

Informe técnico

LAGUNA ANANTA CUCHO

Cordillera Vilcanota



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN EN GLACIARES Y
ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

Informe Técnico N°A08

Elaborado por:

Ing. Oscar Vilca Gómez
Especialista en Hidrología y Glaciología

Revisado por:

Ing. Victor Bustinza Urviola
Jefe de la Oficina Desconcentrada Macro Región Sur

Última versión editada en marzo del 2022

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

Contenido

1. Introducción.....	3
2. Aspectos Generales	3
2.1. Ubicación	3
2.2. Objetivos.....	4
3. Actividades.....	5
4. Caracterización - Laguna Ananta Cucho.....	6
5. Glaciares.....	16
6. Resultados.....	18
7. Análisis del peligro.....	20
8. Conclusiones	21
9. Recomendaciones.....	21
10. Referencias Bibliográficas	22

Informe técnico - Laguna Ananta Cucho

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 el ámbito de glaciares y ecosistemas de montaña, para el beneficio de las poblaciones, adoptando medidas de adaptación y mitigación de riesgos producidos en un contexto de 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.

El presente documento, contiene un análisis de la situación de la laguna Ananta Cucho y su entorno, en relación al retroceso de los glaciares, los resultados permitirán conocer diferentes aspectos que se deben tener en cuenta para una evaluación de peligros, asimismo cuantificar las características de la laguna y determinar de manera preliminar su grado de peligrosidad.

La información generada formará parte de la línea base para futuros estudios, dado que Ananta Cucho no cuenta con antecedentes de inspecciones en el lugar o estudio alguno.

2. Aspectos Generales

2.1. Ubicación

Políticamente la laguna Ananta Cucho se ubica en el departamento de Puno, provincia de Carabaya, distrito de Corani ver **Figura 1 y Anexo: Mapa 01, Ubicación**.

Hidrográficamente, Ananta Cucho pertenece a la gran vertiente del océano Atlántico, cuenca del río Inambari, sub cuenca San Gabán, siendo el río Corani el principal afluente en la cabecera de cuenca **Anexo: Mapa 02, Hidrográfico**.

Geográficamente la zona de interés en coordenadas UTM Zona 19L Sur/ WGS84, es como se indica en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Coordenadas UTM

	Este	Norte	Altitud
Ananta Cucho	303,693	8,457,320	4,991

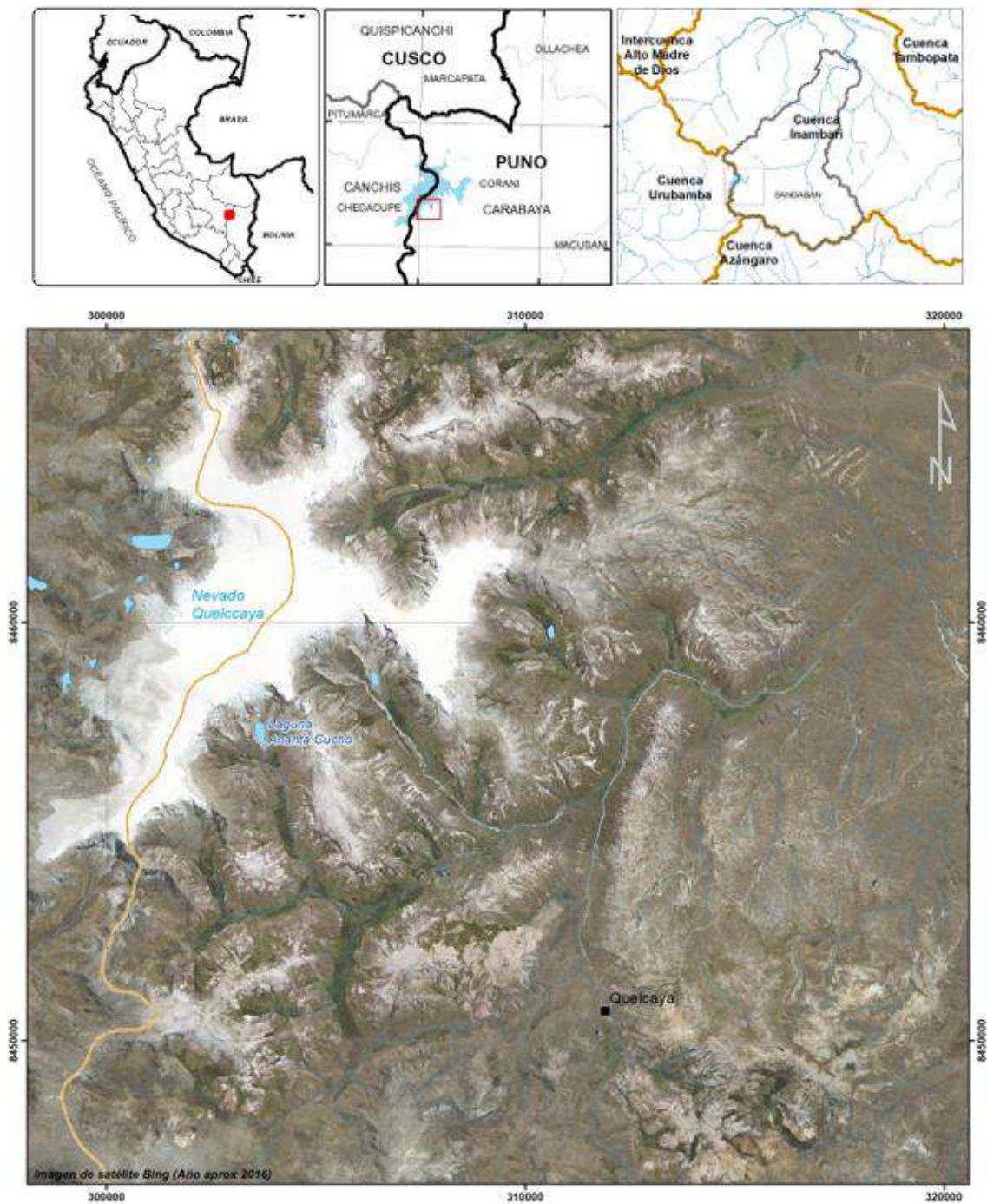


Figura 1. Ubicación política e hidrográfica de la laguna Ananta Cucho (Imagen Bing)

2.2. Objetivos

- Evaluar la situación actual de la laguna Ananta Cucho
- Identificar peligros potenciales de origen glaciar
- Estimar preliminarmente el nivel de peligrosidad de la laguna Ananta Cucho

3. Actividades

Relaciones comunitarias

Las actividades desarrolladas en el ámbito de la laguna Ananta Cucho fueron debidamente coordinadas y de conocimiento de los representantes de la comunidad campesina Quelcaya, donde se efectuaron diversas visitas anticipadas y posterior a las actividades de campo. Además, todos los trabajos de campo contaron con la participación de representantes comunales y pobladores que habitan en el sector.

El especialista responsable de INAIGEM participó en diversas reuniones informativas con representantes de la comunidad, así como en una reunión ordinaria con el total de los asociados, donde se expuso el objetivo de los estudios y la necesidad de contar con información de lagunas ubicadas en el entorno de áreas glaciares.

Por su parte se constató que la comunidad campesina Quelcaya está realizando importantes avances en relación a la habilitación de caminos y trochas carrozables, vías que facilitan en gran medida las acciones del INAIGEM y que permitirán desarrollar actividades periódicas relacionadas al estudio de glaciares y lagunas en el ámbito.

Topografía

En la primera etapa de trabajos de campo se dejaron Puntos de Control monumentados en concreto y con placa de bronce LANAN-1 y LANAN-2, puntos que serán georreferenciados en actividades durante el año 2022, como parte de las inspecciones periódicas.

El levantamiento de información topográfica se realizó mediante vuelo RPAS, quedando pendiente la georreferenciación de la ortofoto con los puntos de control en el terreno (Ver **Anexo: Mapa 04, ortofoto**).

Un objetivo a corto plazo será establecer una red de control topográfico local con 02 puntos de orden C situados en el centro poblado de Quelcaya y enlazados con los puntos de control en las lagunas Ananta Cucho y Paco Cucho.

Batimetría

El levantamiento batimétrico en la laguna Ananta Cucho se realizó tomando en cuenta la seguridad del personal, de este modo el desplazamiento de la embarcación se ajustó por zonas navegables y seguras. La cota de espejo de agua asumida para la generación de planos es 4,991 m, siendo esta una cota relativa para este primer informe (Ver **Anexo: Informe de Batimetría**).

Glaciología

La inspección glaciológica se desarrolló en dos etapas, durante los trabajos de campo en inmediaciones de la laguna Ananta Cucho en junio del 2021 y en la zona alta durante el desarrollo de actividades en la cumbre del glaciar Quelccaya, siendo esta última la que nos proporcionó mayores indicios para la evaluación preliminar de los peligros.

Para un seguimiento y monitoreo de la dinámica de los glaciares en el ámbito del Quelccaya se recurrirá a la solicitud de imágenes PERUSAT pasadas y programación de imágenes futuras.

4. Caracterización - Laguna Ananta Cucho

Ananta Cucho o también denominada laguna Huayllani, no cuenta con registro en el inventario nacional de lagunas altoandinas de la Autoridad Nacional del Agua, debido a que el último inventario se realizó con imágenes satelitales del año 2010, por esto se infiere que Ananta Cucho es una laguna de reciente formación (Formación después del año 2010).

Se sitúa en el ámbito de la Cordillera Vilcanota, en el sector sur oriental del casquete glaciar Quelccaya, en la quebrada Huayllani. Esta laguna se forma como consecuencia del retroceso glaciar en la década de los años 2010-2020, ocupando un espacio natural en forma de cubeta como consecuencia del mecanismo de empuje del glaciar en una de sus últimas etapas de crecimiento.

Los depósitos glaciáricos se encuentran distribuidos en el fondo del valle, de estos se distinguen hasta tres arcos de morrena definidos en el paisaje, cada uno corresponde a las fluctuaciones glaciares en épocas distintas (Ver **Figura 2**).



Figura 2. Cabecera de cuenca donde se sitúa la laguna Ananta Cucho, se observa la secuencia de los arcos de morrena (Imagen Google Earth 04/08/2019)

El paisaje predominante en el entorno de la laguna Ananta Cucho está compuesto principalmente por lenguas glaciares que descienden del Quelccaya, la quebrada Huayllani mantiene la forma en U típico de procesos glaciares, los depósitos glaciáricos en sus diferentes etapas y los humedales que contienen importante cantidad de pastos, siendo la principal fuente de alimento para los animales silvestres y de crianza como son: vicuñas, alpacas, llamas y ovejas, la crianza de animales se constituye como la principal actividad económica de los habitantes en la comunidad (Ver **Figuras 3, 4 y 5**).



