

Informe Técnico N° A6632

Inspección de lagunas y otros sitios propuestos para represamientos

**Distritos San José de Quero y Yanacancha;
provincias Concepción y Chupaca, región Junín**



POR:

**ING.: BILBERTO ZAVALA CARRIÓN
MSC. CARLOS BENAVENTE ESCOBAR**

JUNIO-2013

**INSPECCIÓN DE LAGUNAS Y OTROS SITIOS PROPUESTOS PARA REPRESAMIENTOS
(DISTRITOS DE SAN JOSÉ DE QUERO Y YANACANCHA, PROVINCIAS CONCEPCIÓN Y
CHUPACA, REGIÓN JUNÍN)**

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	2
2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS, CLIMÁTICOS Y SOCIALES	2
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	4
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
5. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	9
6. ASPECTOS GEODINÁMICOS	11
7. ASPECTOS GEOAMBIENTALES	14
8. DESCRIPCION DE LOS SITIOS VISITADOS	16
9. CONDICIONES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS MÍNIMAS PARA LA UBICACIÓN DE UNA PRESA: FASE DE VIABILIDAD	23
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	27

INSPECCIÓN DE LAGUNAS Y OTROS SITIOS PROPUESTOS PARA REPRESAMIENTOS (DISTRITOS DE SAN JOSÉ DE QUERO Y YANACANCHA, PROVINCIAS CONCEPCIÓN Y CHUPACA, REGIÓN JUNÍN)

1. INTRODUCCIÓN

El despacho del Congresista Casio Huiré Chuquichaico en coordinación con la Comisión de Ciencia, Innovación y Tecnología del Congreso de la república, mediante Oficio N° 0278-2013-CR/CFHCH solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), se realizara una visita técnica a cinco lagunas ubicadas en la jurisdicción del distrito de San José de Quero.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET dispuso que los ingenieros Bilberto Zavala y Carlos Benavente realizaran dicha inspección, la cual después de coordinada con los asesores del congresista se realizó el día 21 de mayo del 2013.

En dicha visita y recorrido de los sitios propuestos como posibles zonas de “proyecto de represas” se contó también con la presencia de los alcaldes de San José de Quero y Yanacancha y personal técnico de ambos municipios. Se cubrió las lagunas inicialmente ubicadas en el distrito de San José de Quero propuestas en su solicitud, así como otras consideradas en la jurisdicción del distrito de Yanacancha.

El presente informe describe los aspectos geológicos encontrados en los lugares visitados, así como el análisis de información geológica regional, existente en el archivo técnico de INGEMMET, el análisis de información satelital disponible en el Google Earth y el análisis de los aspectos de ingeniería (geología y geotecnia) básica que son necesarios para tomar en cuenta y desarrollar un proyecto de represa, a fin de elaborar un anteproyecto o perfil de viabilidad. Se emiten conclusiones y recomendaciones.

2. ASPECTOS GEOGRÁFICOS, CLIMÁTICOS Y SOCIALES

El área visitada corresponde políticamente a los distritos de San José de Quero (provincia Concepción) y Yanacancha (provincias de Concepción y Chupaca respectivamente, en la región Junín) y parte del distrito de Tomas (provincia de Yauyos, región Lima). Se accede desde Huancayo por la vía asfaltada (49 km) que conduce hacia Yauyos. Las altitudes corresponden a niveles entre 3500 a más de 4400 msnm (Figura 1). Aguas debajo de la laguna Chicchicocha una trocha carrozable se bifurca a la parte alta de Yanacancha, accediendo a la laguna de Huascacocha y el sector de Mesapata, también evaluados. Yanacancha se une a través de la vía asfaltada Chupaca-Ahuac y luego afirmada hasta Yanacancha.

Hidrográficamente se enmarca en parte de la cuenca del río Mantaro, cuyos tributarios en la zona están representados por los ríos Santa Rosa y Cunas (subcuencas de los ríos Santa Rosa y Cachi/Llame), que drenan con dirección de oeste a este. Las lagunas y vertientes superiores visitadas se ubican en la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, la cual está disectada por quebradas. El desagüe de las lagunas Negro Bueno, 54 y Ayhuin, motivo de la inspección realizada, drenan sus aguas hacia las quebradas Hatun Huasi y Tranca, que aguas abajo forman el río Santa Rosa. Las lagunas Chicchicocha y Huascacocha, así como las vertientes del sector de Toropaccha y Mesapata drenan hacia el río Cachi (o Cunas según lo denominan los pobladores locales).

