicerrectorado de Investigación y al personal que tiene a cargo el Laboratorio de Tecnologías Satelitales y Mediciones en 3D, por la colaboración prestada y por brindar todas las facilidades para la realización de los trabajos en campo, así como a los estudiantes de las escuelas profesionales de Ingeniería Topográfica y Agrimensura, Ingeniería Geológica e Ingeniería Agrícola.

Al Ing. Renny Diaz Aguilar quien dirige a los estudiantes de la carrera profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

A los ayudantes anónimos que en suma son más de los que podríamos mencionarlos, porque ellos desde ese anonimato han motivado a todos y cada uno de los que llevamos adelante estudios de peligros en zonas de montaña.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Evans, S. G. and Delaney, K. B.: Catastrophic Mass Flows in the Mountain Glacier Environment, in *Snow and Ice – Related Hazard, Risk, and Disasters*, edited by W. Haeberli and C. Whiteman. Pp. 568-606, Elsevier., 2015.
- Failettaz, J., Funk, M. and Vincent, C.: Avalanching glacier instabilities: Review on processes and early warning perspectives, *Rev. Geophys.*, 53(2), 203 – 224, doi: 10.1002/2014RG000466, 2015.
- Francou, B. y Pouyaud, B. (2004). Métodos de observación de glaciares en los Andes Tropicales. Mediciones de terreno y procesamiento. Versión 1, Great Ice, IRD, France: 238pp.
- GAPHAZ (2017) Evaluación de peligros por glaciares y permafrost en regiones de montaña – Documento técnico de orientación. Elaborado por Allen, S., Frey, H., Huggel, C. et al. Grupo de Trabajo Permanente sobre Peligros Glaciares y Permafrost en Alta Montaña (GAPHAZ) de la Asociación Internacional de Ciencias de la Criósfera (IACS) y la Asociación Internacional de Permafrost (IPA) Zurich, Suiza / Lima, Perú, 72 pp.
- Georges, C. (2004). 20th-Century glacier fluctuations in the Tropical Cordillera Blanca, Peru. *Arct. Antarct. Alp. Res.* 36, 100–107.
- Hidrandina S.A. (1989). Inventario de glaciares del Perú. *Huaraz: CONCYTEC*.
- Huss, M. (2013). Density assumptions for converting geodetic glacier volume change to mass change, *The Cryosphere*, 7, 877–887, doi:10.5194/tc-7-877-2013.
- Huggel, C., Haeberli, W., Käab, A., Bieri, D. and Richardson, S.: An Assessment procedure for glacial hazards in the Swiss Alps, *Can. Geotech. J.*, 41, 1068-1083, 2004a.
- ICIMOD (2011) Glacial lakes and glacial lake outburst floods in Nepal, Kathmandu: ICIMOD.
- INRENA (2006). Informe de Inspección del Glaciar y la laguna Chaupiorcco, Cordillera Apolobamba. Huaraz, Perú.
- Shaub, Y., Haeberli, W., Huggel, C., Künzler, M., and Bründl, M.: Landslides and new lakes in deglaciating areas: a risk management framework, in *landslides Science and Practice*, edited by C. Margottini, P. Canuti, and K. Sassa, pp. 31 – 38, Springer, Berlin Heidelberg., 2013.
- Tian, L., T., Y., Gao, Y., Thompson, L., Mosley – Thompson, E., Muhammad, S., Zong, J., Wang, C., Jin, S. and Li, Z.: Two glaciers collapse in western Tibebe, *J. Glaciology*, 63, 194-197, 2017.

VIII. MAPAS

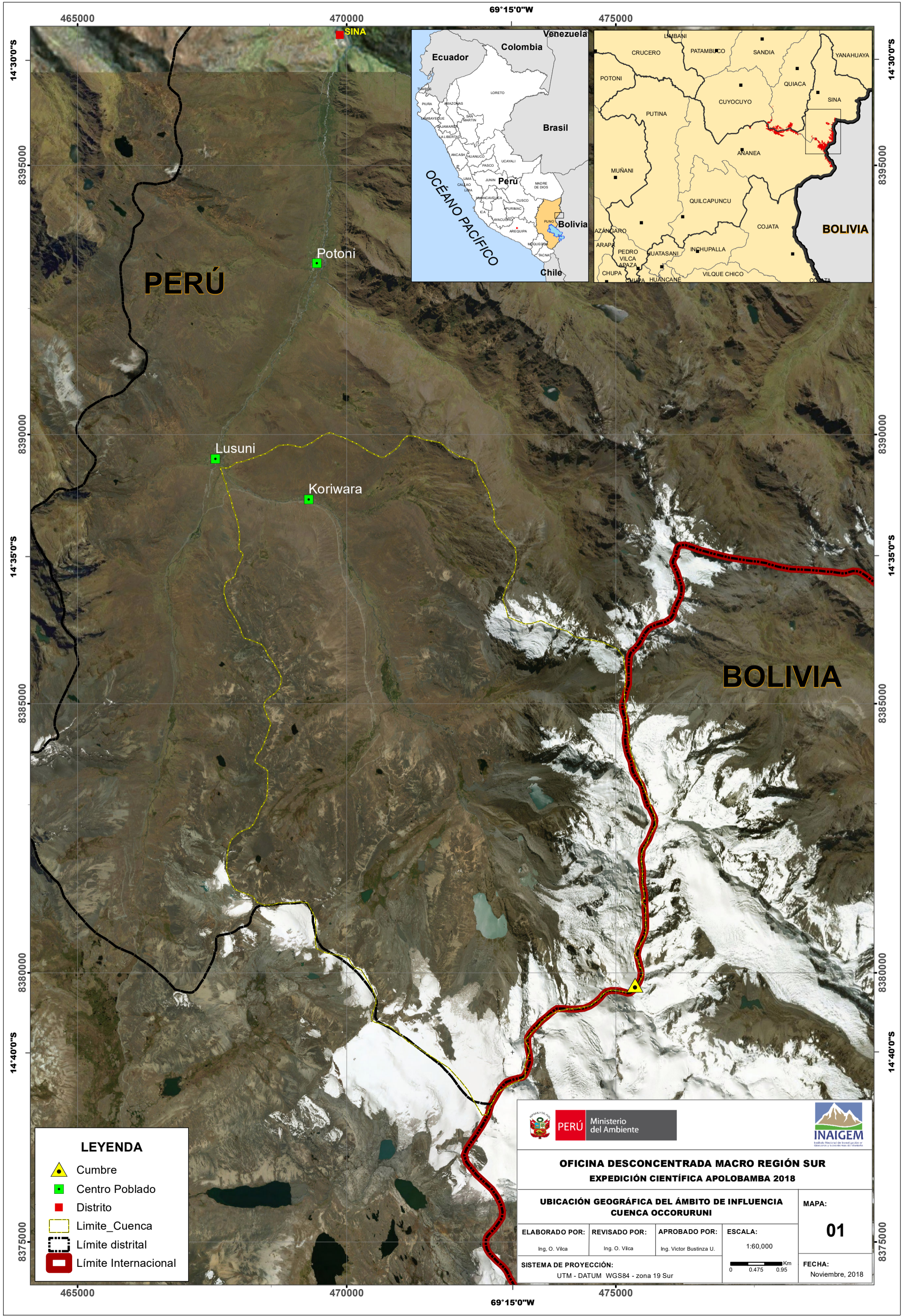
IX. ANEXOS (GRÁFICOS)



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL
DIRECCIÓN DE GEODESIA
DESCRIPCION MONOGRÁFICA



PROYECTO CONSOLIDACIÓN DE LOS DERECHOS DE PROPIEDAD INMUEBLE

CODIGO: SIN3	LOCALIDAD: SINA	ESTABLECIDA POR: INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	
UBICACIÓN: PLAZA DE ARMAS RAMON CASTILLA		CARACTERISTICAS DE LA MARCA: DISCO DE BRONCE 5 CM	
LATITUD (S) WGS-84 14°29'47.270140"		LONGITUD (O) WGS-84 69°16'47.495110"	
NORTE (Y) WGS-84 8397347.677132 m		ESTE (X) WGS-84 469843.630958 m	
ALTURA ELIPSOIDAL 3215.1677 m	ELEV. REFERENCIAL (EGM 2008) 3168.8987 m	ZONA UTM 19 SUR	ORDEN C
<p align="center">CROQUIS</p>			
<p>LOCALIZACIÓN: Distrito: SINA Provincia: SAN ANTONIO DE PUTINA Departamento: PUNO</p> <p>DESCRIPCIÓN: La Estación "SIN3", se encuentra ubicada aproximadamente 30 m al sur de la parte central del local de la Gobernación, en el jardín norte de la Plaza de Armas Ramon Castilla, en el Distrito de Sina.</p> <p>MARCA DE LA ESTACIÓN: Es un disco de bronce de 5 cm de diámetro, incrustado en un bloque de concreto de 20 cm de ancho, 20 cm de largo, 40 cm de alto y lleva grabado la siguiente inscripción: "IGN - PCDPI - SIN3 - C - 2009".</p> <p>REFERENCIA: Carta Nacional Escala 1/100 000, Hoja 29-y Sandia.</p>			
DESCRITA POR: Gomez / Trujillo	REVISADO: TcoJ. C. Silva Q.	JEFE PROYECTO: Cap. Ing. H. Segura M.	FECHA: Noviembre 2009