Figura 3. Vista de la zona baja de la quebrada Huayllani, se observa tres etapas donde el glaciar dejó depósitos glaciáricos. También se observa los humedales y la crianza de alpacas como principal fuente de ingresos de los habitantes (Foto del 25/11/2020, Vilca O.)



Figura 4. Vista de la zona media en la quebrada Huayllani ubicada entre los depósitos de morrena más antiguos y lugar donde se observa una superficie importante del humedal con presencia de pastos (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)



Figura 5. Vista de la zona frontal del último arco de morrena que contiene a la laguna Ananta Cucho (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Depósitos glaciáricos

Se observa un conjunto importante de depósitos en forma de morrenas dejado por el avance de los frentes glaciares en diferentes periodos (Tema pendiente para estudios futuros), estos depósitos resaltan en el paisaje de la zona y representan importantes geo-indicadores para el estudio de la cronología sobre la evolución del glaciar Quelccaya, también como indicadores de eventos pasados en relación a la formación y desborde de lagunas.

Se distinguen con claridad dos arcos frontales en las morrenas, una que hace la función de dique natural de la laguna Ananta Cucho y otra en el sector alto al Este de la laguna que no contiene un cuerpo de agua ver **Anexo: Mapa 03, Identificación de Morrenas.**

Zona posterior

Se distingue dos lenguas glaciares con dirección de flujo hacia la laguna, separadas por el afloramiento de roca del macizo donde reposa la capa glaciárica Quelccaya, asimismo se evidencia que la lengua glaciárica del lado izquierdo es la de mayores dimensiones y la más próxima al espejo de agua de la laguna Ananta Cucho (Ver **Figura 6**)



Figura 6. Vista de la zona de la zona posterior de la laguna Ananta Cucho (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Durante los trabajos de campo realizados en la laguna se observó que el frente de la lengua glaciara se encontraba a una distancia aproximada de 66 m, distancia corroborada con el registro fotogramétrico, dato que servirá para el seguimiento posterior del glaciar y que a su vez permitirá un mejor análisis sobre la dinámica del hielo en ese punto (Ver **Figura 7**). No se encuentra evidencia de presencia de glaciares cubiertos que estén en contacto con la laguna, por lo que se deduce que Ananta Cucho ya alcanzó su máximo grado de evolución.

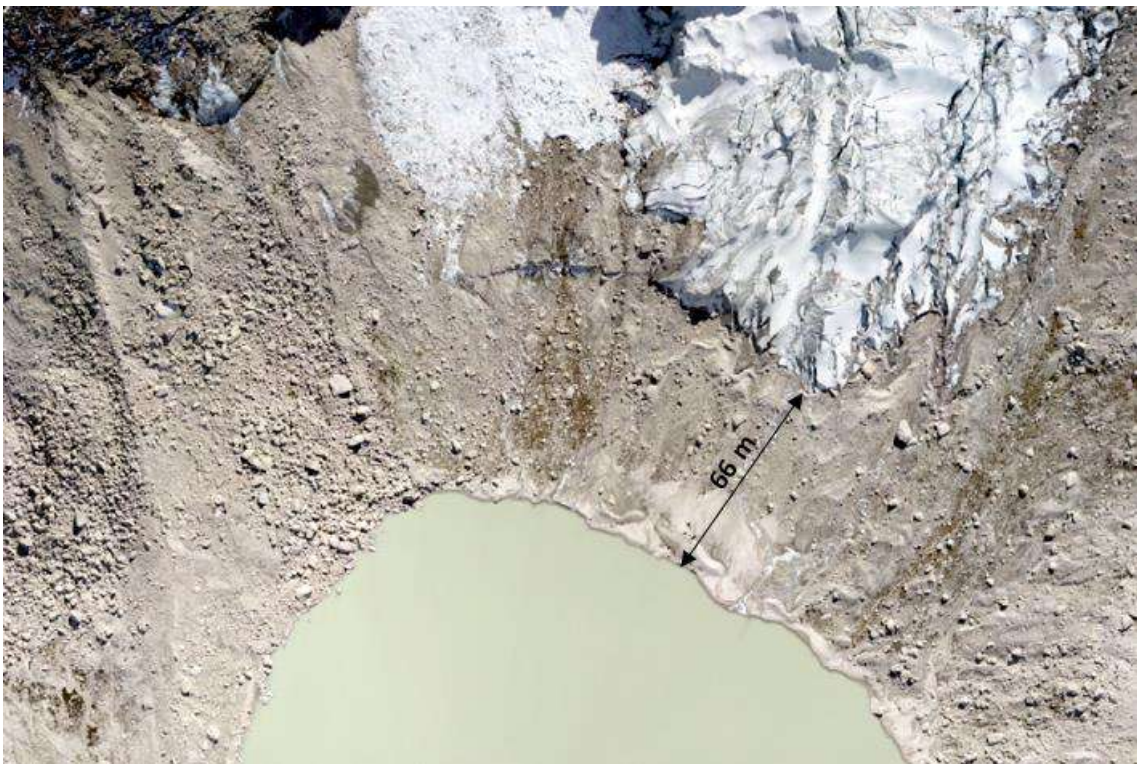


Figura 7. Vista de la zona posterior de la laguna Ananta Cucho (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

La línea de flujo de la lengua glaciár principal está en dirección hacia la laguna Ananta Cucho, por lo que se asume la probabilidad de que un bloque de hielo, roca o mixto que se desprenda en la zona alta alcance el espejo de agua. La superficie del glaciár tiene forma de rampa de hielo, no muestra signos de avalanchas importantes, tampoco se observan bloques de hielo o escombros con rocas de tamaño considerable en el entorno del espejo de la laguna, un indicador favorable respecto al comportamiento del glaciár (Ver **Figura 8**).

Otro factor a tomar en cuenta es el grado de fracturación de las rocas situadas en la zona alta y en pendientes casi verticales, dado que, al encontrarse con cobertura glaciár en forma de corona se convierten en elementos que intervienen como agentes erosivos durante el ciclo diario de la temperatura, acelerando los procesos de meteorización con mecanismos como es la crioclasticidad.

Por lo expuesto, en la situación actual se estima que el escenario más desfavorable que pueda comprometer la estabilidad de la laguna es el desprendimiento de roca y hielo, creando una avalancha mixta que alcance hasta la laguna Ananta Cucho.

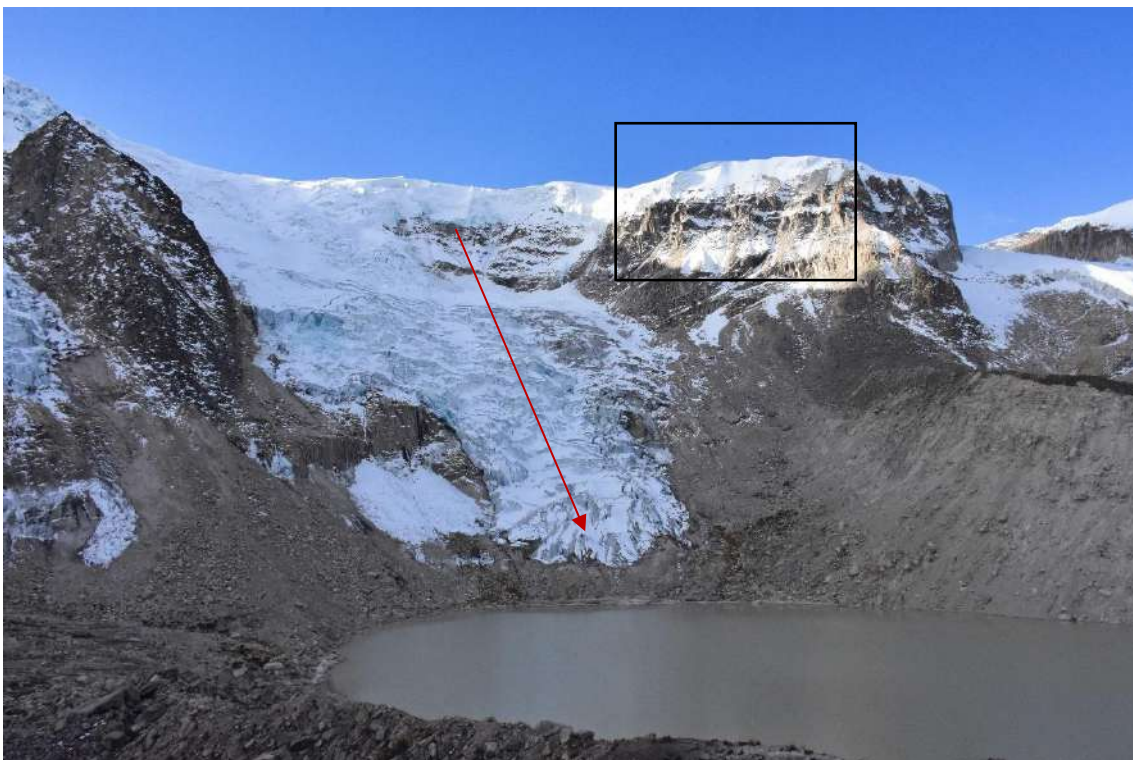


Figura 8. Lengua glaciár principal, en línea roja se muestra la dirección del flujo y en el marco negro la zona de interés para el análisis de amenazas potenciales por desprendimiento de roca y hielo (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Flanco derecho

La zona de arranque del flanco derecho muestra una combinación de dos procesos de avance del frente glaciár, la hipótesis es que en una de las últimas glaciaciones, Ananta Cucho era una lengua glaciár potente de espesor importante, al mismo tiempo el glaciár alledaño hacia el lado derecho crecía hasta entrar en contacto con el primero, modificando así su línea de flujo de sureste hacia suroeste, sin la potencia necesaria para lograr un dique frontal considerable, pero suficiente para dejar una laguna de pequeñas dimensiones, probablemente una laguna que se haya desbordado como consecuencia de una avalancha de hielo, en la actualidad solo queda un pequeño cuerpo de agua estancada sin desagüe definido, indicador alta impermeabilidad del material depositado en el sector (Ver **Figura 9**).