El aporte más importante de agua es estacional con las precipitaciones que ocurren normalmente durante los meses de enero, febrero y marzo alcanzando un promedio anual de 750 mm. Las temperaturas medias anuales, máximas y mínimas oscilan entre 19 y 4° C, con un promedio anual de 10°C; generalmente se producen heladas entre junio y julio, con ausencia de lluvias y valores de temperatura inferiores a 7° C, llegando a disminuir hasta -5°C. De acuerdo al piso ecológico y altitud el clima varía entre frío a frígido o de puna, invierno seco, frígido, seco (Mapa de clasificación climática, SENAMHI, 1988). La vegetación que domina es de tipo herbazal de tundra y pajonal o césped de puna, que corresponde a una zona de tundra pluvial alpino tropical principalmente.

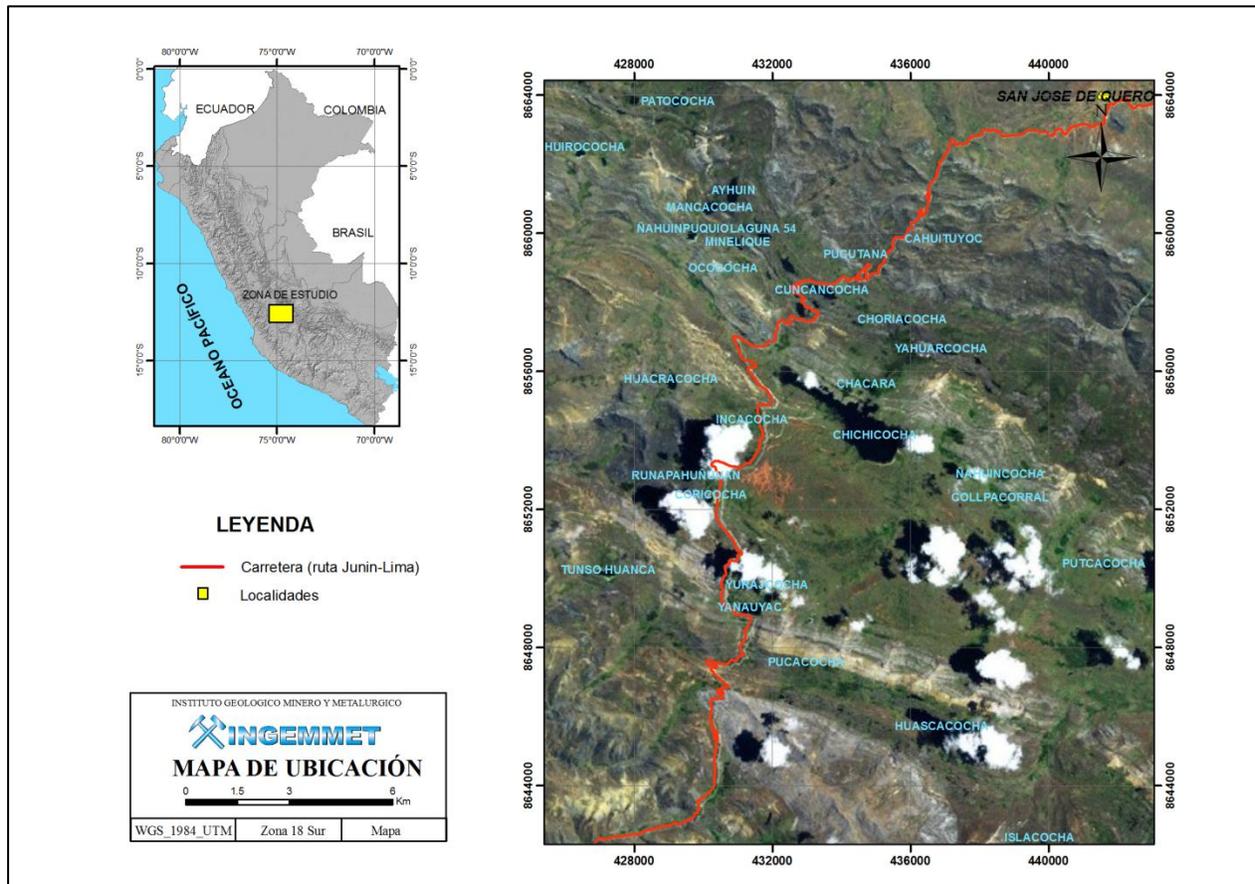


Figura 1. Ubicación del área evaluada

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Los estudios geológicos regionales del área de estudio fueron realizados por INGEMMET en el cuadrángulo de Yauyos (Megard et.al., 1996), donde se tiene aspectos estratigráficos, tectónicos, la geología histórica y geología económica, con mapas a escala 1: 100,000. En el área visitada durante la inspección afloran principalmente secuencias carbonatadas (calizas), areniscas calcáreas, intercalaciones de areniscas blancas sacaroideas, lutitas, margas y niveles de carbón (Ver figura 3).

Las secuencias más antiguas que afloran en el área son de edad jurásica, y son conocidas como formaciones Condorsinga (Jurásico inferior), Cercapuquio y Chaucha (Jurásico medio).