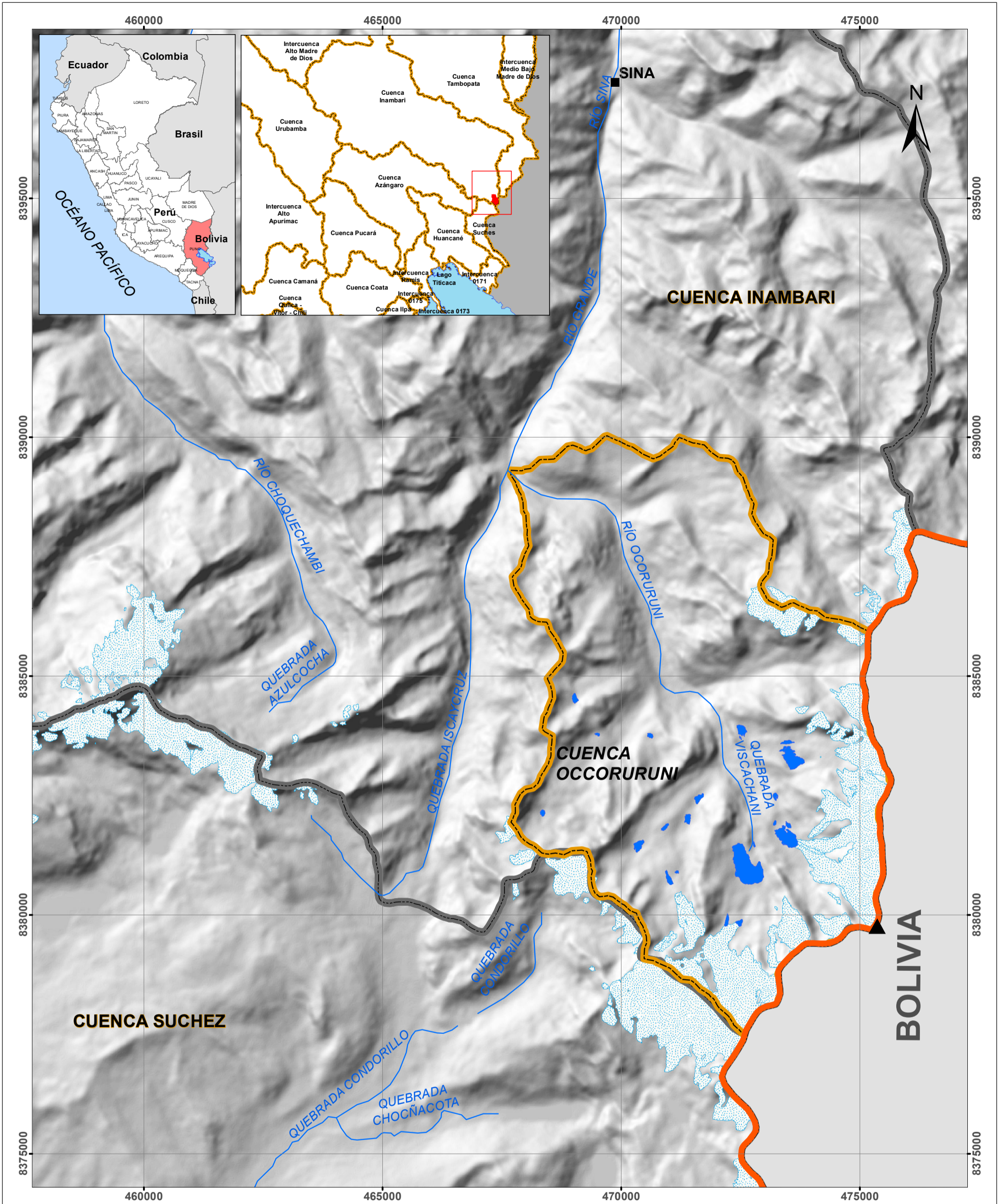
LEYENDA

- Cumbre
- Centro Poblado
- Distrito
- Limite_Cuenca
- Limite distrital
- Limite Internacional

 PERÚ Ministerio del Ambiente			
OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR EXPEDICIÓN CIENTÍFICA APOLOBAMBA 2018			
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁMBITO DE INFLUENCIA CUENCA OCCORURUNI			MAPA: 01
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	ESCALA:
Ing. O. Vilca	Ing. O. Vilca	Ing. Victor Bustinza U.	1:60,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN:			FECHA:
UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			Noviembre, 2018