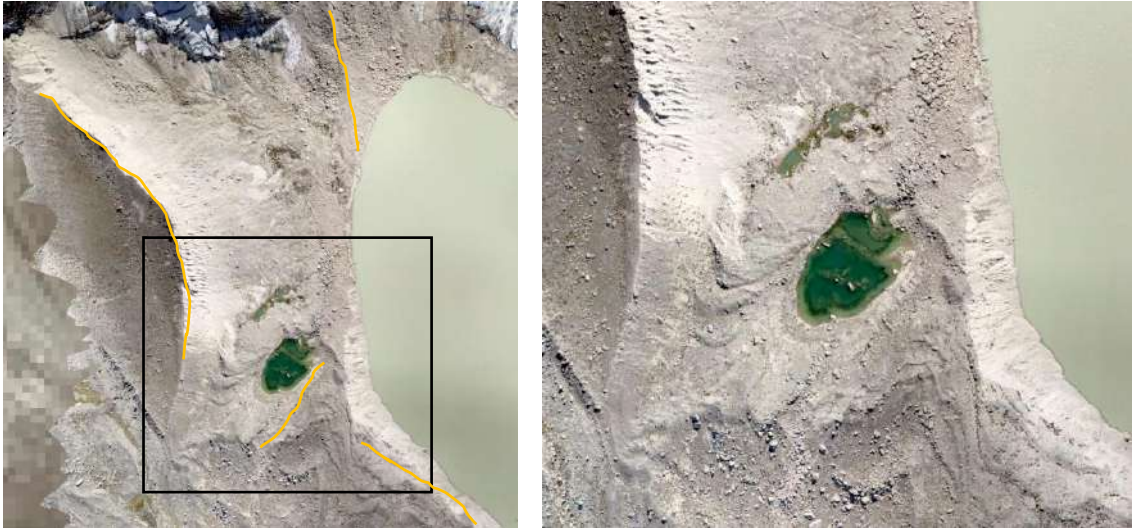


Figura 9. Zona de arranque flanco derecho de la laguna Ananta Cucho (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Una primera apreciación que deberá corroborarse con un estudio geológico, sobre el depósito de material glaciárico acumulado en el flanco derecho, que presenta una composición mixta de arcilla, arena, grava y limo, además de fragmentos de rocas tipo cantos rodados, el material predominante es limo y arena como se observa en el talud interior (, presenta un alto grado de erosión (Ver **Figura 10**). El talud interior presenta dos pendientes definidas, la inferior que se estima en 45° formado por depósitos coluviales y la superior que presenta una pendiente aproximada $>75^\circ$ donde se observan las huellas de los procesos erosivos recientes y a los que se encuentra expuesto de forma continua.



Figura 10. Flanco derecho, pendientes en el talud interior (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Como amenazas potenciales para la laguna, se identificaron rocas suspendidas en la zona alta de las crestas (Ver **Figura 11**), la de mayor tamaño tiene 5 m de largo aproximado, quedando por determinar el impacto que podrían causar la caída de estas rocas en la laguna y su efecto en el caudal de desagüe de la laguna. En la zona baja del talud interior se nota presencia de vegetación, presumiblemente alguna variedad de ichu, indicadora de las zonas más estables en el talud.



Figura 11. Flanco derecho, identificación de rocas con potencial a caídas y presencia de vegetación como indicador de estabilidad en los taludes (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Flanco izquierdo

La zona de arranque de este flanco se sitúa sobre los 5,150 m de altitud, se extiende a una distancia aproximada de 1,100 m para llegar hasta el terminal en la zona frontal. La composición es similar al que tiene el flanco derecho con presencia de arcillas, limo, arena, grava y rocas, su principal particularidad es la altura respecto al espejo de agua que se estima en 70 m en la zona más alta (Ver **Figura 12**). Estructuralmente muestra una mayor estabilidad tomando en cuenta la relación entre el ancho de la base y la altura que es 2:1.

Los taludes interiores en este sector tienen pendientes muy fuertes, mayores a 50° en promedio, divididos en dos zonas, zona baja o de deposición y zona alta o de erosión, se identificó una zona que no tiene zona de deposición (Ver **Figura 13**) o zona potencial a deslizamientos teniendo en cuenta que presenta una marca definida que podría significar un plano de deslizamiento, el desencadenante para este escenario serían las precipitaciones intensas, duraderas y frecuentes, que provocaría la saturación del suelo y la aparición de filtraciones en diferentes puntos en la base. De concretarse un deslizamiento se estima que impactaría en la laguna un volumen mayor a 100 mil metros cúbicos de material sólido provocando un desborde con un volumen mayor tomando en cuenta los oleajes sucesivos, siendo esta una zona crítica para mayores estudios.



Figura 12. Flanco izquierdo, talud interior donde se identifica la zona de deposición (abajo) y la zona de erosión (arriba), se estima que tiene una altura aproximada de 70 m (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)



Figura 13. Flanco izquierdo, se delimita la zona crítica con potencial a deslizamiento (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Zona frontal

O zona de encuentro de los flancos, esta zona está definida por el arco de morrena, tiene un talud exterior de pendiente fuerte entre 45° - 55° y con más de 100 m de diferencia de nivel entre la base y la cresta (Ver **Figura 5**), la cota de coronación del dique natural es similar a la del espejo de la laguna, es decir que no existe un borde libre, como se observa en las **Figuras 14 al 17**, de este modo el desagüe se realiza por rebose principalmente, cabe aclarar que también se observaron filtraciones en diferentes puntos en la base del talud exterior.



Figura 14. Zona frontal, se observa el mismo nivel rasante del espejo de agua de la laguna Ananta Cucho y la corona del dique (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Una variable importante a tomar en cuenta es la relación de ancho y alto en el dique natural siendo este de 13:1 (500 m de ancho en 38 m de alto), el talud interior proyectado en el fondo de la laguna tiene una pendiente muy baja hasta la zona más profunda de Ananta Cucho (Ver **Figura 15**), esta relación es favorable y explica la estabilidad del dique frente a eventos de oleajes acontecidos en el pasado.

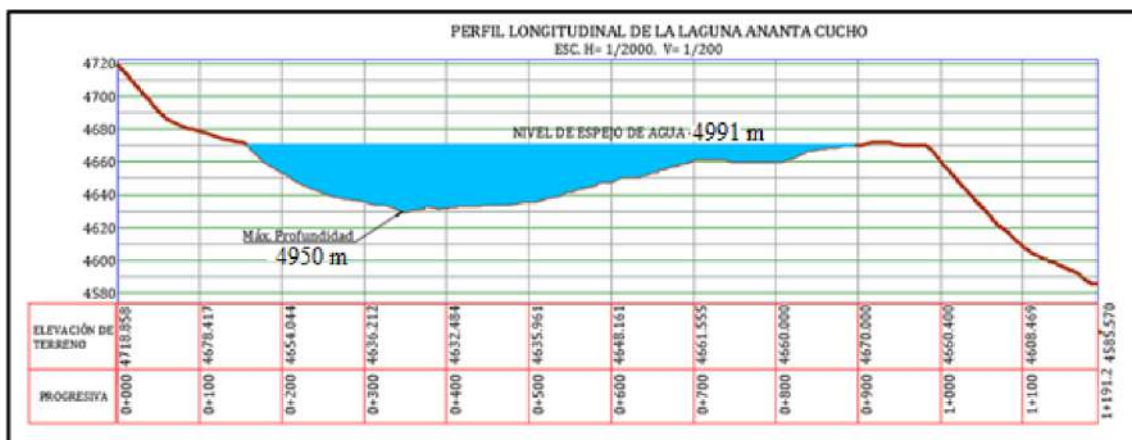


Figura 15. Esquema del perfil longitudinal donde se observa la relación del ancho y alto en la zona frontal (Informe de Batimetría Ananta Cucho).



Figura 16. Zona frontal, vista de la explanada y presencia de cobertura de vegetación poblando el cauce principal (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)



Figura 17. Zona frontal, cauce de salida del agua, fue canalizado mediante trabajos artesanales de excavación según lo refiere un poblador que habita en el sector, este trabajo lo hicieron como medida de prevención frente al crecimiento de la laguna (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

5. Glaciares

El glaciar Quelccaya en los últimos años experimenta un constante proceso de pérdida de hielo, como el común de los glaciares tropicales. En relación a los frentes glaciares situados hacia el sector de la quebrada Huayllani se observan dos lenguas con línea de flujo hacia la laguna Ananta Cucho, una imagen satelital de Google Earth nos ofrece información necesaria para distinguir las zonas donde se concentra la mayor cantidad de grietas transversales o también denominado crevasee, estos agrietamientos poco distanciados nos indican la fuerte pendiente en el lecho, por lo tanto, la baja probabilidad de formación de lagunas (Ver **Figuras 18 y 19**).

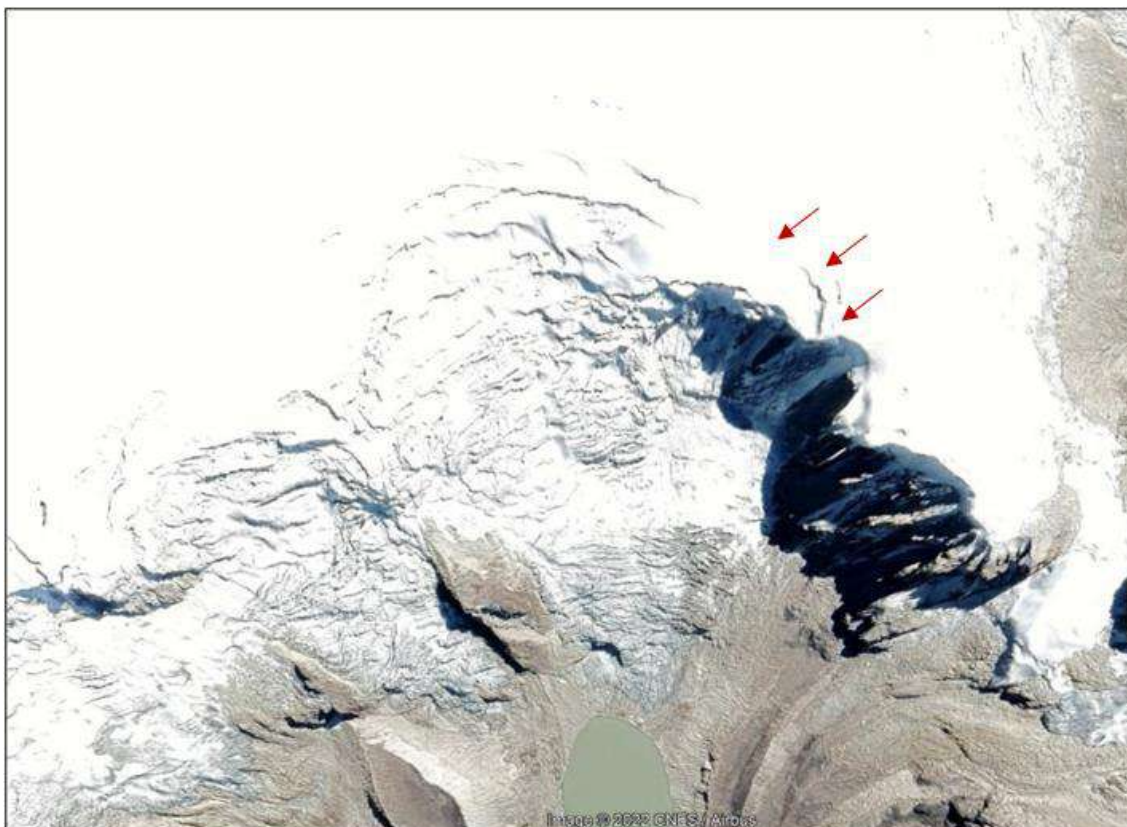


Figura 18. Se observa la característica de las lenguas glaciares con presencia de agrietamientos transversales o crevasses. Se identifica (flechas rojas) agrietamientos que podrían comprometer el desprendimiento de bloques de hielo de grandes dimensiones y alcanzara hasta la laguna Ananta Cucho (Imagen del 08/04/2019, Google Earth).