BOLIVIA

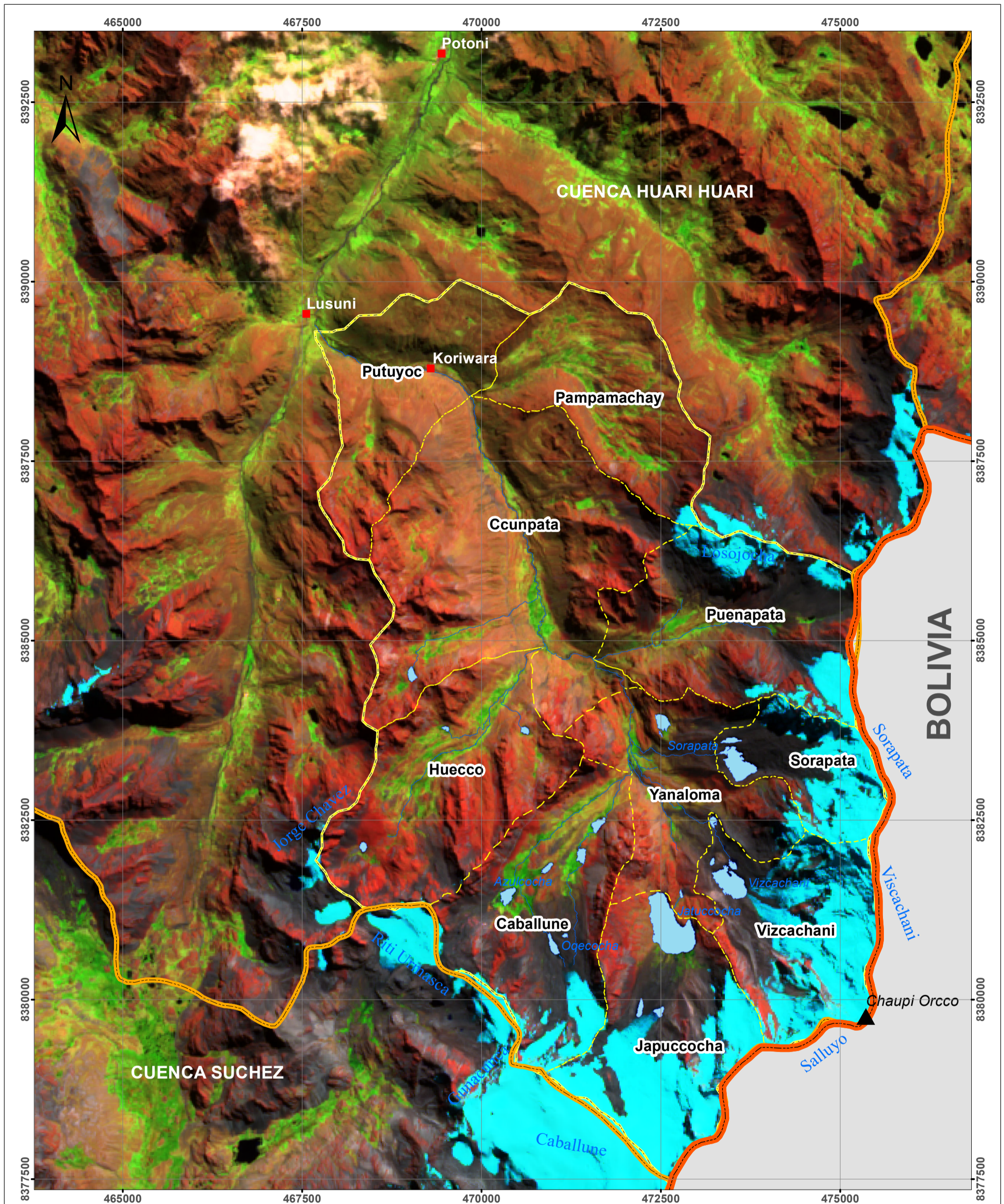
PERÚ



LEYENDA

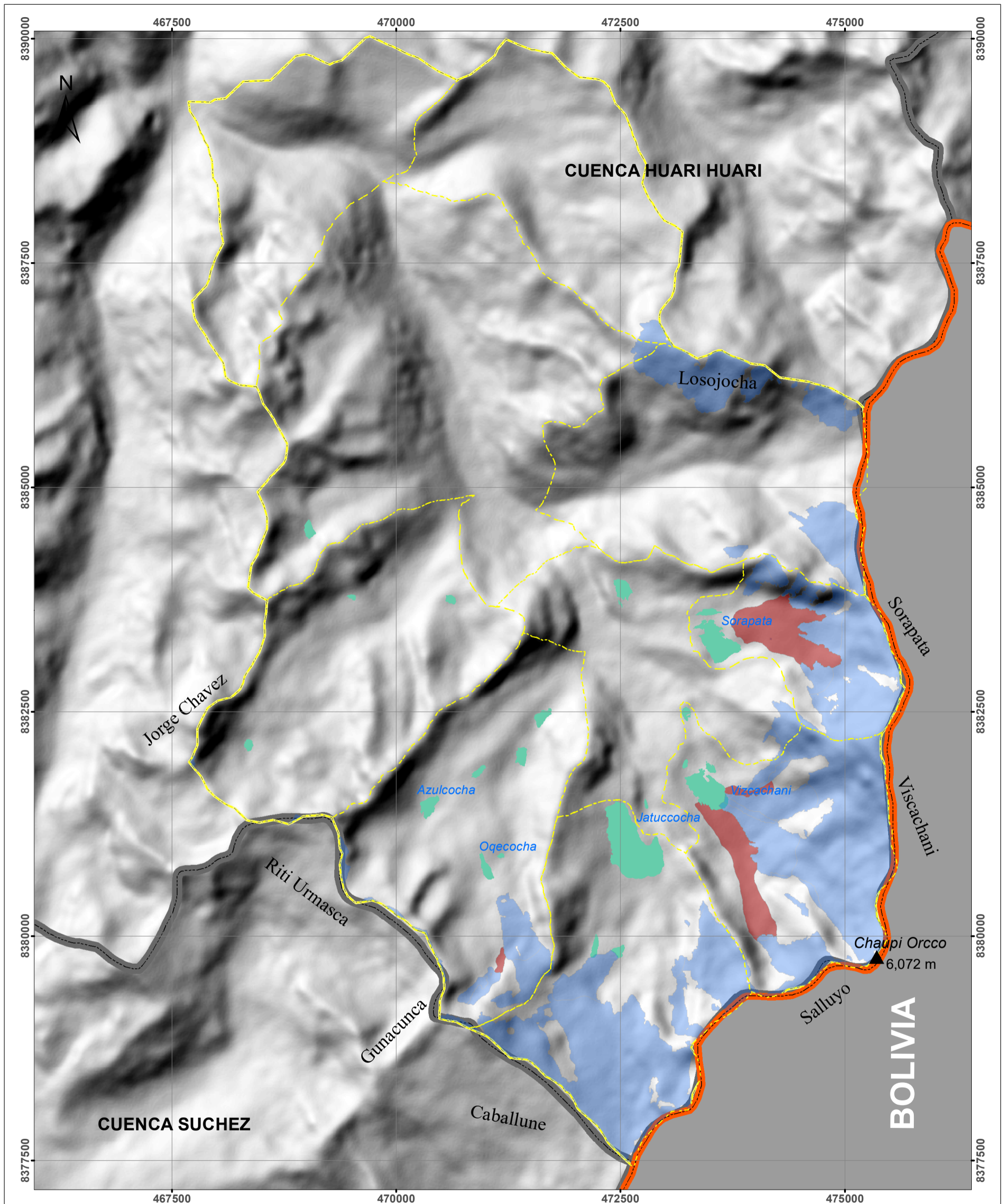
- Cumbre
- Río
- Lagunas
- LimiteCuenca
- Cuenca
- Glaciar
- Distrito
- Limite_Internacional

OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR EXPEDICIÓN CIENTÍFICA APOLOBAMBA 2018			
MAPA HIDROGRÁFICO CUENCA OCCORURUNI			MAPA: 02
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. Victor Bustinza U.	ESCALA: 1:75,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			 FECHA: Noviembre, 2018



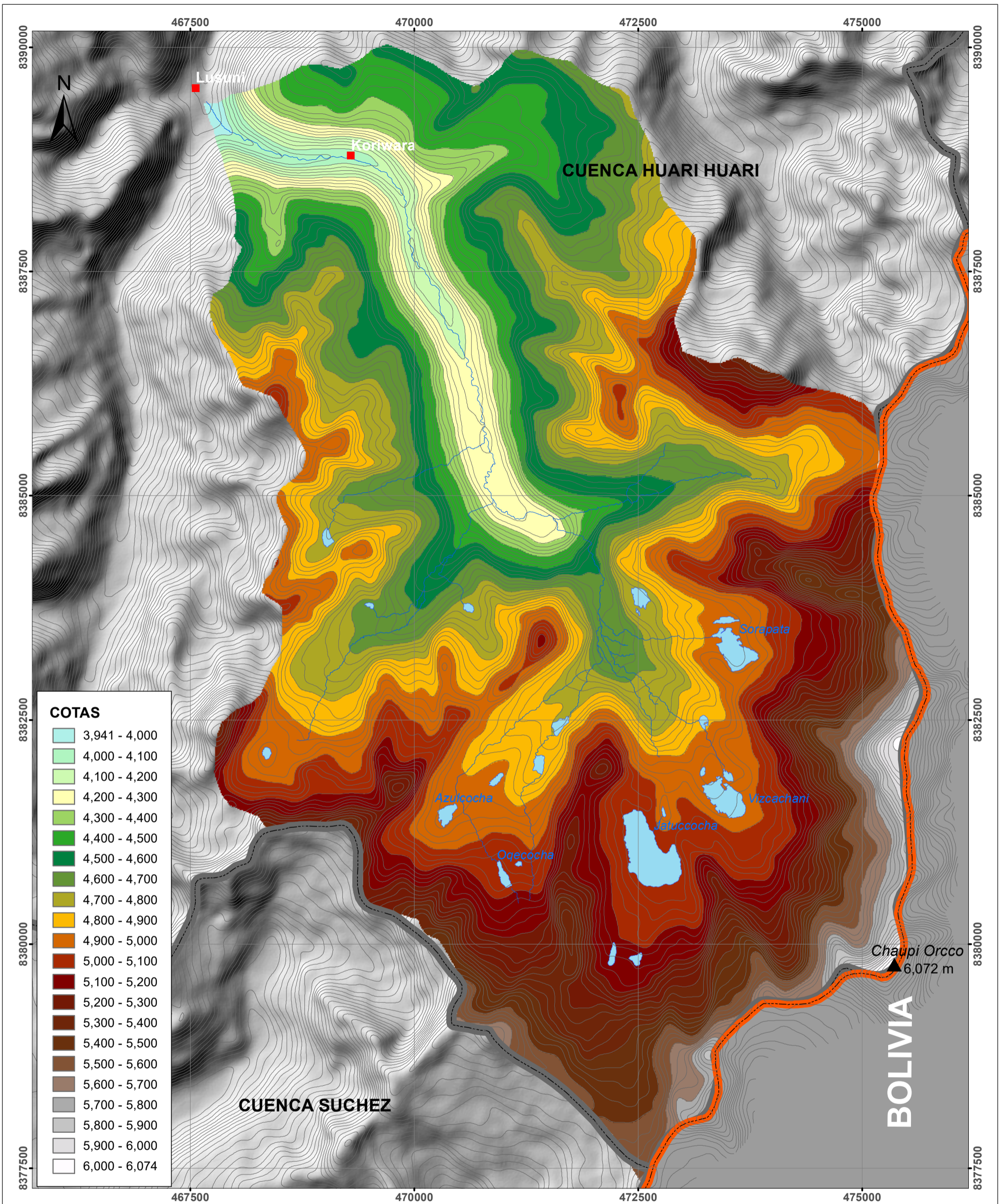
LEYENDA	
	Centro Poblado
	Cumbre
	CUENCAS
	Lagunas
	Rios
	Microcuencas
	Cuenca Occoruruni

OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR EXPEDICIÓN CIENTÍFICA APOLOBAMBA 2018			
MAPA HIDROLÓGICO DE MICROCUENCAS CUENCA OCCORURUNI			MAPA: 03
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. Victor Bustinza U.	ESCALA: 1:50,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Noviembre, 2018