El glaciar principal y de mayor dimensión que originó la formación de la laguna Ananta Cucho está desconectado del espejo de agua, el frente tiene un terminal en forma de bisel y se ubica aproximadamente en la cota 5,050 m. La zona de ablación está marcada por la presencia de crevasses y seracs, una línea de equilibrio que fluctúa sobre los 5,500 m y una zona de acumulación situada hasta la altitud máxima de cota 5,700 m (Ver **Figura 19**).

Una zona de interés respecto a posibles desprendimientos son los bloques de hielo separados de la estructura principal del glaciar (seracs), bloques de hielo de gran tamaño situados sobre un acantilado (Ver **Figura 20**), en el escenario más desfavorable se estima que este bloque podría contener un volumen mayor a 400 mil metros cúbicos de hielo que en un eventual desprendimiento llegaría hasta la laguna de forma directa y con material adicional, un factor importante que se deberá estimar mediante el modelamiento de avalanchas.

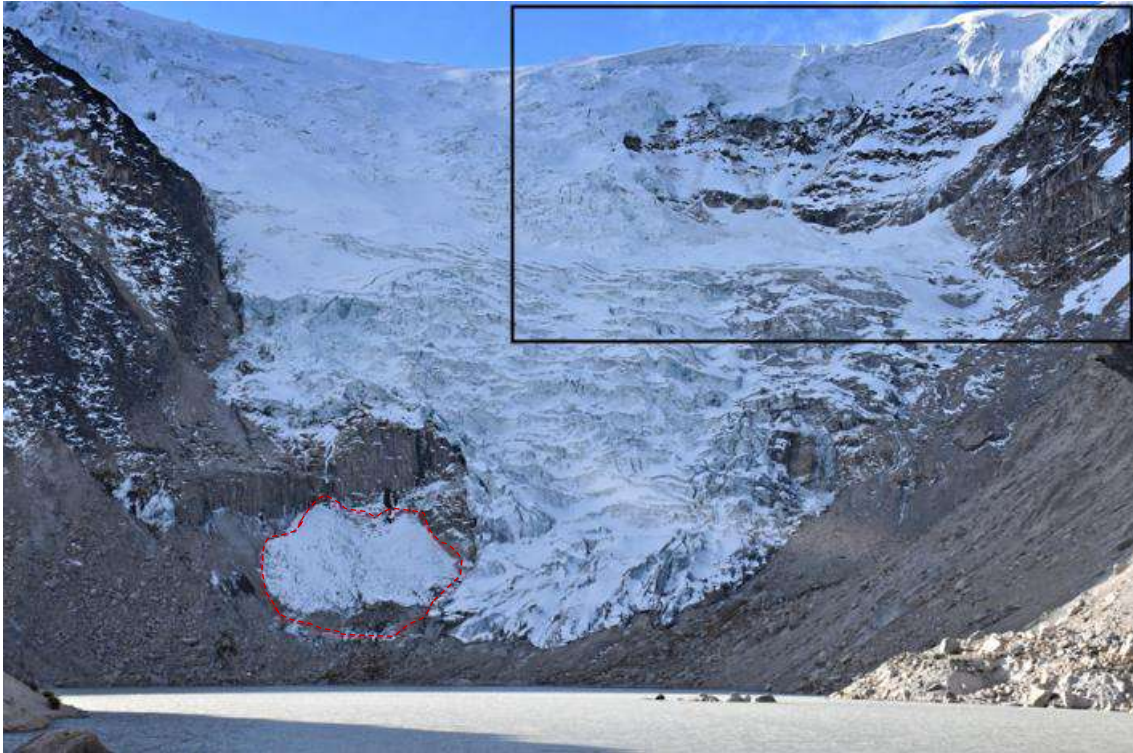


Figura 19. Glaciar principal ubicado sobre la laguna Ananta Cucho, se observa la zona de ablación, en línea roja la formación de un pequeño bloque de hielo restituido producto de constantes desprendimientos, indicador de la actividad reciente del glaciar. En la parte superior se enmarca la zona de interés para seguimiento y observación (Foto del 18/06/2021, O. Vilca)

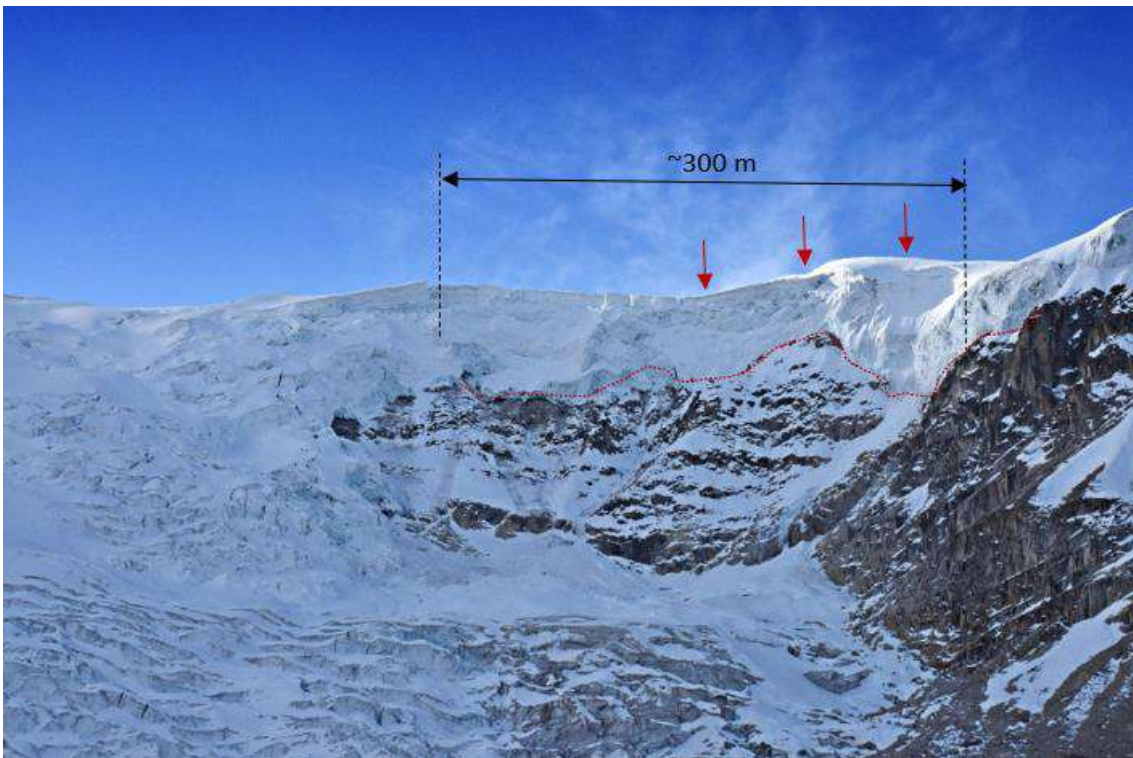


Figura 20. Zona con potencial a desprendimientos (Foto del 18/06/2021, Vilca O.)

Respecto a las zonas con mayor potencial a desprendimientos se realizó la inspección desde la zona alta del glaciar Quelccaya, donde se constató la existencia de grietas próximas a los frentes glaciares que están ubicados sobre el acantilado (Ver **Figura 21**). Para la evaluación de peligros potenciales en zonas glaciares este factor es preponderante, será motivo de observación y seguimiento con la finalidad de monitorear los cambios en el glaciar y determinar la tasa de crecimiento, movimiento y avance de las grietas.



Figura 21. Imagen captada desde la cumbre del glaciar Quelccaya, se observa la secuencia de agrietamientos distribuidos en la zona con mayor potencial de avalanchas (Foto del 13/10/2021, Vilca O.)

6. Resultados

Se realizó el levantamiento fotogramétrico mediante RPAS logrando cubrir el total del espejo de agua de la laguna Ananta Cucho, además de los sectores en el frente glaciar, el dique natural, ambos flancos y la zona baja, lográndose obtener una ortofoto de alta resolución con una resolución espacial de 0.10 x 0.10 m (Ver **Anexo: Mapa 04, Ortofoto**). Este insumo formará parte esencial para la línea base de futuros estudios en la zona.

Se cuenta con un plano batimétrico de la laguna Ananta Cucho a escala 1:2000, con sus respectivos perfiles transversales y longitudinales, de este análisis obtenemos las principales características como se muestra en la **Tabla 2**. (Informe de Batimetría Ananta Cucho)

Tabla 2. Características de la laguna Ananta Cucho

Descripción	
Cota de espejo de agua (relativa)	4,991 msnm

Largo máximo	735 m
Ancho máximo	263 m
Cota de profundidad máxima	4,950 msnm
Profundidad máxima	41 m
Perímetro de espejo	1,896 m
Superficie de espejo	126,131 m ²
Volumen	2'285,177 m ³

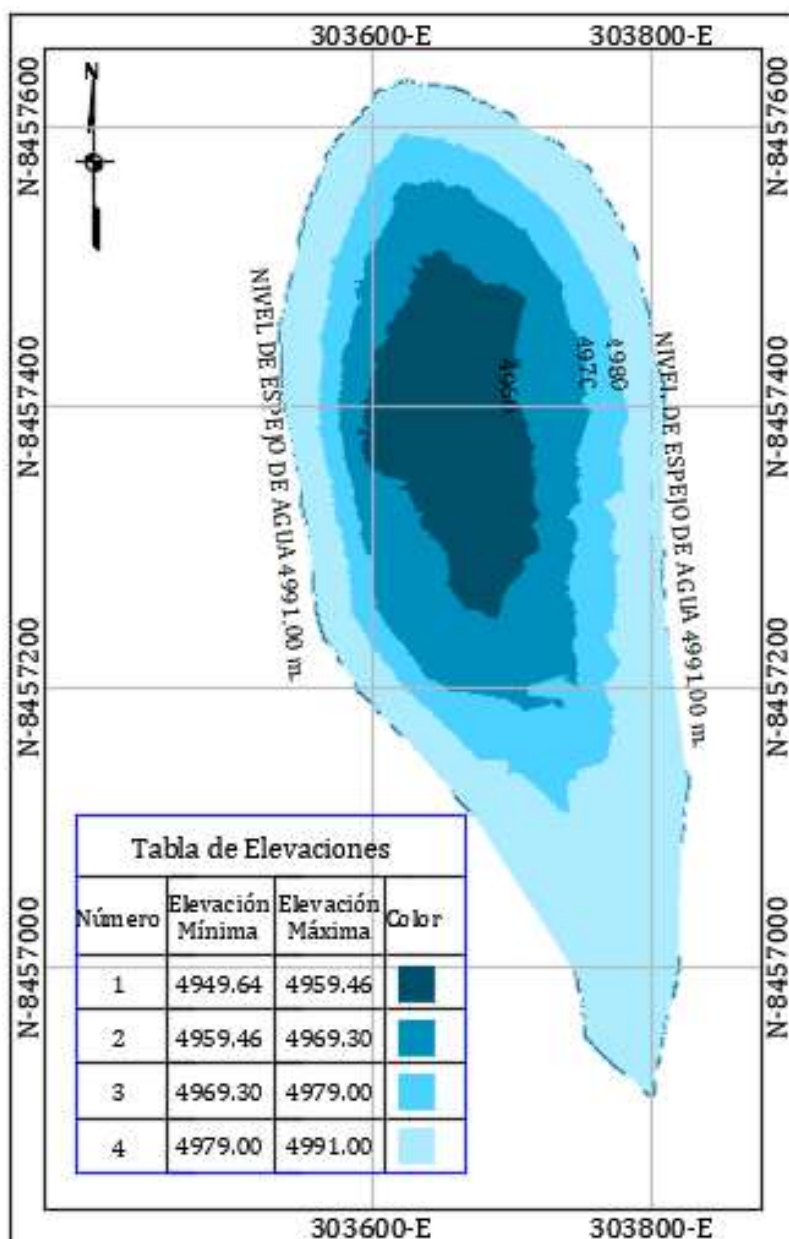


Figura 22. Esquema de las curvas de nivel en la profundidad de la laguna (Informe de Batimetría Ananta Cucho).

7. Análisis del peligro

Ananta Cucho es una laguna que alcanzó su máximo grado evolutivo y de acuerdo a la evaluación en campo se estima que:

- Existe un proceso de sedimentación de alto grado que reducirá la profundidad de la laguna y por lo tanto el volumen de agua durante los próximos años.
- Se presenten eventuales deslizamientos de los taludes interiores, siendo el del flanco izquierdo el que tiene mayor probabilidad a ocasionar un impacto significativo con un eventual desborde de la laguna.
- Acorde a las condiciones del incremento de la temperatura media superficial como efecto del cambio climático, los glaciares con frentes ubicados sobre los acantilados podrían fragmentarse y ocasionar el desprendimiento de bloques de hielo de gran tamaño que alcancen hasta la laguna.

En la **Tabla 3** se muestra el resumen de los criterios que se tomaron en cuenta para la valoración del peligro según el manual de ICIMOD, 2011. Los procedimientos para la evaluación de primer orden de GLOF y otros peligros glaciares como avalanchas de hielo y flujos de escombros debe considerar aspectos básicos en glaciología, geomorfología y principios hidráulicos, junto con la experiencia adquirida en eventos anteriores. Sin embargo, aclara, que es difícil estimar la probabilidad de ocurrencia de tales peligros debido a los rápidos cambios en la naturaleza de los sistemas glaciales (Huggel et al. 2004).

Tabla 3. Criterios para la evaluación del peligro en la laguna Ananta Cucho.

Criterios de evaluación	
Superficie del espejo de agua	126,130 m ²
Volumen	2'285,177 m ³
Velocidad de expansión	Etapas final
Posición con respecto al glaciar	a 66 m
Tipo del material del dique natural	Depósito glaciárico – morrena
Borde libre	No existe
Origen	Glaciar
Glaciares colgantes	Sí
Deslizamientos	Sí
Caída de rocas	Sí
Cambio en los niveles de espejo	Estacionales
Actividad con lagunas supraglaciares	-
Tipo de desagüe	Rebose
Pendientes en taludes interiores de los flancos	Fuerte – Muy fuerte
Existencia de núcleo de hielo en la morrena	No
Pendiente en la lengua glaciar	Moderada – Fuerte
Cubierta de escombros en la lengua glaciar	No
Colapso de hielo en el frente glaciar	No
Bloques de hielo flotando	No
Zonas potenciales de caída de rocas	Sí
Zonas potenciales de avalancha de hielo	Sí
Antecedentes de desborde	Sí

8. Conclusiones

- Ananta Cucho alcanzó su máximo grado de evolución, se encuentra desconectado del glaciar, sin presencia de glaciar cubierto.
- El volumen de agua estimado en la laguna Ananta Cucho en Junio del 2021 es 2,285,177 m³.
- La posición de esta laguna respecto al glaciar aún es desfavorable, dado que se encuentra en la línea de flujo de la lengua glaciar.
- Se identificaron frentes glaciares con potencial a desprendimientos o avalanchas que podrían afectar el equilibrio y estabilidad de la laguna.
- El tipo de material del dique está compuesto por depósitos glaciáricos en forma de morrenas.
- No existe borde libre y el desagüe se realiza principalmente por rebose, sin embargo también existen puntos de filtración en la zona baja del talud exterior en el dique frontal.
- En relación a los taludes interiores de los flancos, se identificaron puntos críticos y zonas inestables con potencial a deslizamientos.

Amenazas potenciales

- Frentes glaciares con cortes verticales sobre el acantilado, propensos a desprendimientos.
- Presencia de agrietamientos transversales en el sector medio y sobre la línea de flujo con dirección hacia la laguna Ananta Cucho.
- Potencial de avalanchas de hielo y roca desde las zonas altas del glaciar.
- Deslizamientos en los taludes internos, con especial atención en el talud interno de la morrena lateral izquierda.
- Caída de rocas sobre la laguna en ambos flancos.

Por lo descrito y según el análisis de la situación actual de Ananta Cucho, se concluye que esta laguna representa **peligro alto**.

Este análisis preliminar del peligro en la laguna Ananta Cucho podría cambiar a medida que se complemente con información de estudios específicos en relación a la estabilidad de taludes, geofísica de morrenas y el monitoreo sobre la dinámica de los glaciares con especial atención en los agrietamientos identificados en la zona alta.

9. Recomendaciones

- Realizar el seguimiento y monitoreo de los frentes glaciares y los agrietamientos en las zonas con mayor potencial a desprendimientos que pueda impactar en la laguna.
- Elaborar un estudio de escenarios de posibles desbordes de la laguna Ananta Cucho mediante el modelamiento de una cadena de procesos considerando el desprendimiento de bloques de hielo y el vaciado del volumen total de agua almacenada.

- Identificar las viviendas ubicadas en inmediaciones del río aguas abajo de la laguna Ananta Cucho susceptibles a ser impactadas por un eventual desborde.
- Realizar estudios de geotecnia y estabilidad de taludes.
- Realizar estudios que permitan evaluar alternativas para la disminución del peligro.
- Solicitar imágenes del satélite PERUSAT con la finalidad de monitorear el comportamiento de los frentes glaciares.

10. Referencias Bibliográficas

Huggel, C; Haeberli, W; Käab, A; Bieri, D; Richardson, S (2004) 'An assessment procedure for glacial hazards in the Swiss Alps Canadian Geotechnical Journal 41: 1068-1083

ICIMOD (2011) Glacial lakes and glacial lake outburst floods in Nepal. Kathmandu: ICIMOD.