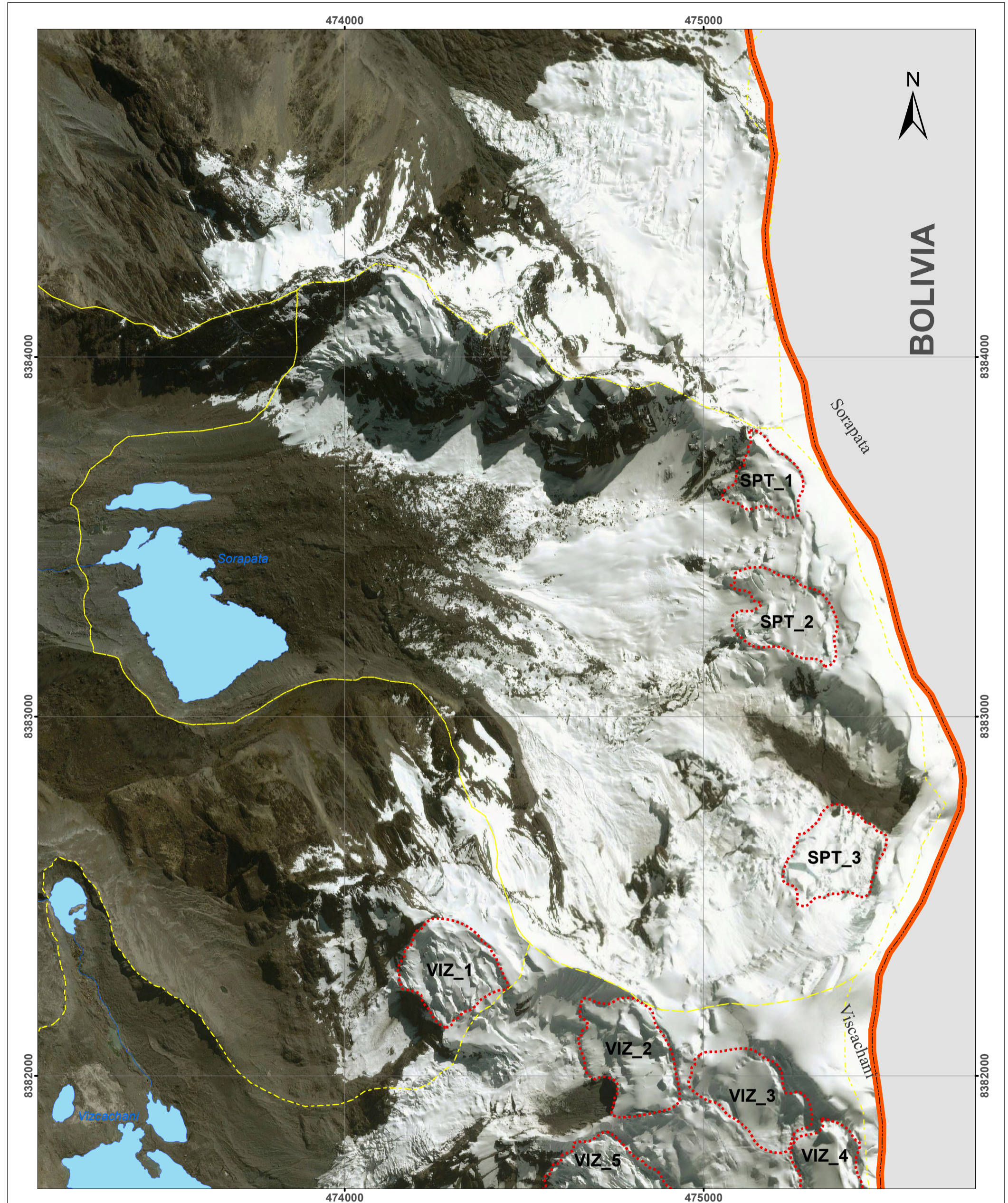


LEYENDA	
	Cumbre
	Glaciar Cubierto
	Glaciar
	Microcuencas
	Cuenca Occoruruni
	Cuenca
	Lagunas
	Limite Internacional

OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR EXPEDICIÓN CIENTÍFICA APOLOBAMBA 2018			
MAPA GLACIOLÓGICO CUENCA OCCORURUNI			MAPA: 04
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. Victor Bustinza U.	ESCALA: 1:40,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Noviembre, 2018



OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR EXPEDICIÓN CIENTÍFICA APOLOBAMBA 2018			
MAPA TOPOGRÁFICO CUENCA OCCORURUNI			MAPA: 05
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. Victor Bustinza U.	ESCALA: 1:40,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Noviembre, 2018










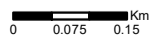
BOLIVIA

Sorapata

Viscachani

LEYENDA

-  Glaciares Colgantes
-  Limite_Internacional
-  Lagunas
-  Rios
-  Microcuencas

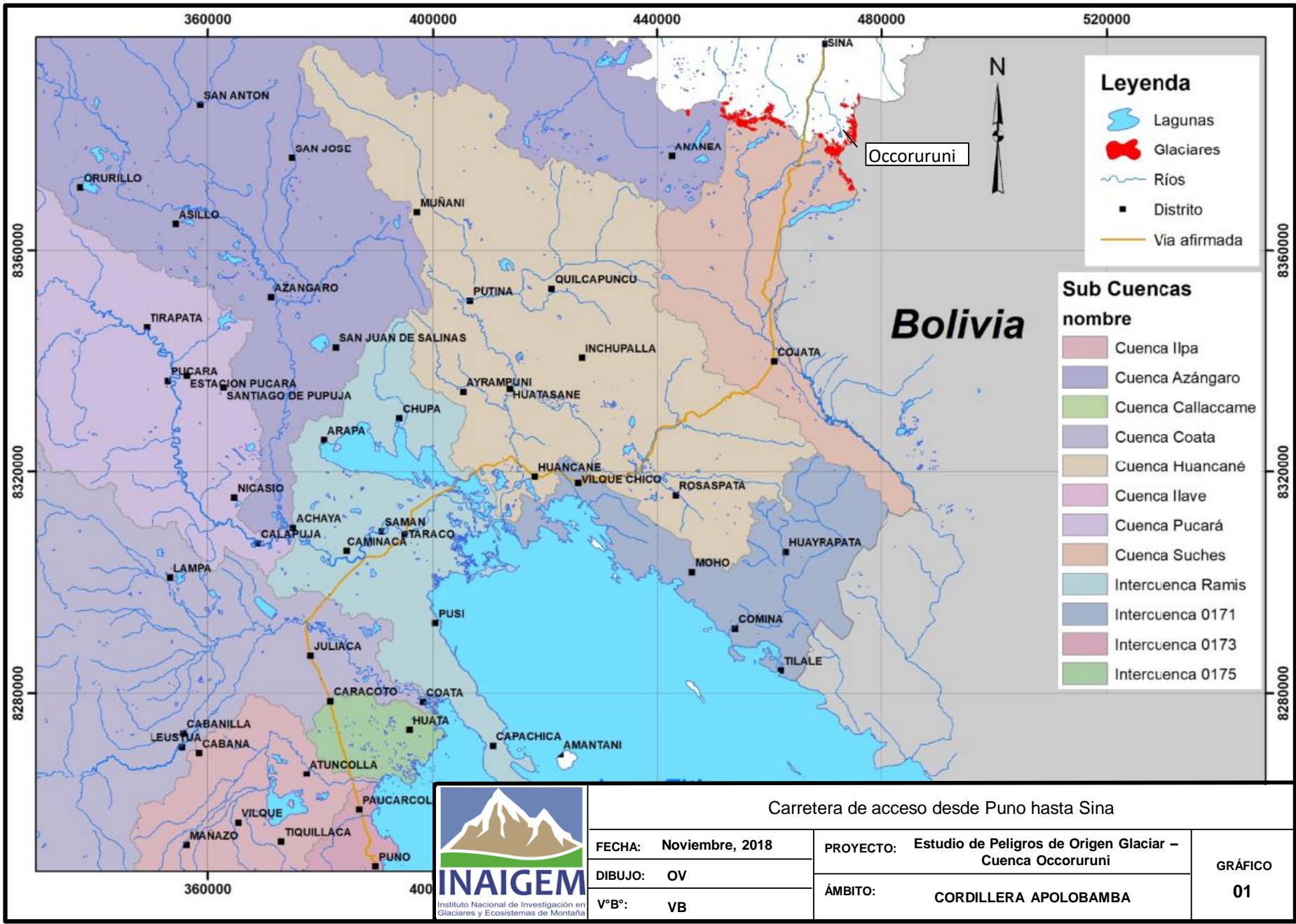
 PERÚ Ministerio del Ambiente			
OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR ESTUDIO GLACIOLÓGICO - CORDILLERA APOLOBAMBA			
GLACIARES COLGANTES MICROCUECNA SORAPATA			MAPA: 06
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. Victor Bustinza U.	ESCALA: 1:10,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Noviembre, 2018



LEYENDA

- Cumbre
- Glaciares Colgantes
- Limite_Internacional
- Lagunas
- Rios
- Microcuencas

OFICINA DESCENTRADA MACRO REGIÓN SUR EXPEDICIÓN CIENTÍFICA APOLOBAMBA 2018			
GLACIARES COLGANTES MICROCUENCA VIZCACHANI			MAPA: 07
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. Victor Bustinza U.	ESCALA: 1:10,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Noviembre, 2018





↓ Glaciares colgantes con potencial de avalancha

↓ Glaciares colgantes con potencial de avalancha que no afectaría la estabilidad de la laguna



Glaciares colgantes en el ámbito de la Laguna Sorapata

FECHA: Noviembre, 2018

DIBUJO: OV

V°B°: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
02



A



SPT 1



SPT 2



B



SPT 3

↓ Glaciares colgantes con potencial de avalancha

En línea amarilla, la zona de arranque de la avalancha ocurrida en el año 2006.