ANEXOS

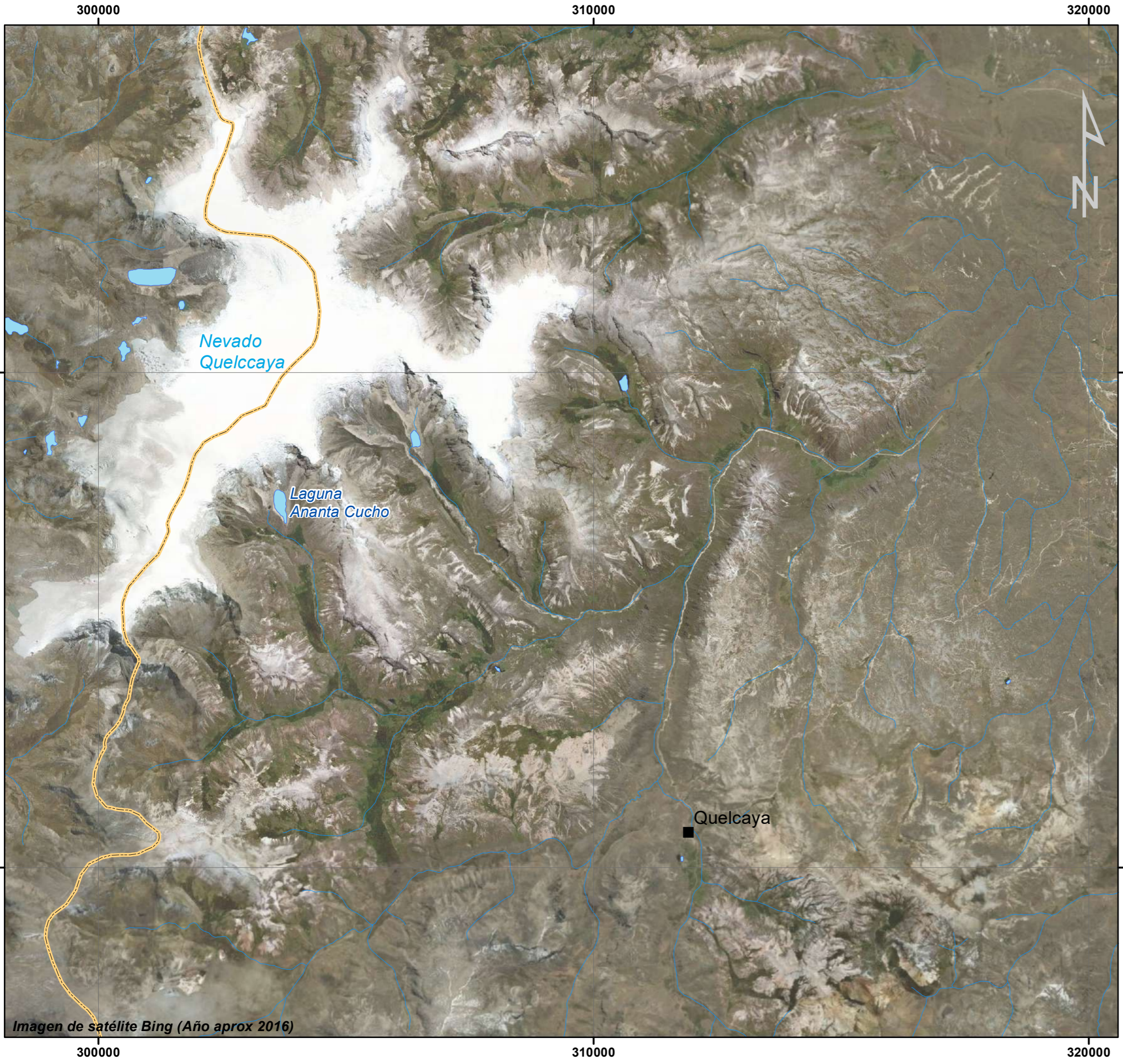
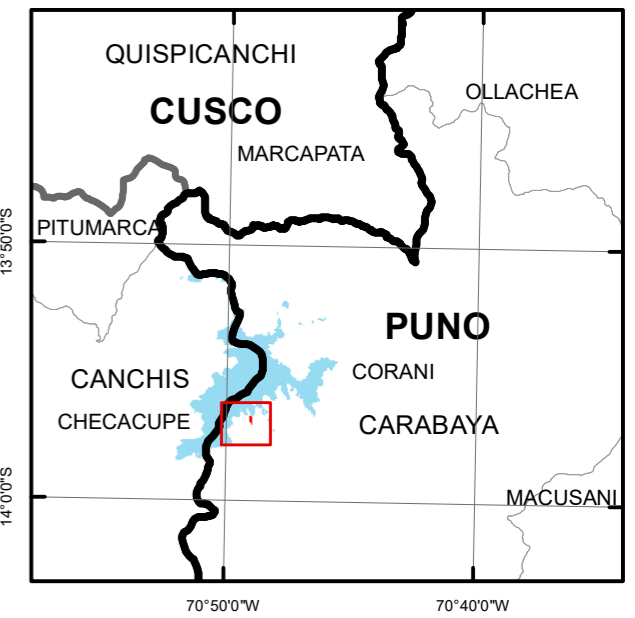
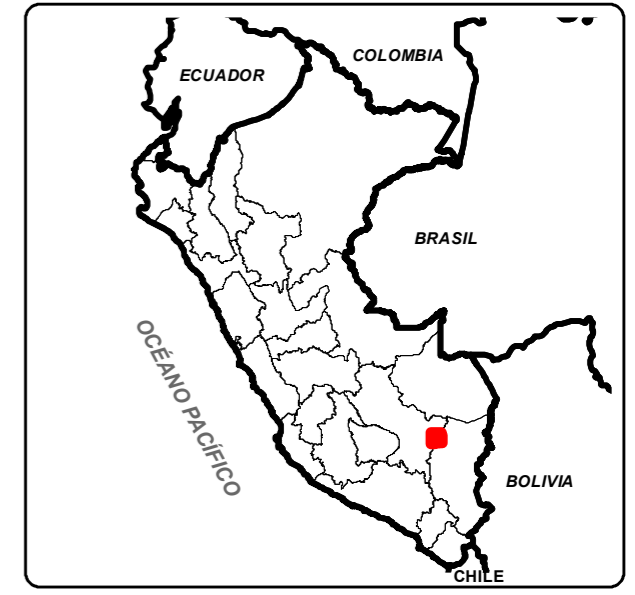
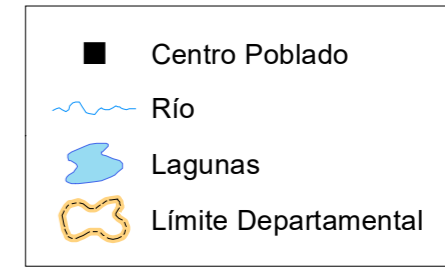



Imagen de satélite Bing (Año aprox 2016)

UBICACIÓN POLÍTICA



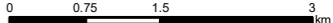
Distrito: Corani
 Provincia: Carabaya
 Departamento: Puno

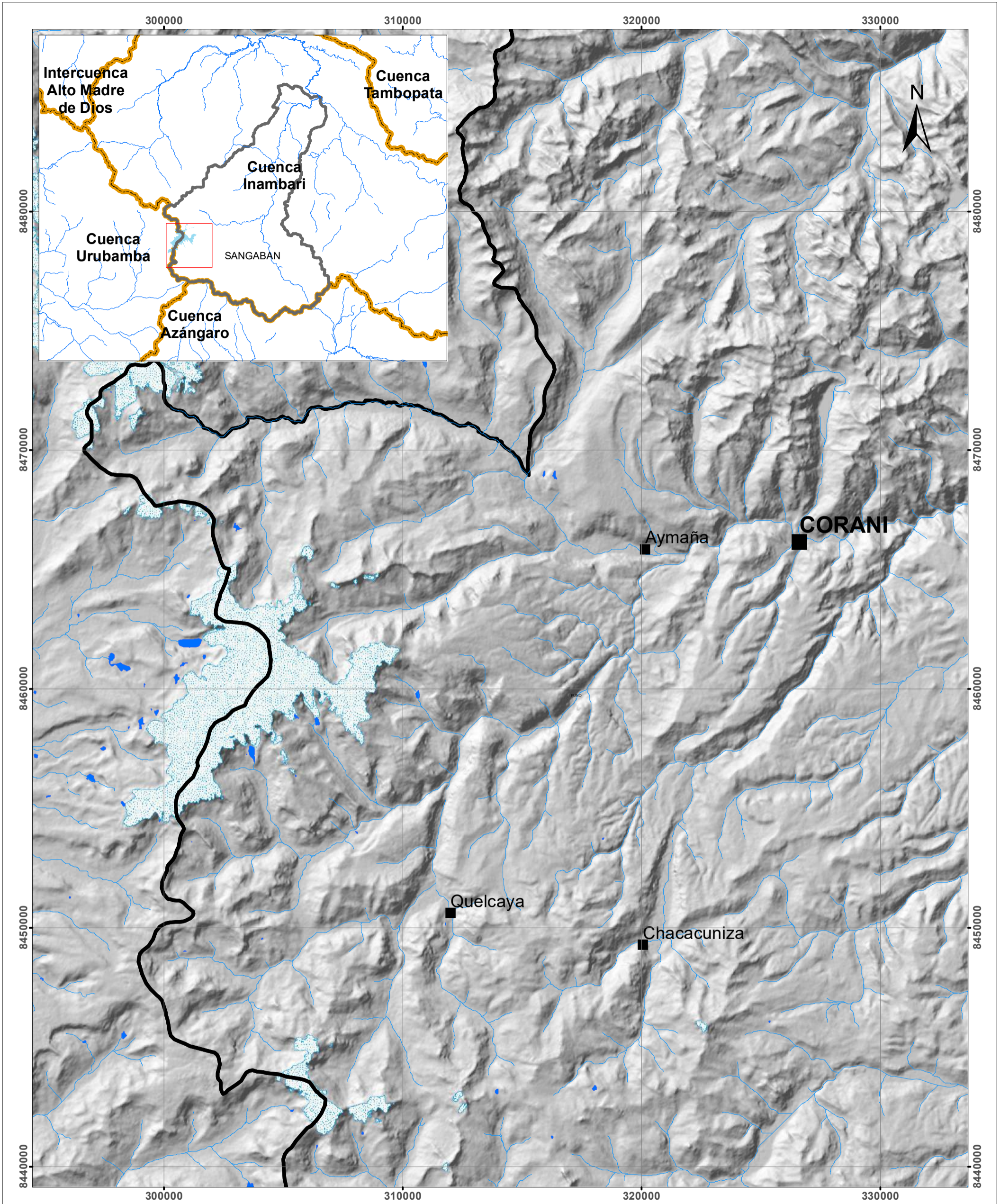




UBICACIÓN DE LA LAGUNA ANANTA CUCHO

Elaborado por: O. Vilca	Coordenadas: Proyección UTM Datum WGS84 - Zona 19S	Fecha : Octubre, 2021
Fuente: Elaboración propia	Escala: 1:75,000	

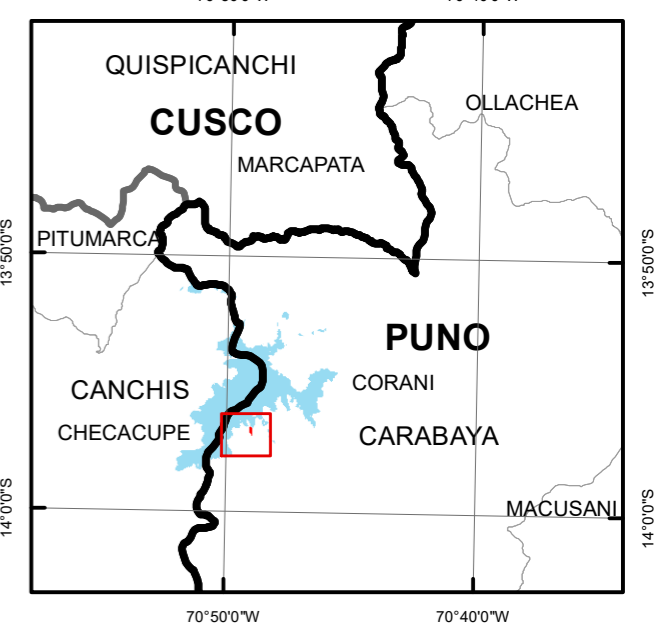
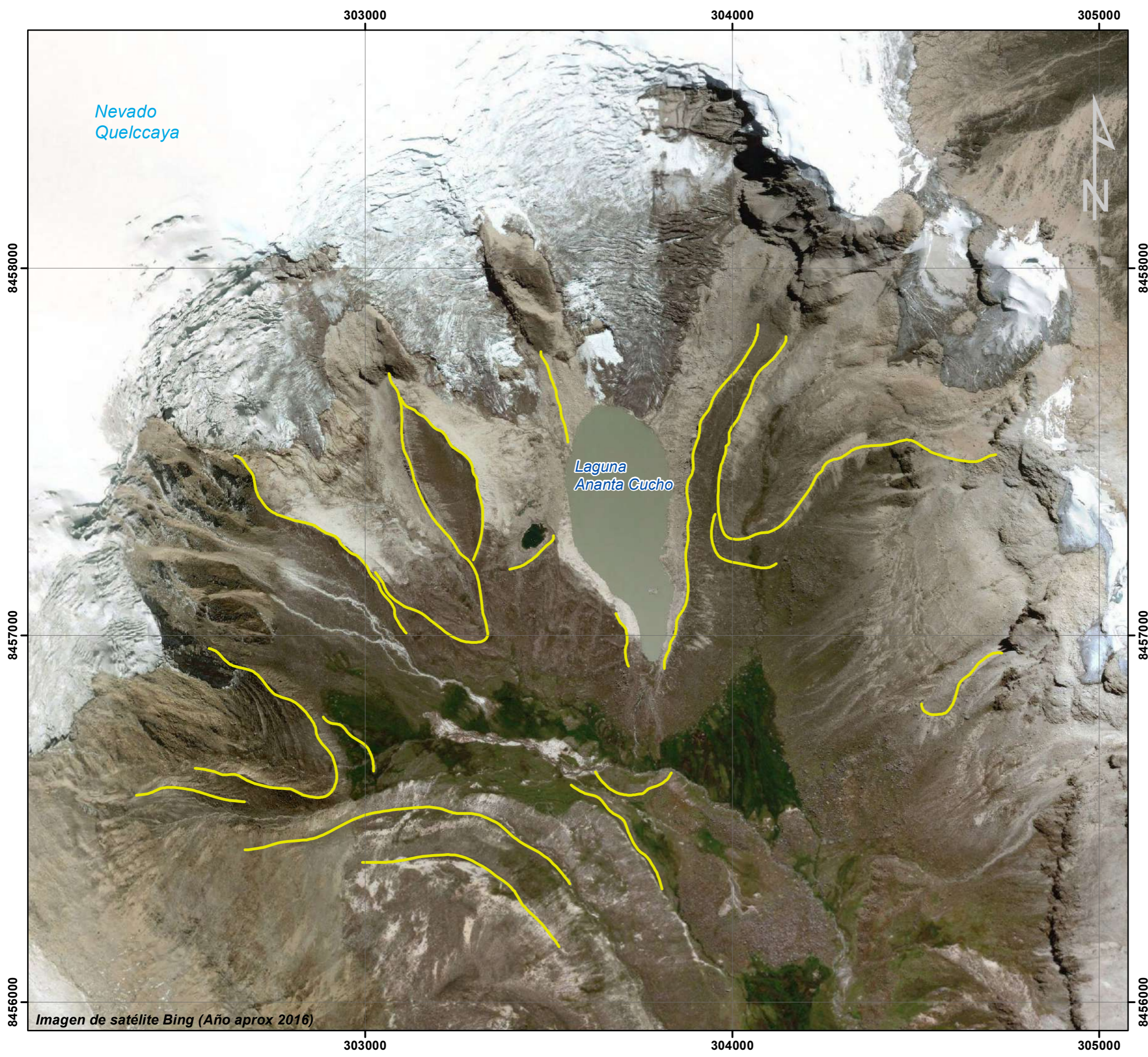




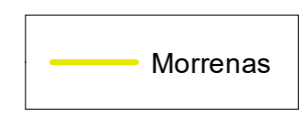
LEYENDA

	Centros_Poblados_...
	Distrito
	Río
	Laguna
	Área glaciár
	Límite departamental

OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR CORDILLERA VILCANOTA			
MAPA HIDROGRÁFICO CORANI			MAPA: 02
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. V. Bustinza	ESCALA: 1:150,000
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Diciembre, 2021

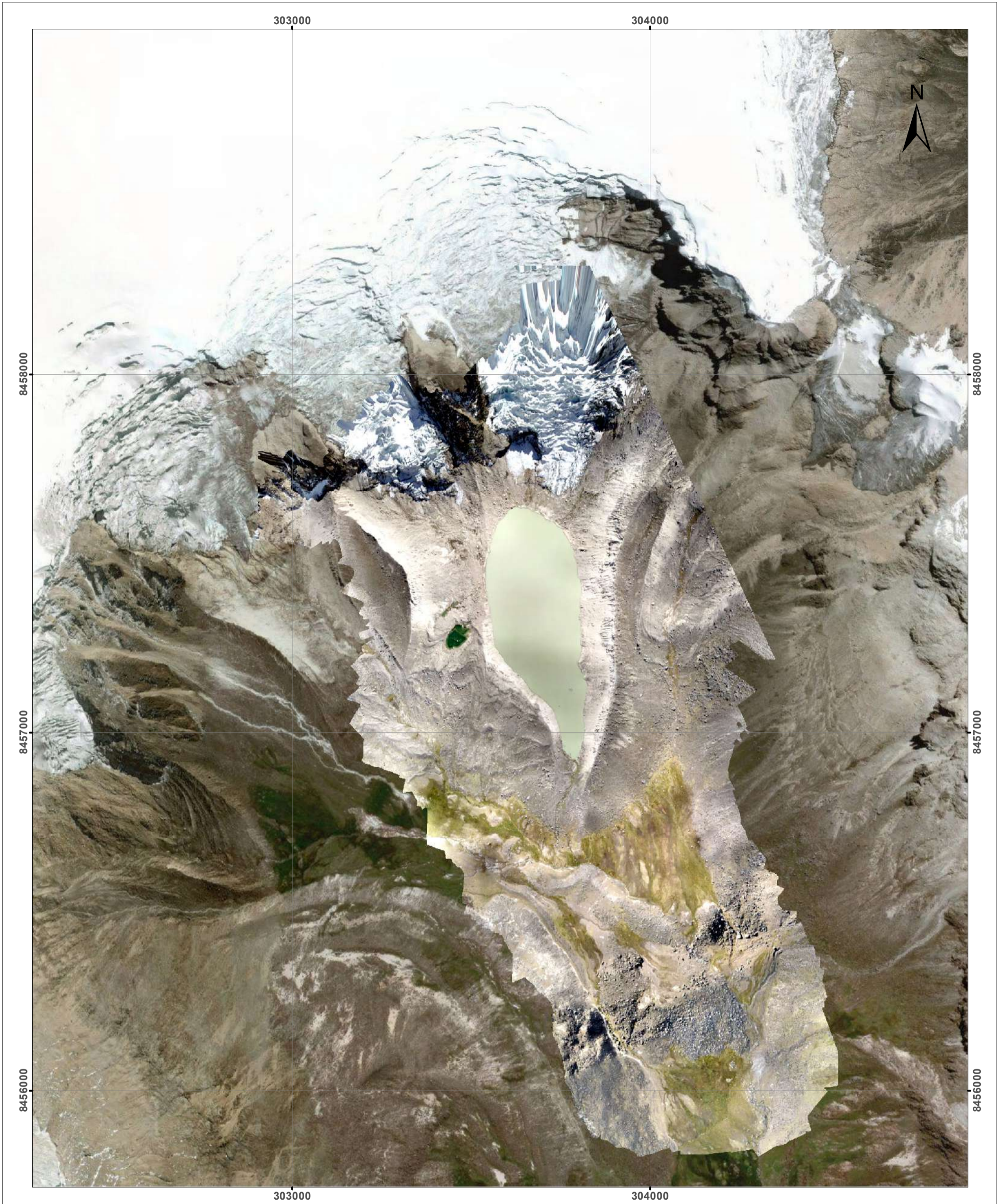


Distrito: Corani
 Provincia: Carabaya
 Departamento: Puno

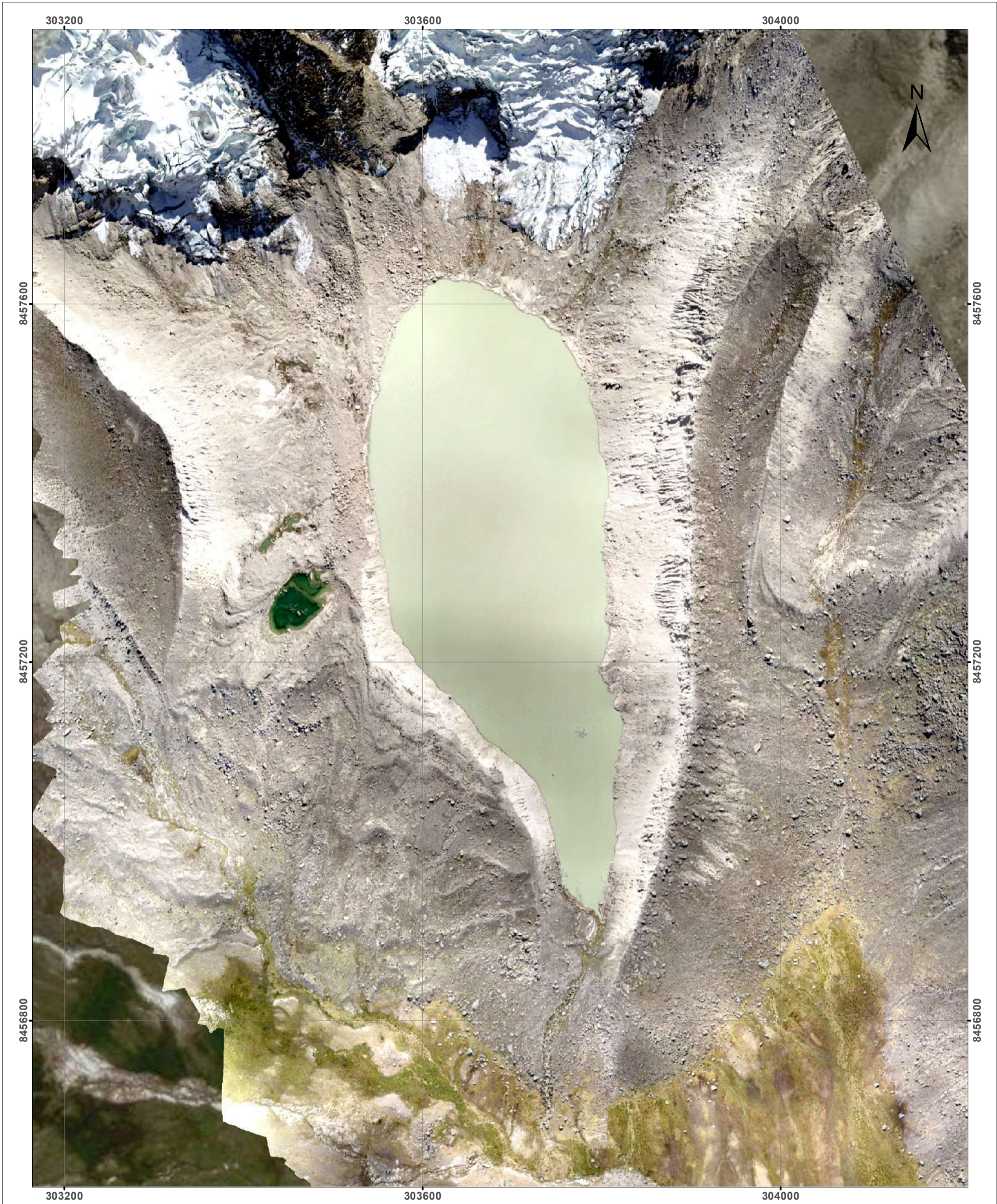



IDENTIFICACIÓN DE MORRENAS

Elaborado por: O. Vilca	Coordenadas: Proyección UTM Datum WGS84 - Zona 19S	Fecha : Octubre, 2021
Fuente: Elaboración propia	Escala: 1:10,000 	