Glaciares colgantes en el ámbito de la Laguna Sorapata

FECHA: Noviembre, 2018

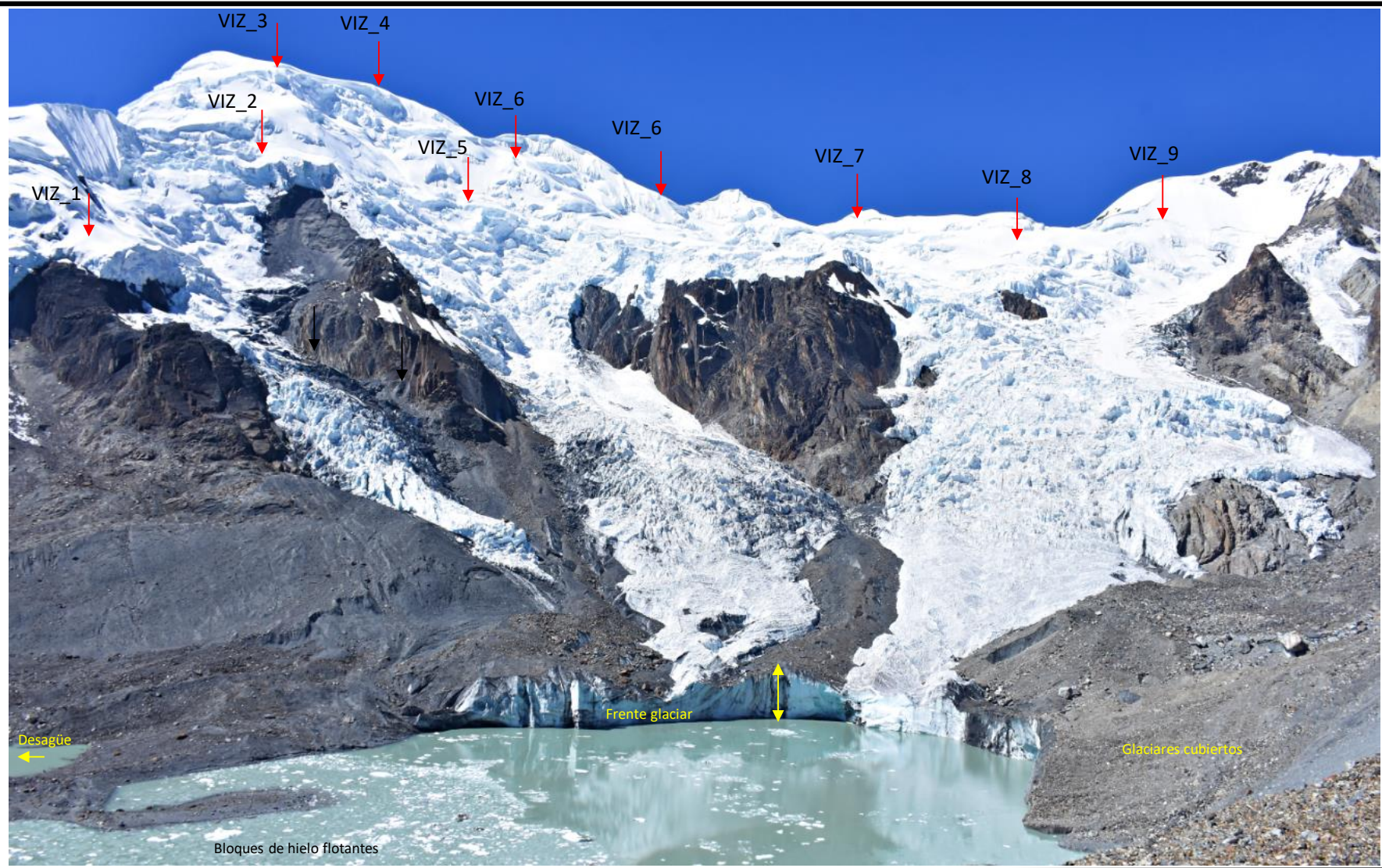
DIBUJO: OV

VºBº: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
03

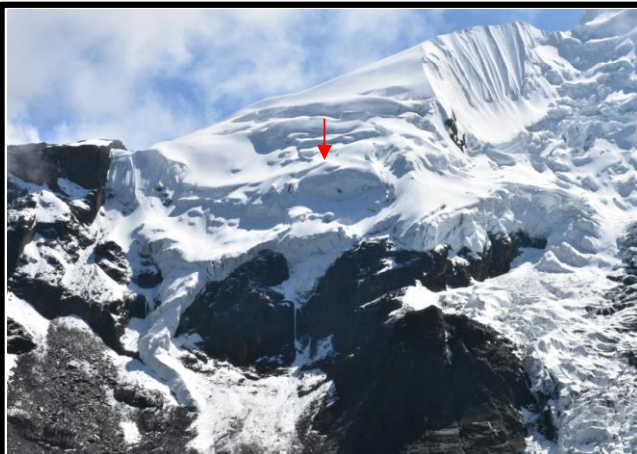


↓ Glaciares colgantes con potencial de avalancha



Glaciares colgantes en el ámbito de la Laguna Vizcachani

FECHA: Noviembre, 2018	PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni	GRÁFICO 04
DIBUJO: OV		
V°B°: VB	ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA	



VIZ 1



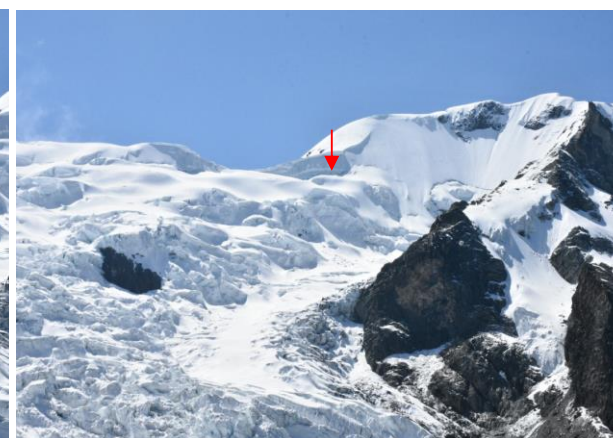
VIZ 2 / VIZ 3



VIZ 4 / VIZ 5 / VIZ 6



VIZ 7 / VIZ 8



VIZ 9

↓ Glaciares colgantes con potencial de avalancha



Glaciares colgantes en el ámbito de la Laguna Vizcachani

FECHA: Noviembre, 2018

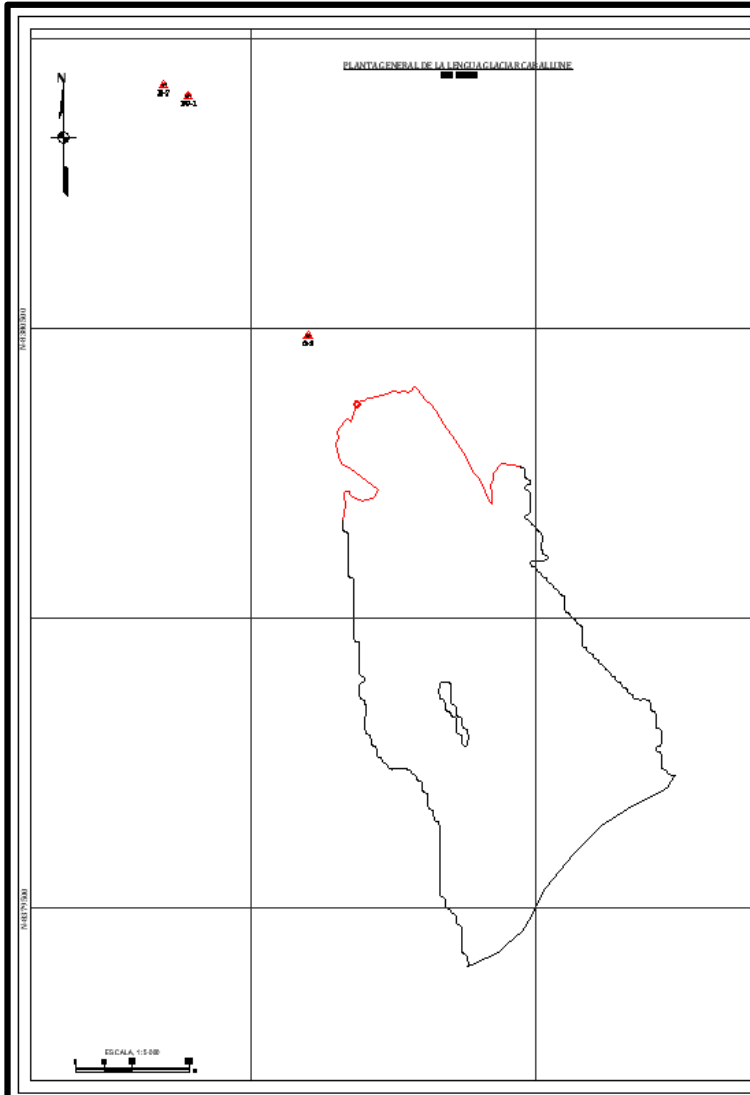
DIBUJO: OV

VºBº: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
05

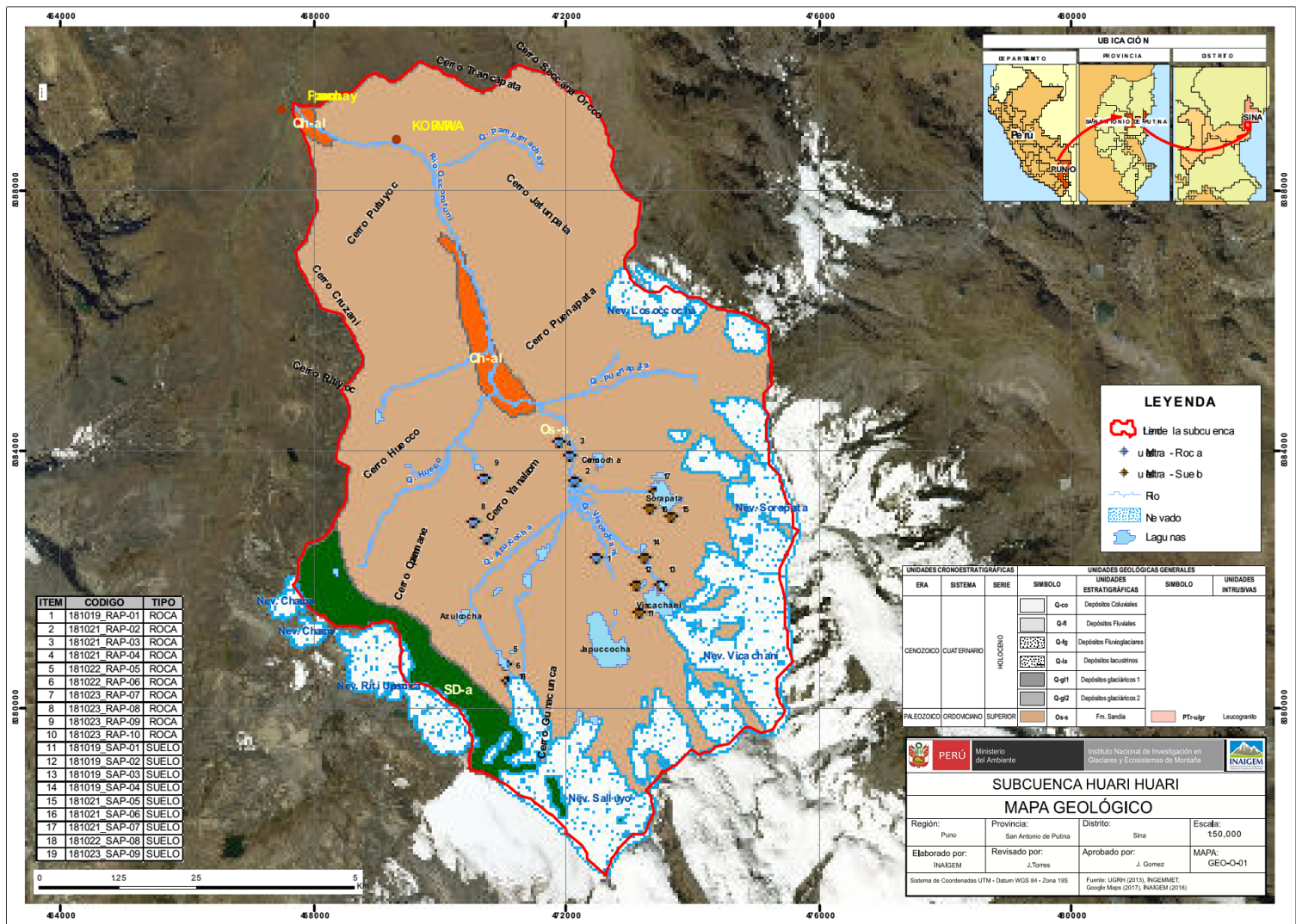


INAIGEM ODMRS - CUSCO

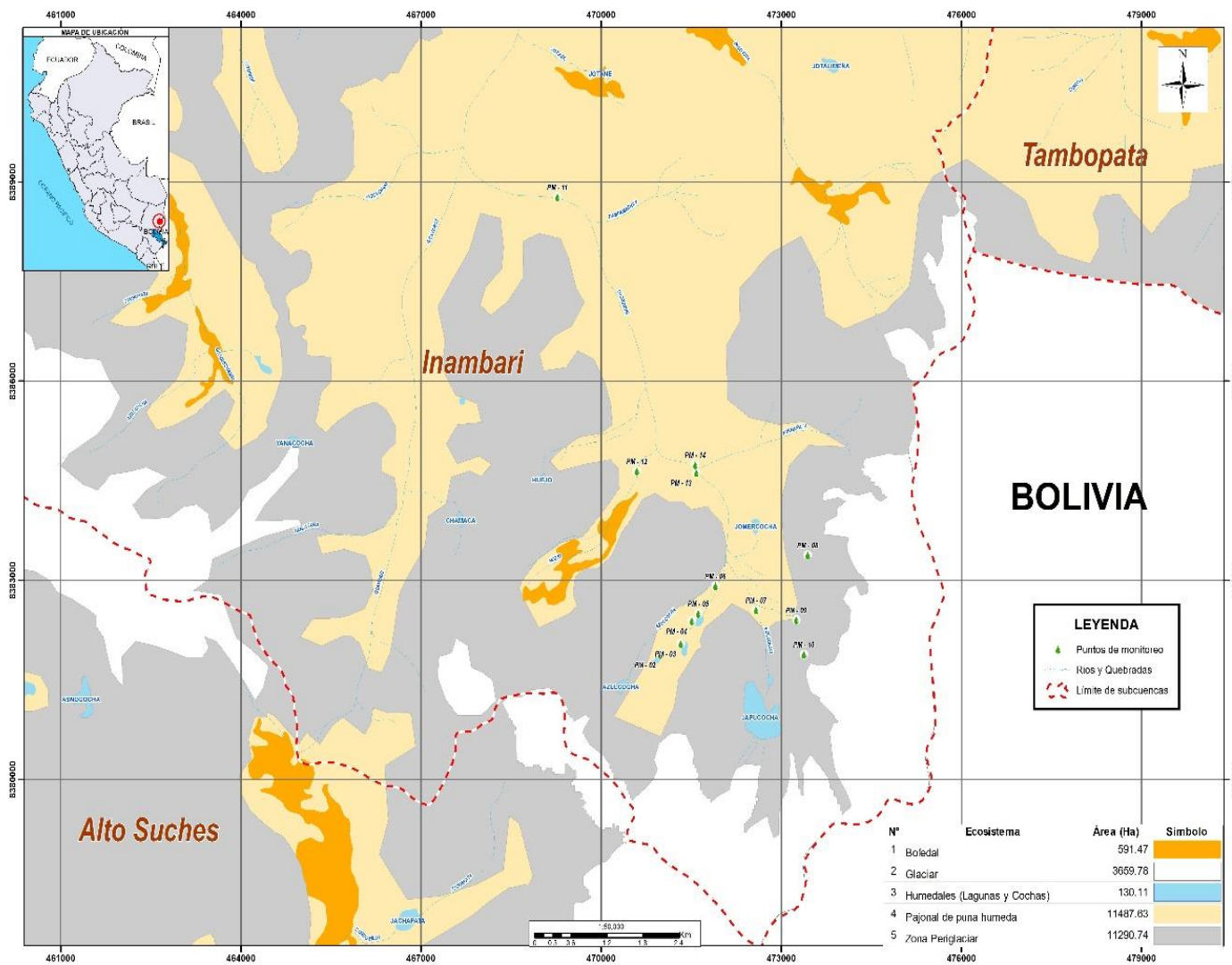


Control topográfico del frente en el Glaciar Caballune

FECHA: Noviembre, 2018	PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni	GRÁFICO 06
DIBUJO: OV	ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA	
V°B°: VB		