 PERÚ Ministerio del Ambiente		 INAIGEM <small>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GLACIARÍAS Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA</small>	
OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR CORDILLERA VILCANOTA			
ORTOFOTO RPAS LAGUNA ANANTA CUCHO			MAPA: 04
ELABORADO POR: Ing. O. Vilca	REVISADO POR: Ing. O. Vilca	APROBADO POR: Ing. V. Bustinza	ESCALA: 1:10,000 
SISTEMA DE PROYECCIÓN: UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur			FECHA: Diciembre, 2021



 PERÚ Ministerio del Ambiente		 INAIGEM <small>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GEOMÁTICAS Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA</small>	
OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR CORDILLERA VILCANOTA			
ORTOFOTO RPAS LAGUNA ANANTA CUCHO			MAPA: 04-1
ELABORADO POR: <small>Ing. O. Vilca</small>	REVISADO POR: <small>Ing. O. Vilca</small>	APROBADO POR: <small>Ing. V. Bustinza</small>	ESCALA: <small>1:4,000</small>
SISTEMA DE PROYECCIÓN: <small>UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur</small>			 FECHA: <small>Diciembre, 2021</small>

303600

303800

8457600

8457600

8457400

8457400

8457200

8457200



303600

303800



PERÚ Ministerio del Ambiente



INAIGEM
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN LOS RECURSOS Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA

**OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR
CORDILLERA VILCANOTA**

**ORTOFOTO RPAS
LAGUNA ANANTA CUCHO**

MAPA:

04-2

ELABORADO POR:

Ing. O. Vilca

REVISADO POR:

Ing. O. Vilca

APROBADO POR:

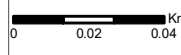
Ing. V. Bustinza

ESCALA:

1:2,000

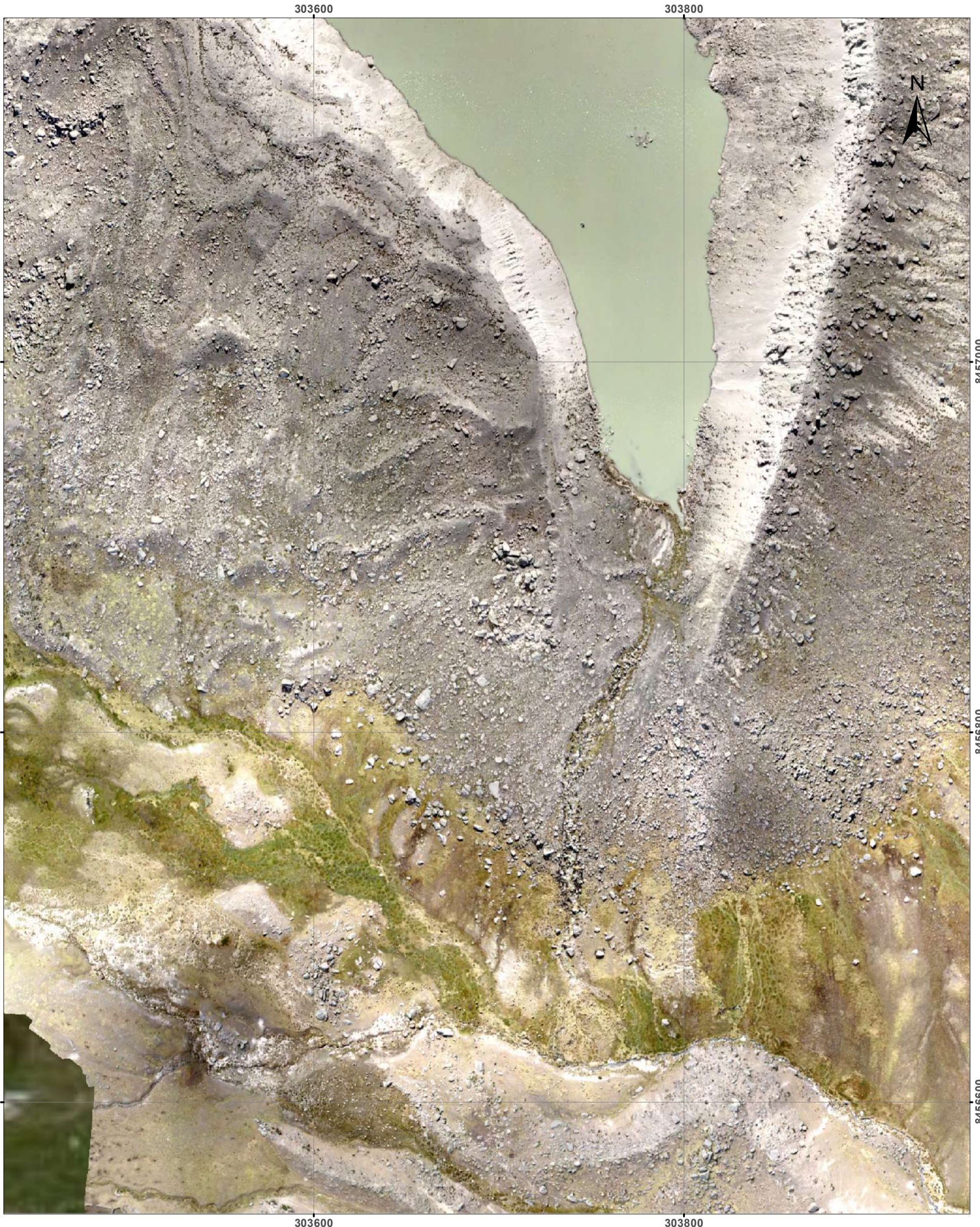
SISTEMA DE PROYECCIÓN:

UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur

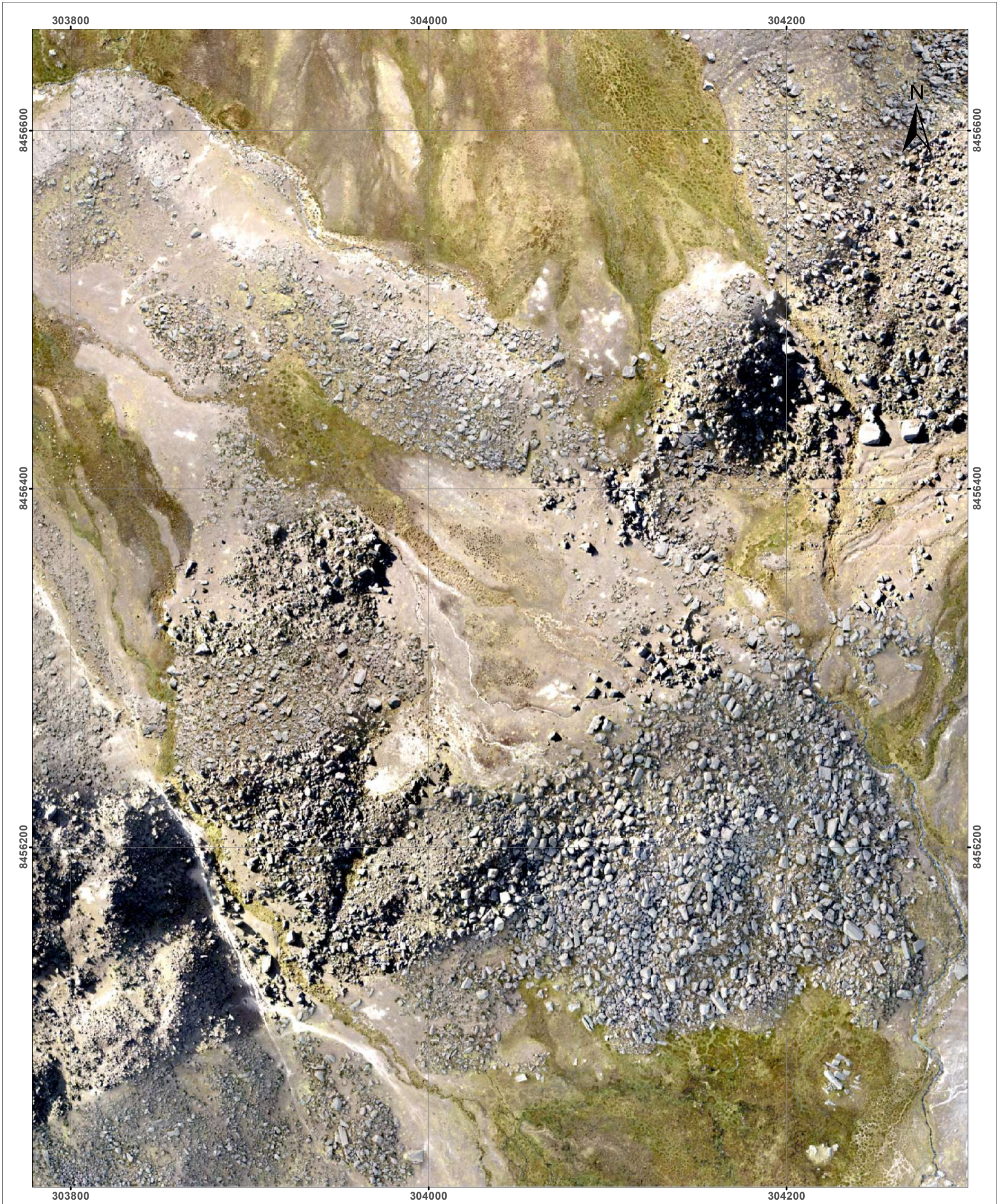




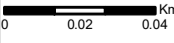
FECHA:

Diciembre, 2021



 PERÚ Ministerio del Ambiente		 INAIGEM <small>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GEODINÁMICA Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA</small>	
OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR CORDILLERA VILCANOTA			
ORTOFOTO RPAS LAGUNA ANANTA CUCHO			MAPA: 04-3
ELABORADO POR: <small>Ing. O. Vilca</small>	REVISADO POR: <small>Ing. O. Vilca</small>	APROBADO POR: <small>Ing. V. Bustinza</small>	ESCALA: <small>1:2,000</small>
SISTEMA DE PROYECCIÓN: <small>UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur</small>			 FECHA: <small>Diciembre, 2021</small>



 PERÚ Ministerio del Ambiente		 INAIGEM <small>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN GEORRIS Y ECOSISTEMAS DE MONTAÑA</small>	
OFICINA DESCONCENTRADA MACRO REGIÓN SUR CORDILLERA VILCANOTA			
ORTOFOTO RPAS LAGUNA ANANTA CUCHO			MAPA: 04-4
ELABORADO POR: <small>Ing. O. Vilca</small>	REVISADO POR: <small>Ing. O. Vilca</small>	APROBADO POR: <small>Ing. V. Bustinza</small>	ESCALA: <small>1:2,000</small>
SISTEMA DE PROYECCIÓN: <small>UTM - DATUM WGS84 - zona 19 Sur</small>			 FECHA: <small>Diciembre, 2021</small>