Mapa Geológico		GRÁFICO 07
FECHA: Noviembre, 2018	PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni	
DIBUJO: OV	ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA	
VºBº: VB		



Mapa de ecosistemas y ubicación de puntos de monitoreo de agua

FECHA: **Noviembre, 2018**
 DIBUJO: **OV**
 V°B°: **VB**

PROYECTO: **Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni**
 ÁMBITO: **CORDILLERA APOLOBAMBA**

GRÁFICO 08



INAIGEM ODMRS - CUSCO

Mosaico fotográfico capturado en abril del 2006.
Fuente: O. Vilca



Laguna Sorapata			GRÁFICO 09
FECHA:	Noviembre, 2018	PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni	
DIBUJO:	OV	ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA	
V°B°:	VB		



Zona de desagüe de la laguna Sorapata



FECHA: Noviembre, 2018

DIBUJO: OV

V°B°: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar –
Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
10



- ↘ Zona de flujos del desagüe
- ↓ Filtraciones



Dique natural de la laguna Sorapata

FECHA: Noviembre, 2018

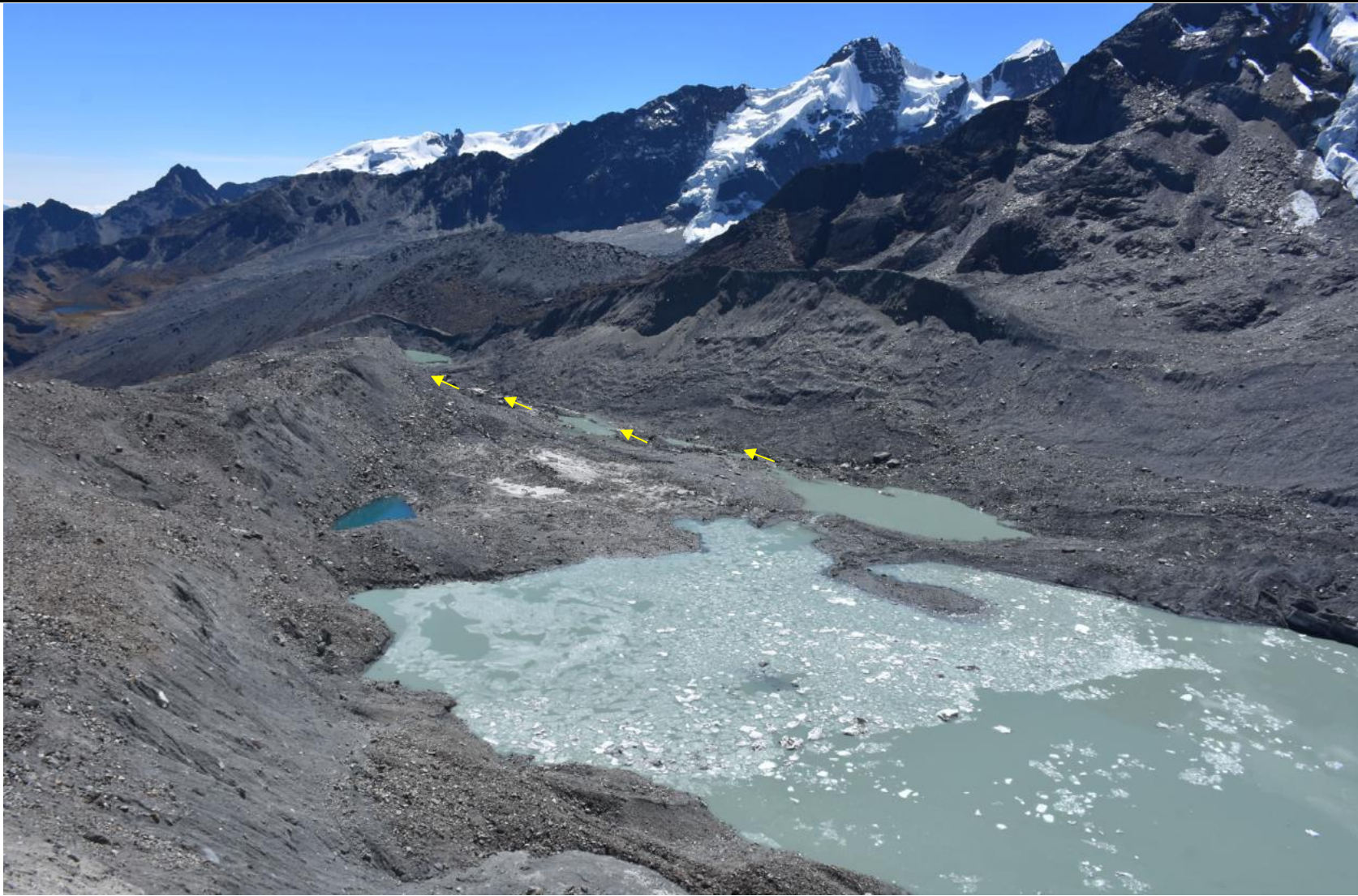
DIBUJO: OV

V°B°: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
11



Zona de desagüe de la laguna Vizcachani



FECHA:	Noviembre, 2018
DIBUJO:	OV
V°B°:	VB

PROYECTO:	Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni
ÁMBITO:	CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
12



↓ Brecha / Zona de desagüe



Dique natural de la laguna Vizcachani

FECHA: Noviembre, 2018

DIBUJO: OV

V°B°: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
13



Frente glaciar en contacto con la laguna Vizcachani



FECHA: Noviembre, 2018

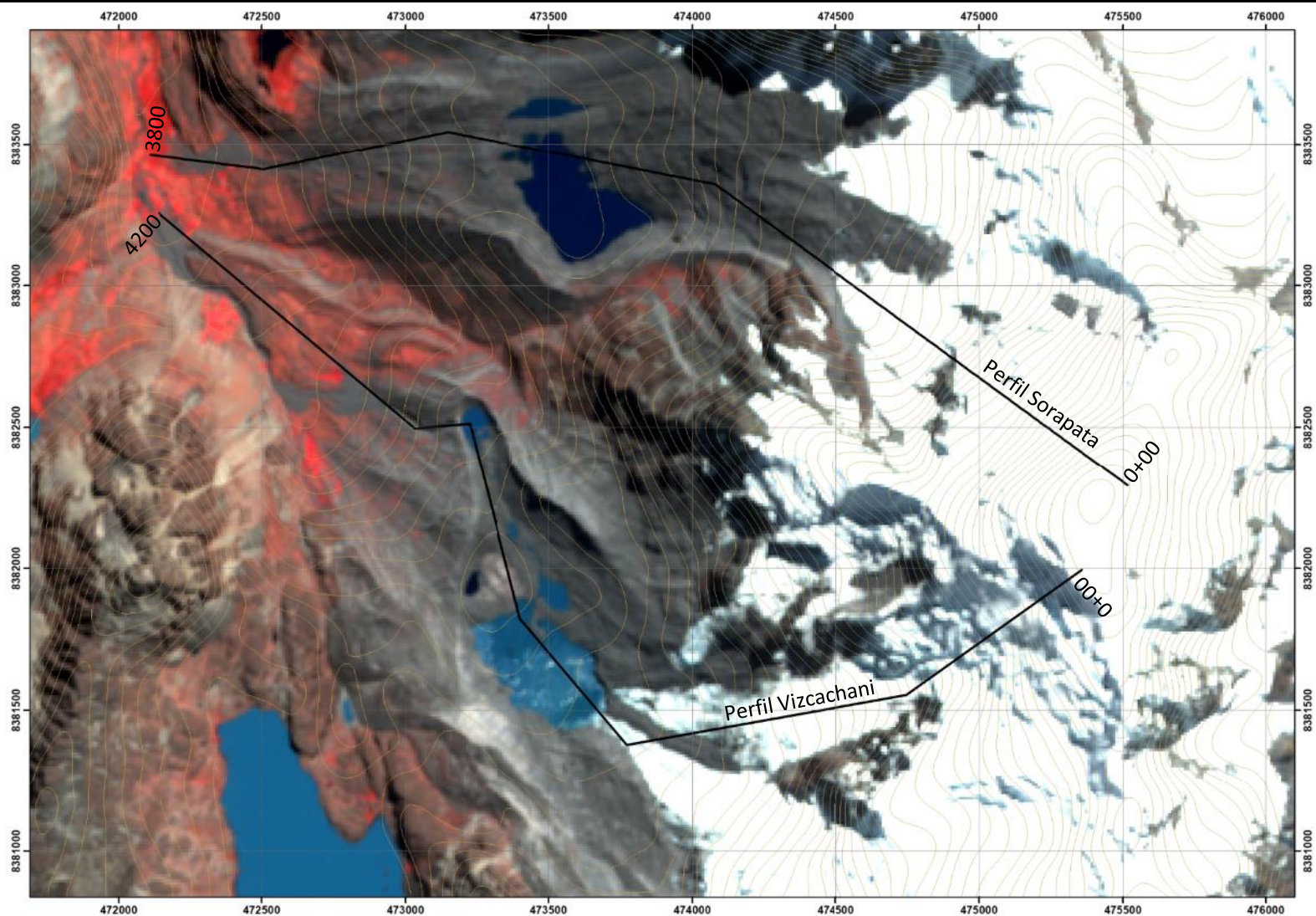
DIBUJO: OV

V°B°: VB

PROYECTO: Estudio de Peligros de Origen Glaciar –
Cuenca Occoruruni

ÁMBITO: CORDILLERA APOLOBAMBA

GRÁFICO
14



Perfil longitudinal de la ruta de probable de flujos de escombros y avalancha



FECHA: **Noviembre, 2018**

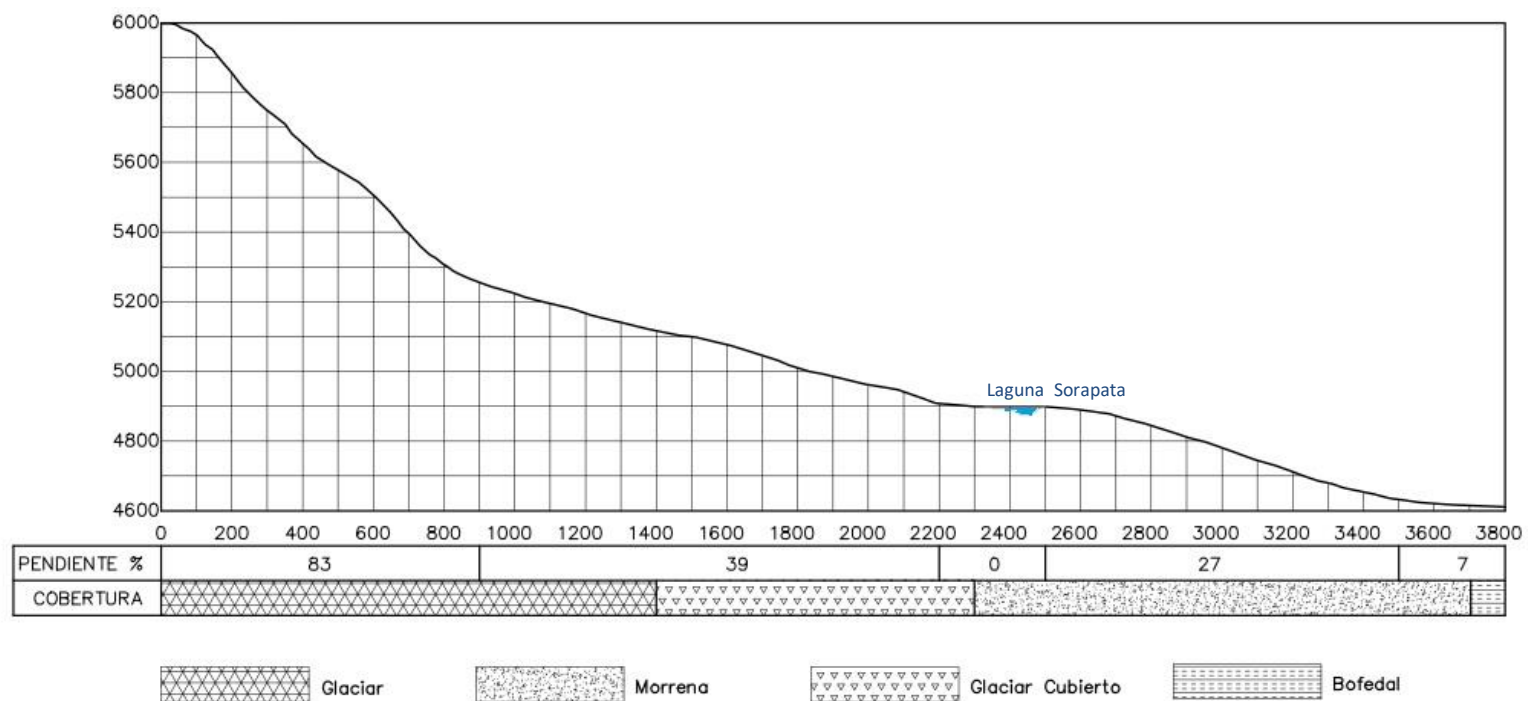
DIBUJO: **OV**

V°B°: **VB**

PROYECTO: **Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni**

ÁMBITO: **CORDILLERA APOLOBAMBA**

GRÁFICO
15

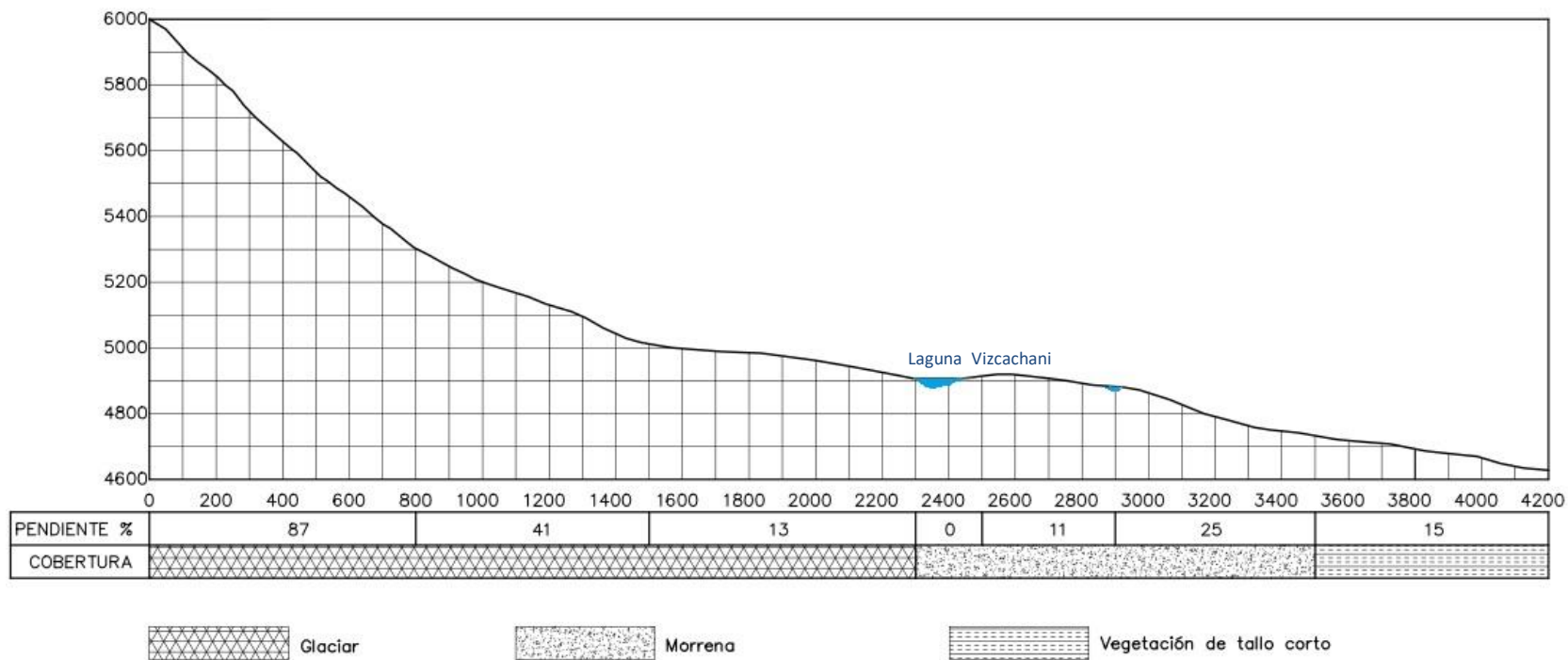


Perfil longitudinal Sorapata

FECHA: **Noviembre, 2018**
 DIBUJO: **OV**
 V°B°: **VB**

PROYECTO: **Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni**
 ÁMBITO: **CORDILLERA APOLOBAMBA**

GRÁFICO
16



Perfil longitudinal Vizcachani

FECHA: **Noviembre, 2018**

DIBUJO: **OV**

V°B°: **VB**

PROYECTO: **Estudio de Peligros de Origen Glaciar – Cuenca Occoruruni**

ÁMBITO: **CORDILLERA APOLOBAMBA**

GRÁFICO
17