Las capas de la **Formación Condorsinga**, formando pliegues volcados pueden apreciarse desde la localidad de Quero en dirección oeste hacia el cerro Shacoc Machay, donde pueden apreciarse relieves conspicuos a abruptos de capas de calizas replegadas (ver foto 1).



Foto 1. Vista desde Quero hacia el norte. Al fondo se aprecian capas plegadas de calizas de color gris a plomo con relieves abruptos de la Formación Condorsinga del Jurásico inferior. Las lomadas suaves de topografía irregular y tonos rojizos corresponden a las Capas Rojas Casapalca.

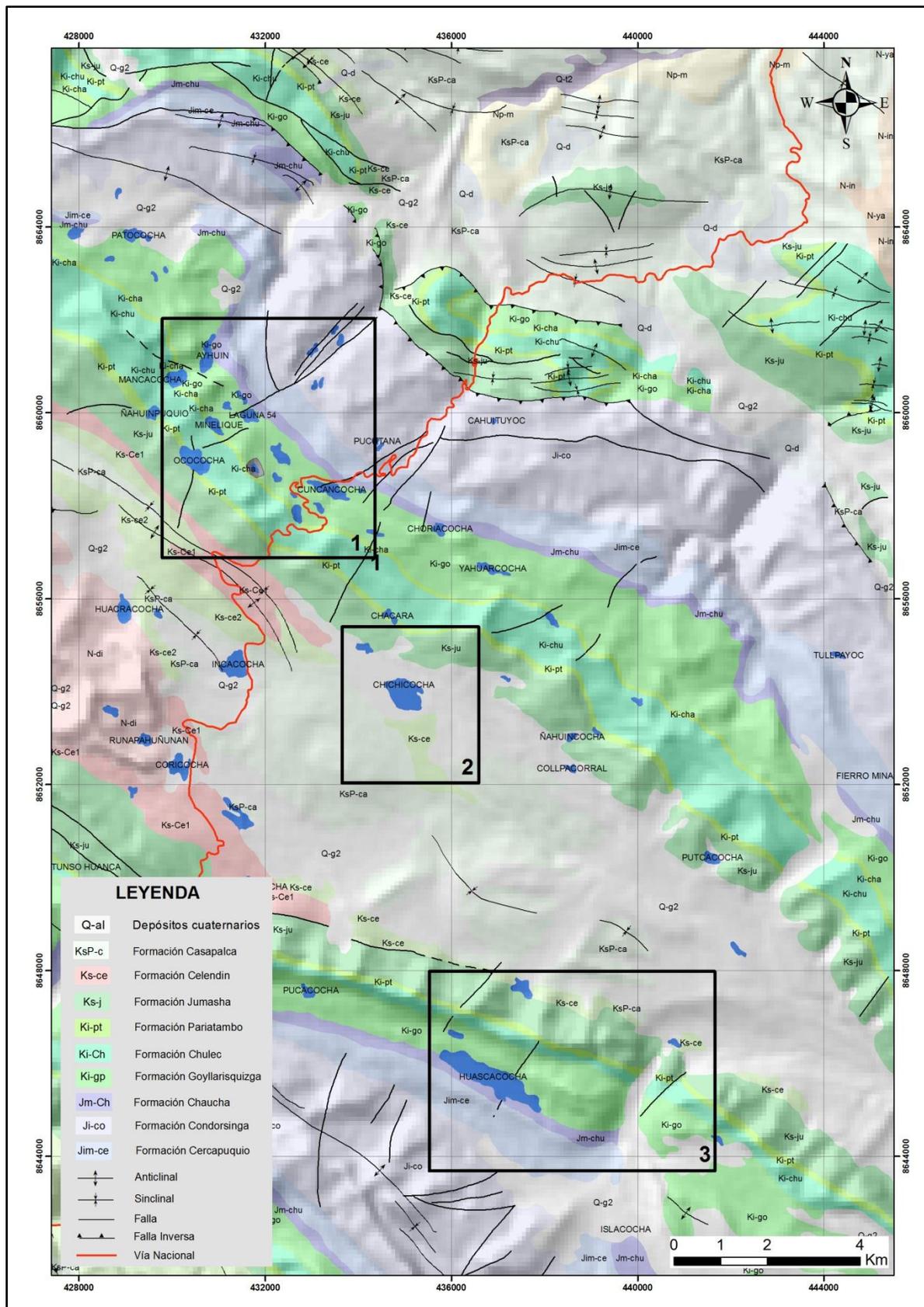


Figura 3. Unidades geológicas en las zonas estudiadas (Fuente: Megard *et. al*, 1996).

Durante la visita las unidades geológicas denominadas **formaciones Cercapuquio y Chaucha** (Jurásico medio) pudieron apreciarse en el flanco derecho de la laguna Huascacocha. La Formación Cercapuquio más antigua se compone predominantemente de areniscas de grano muy fino a grueso, microconglomerádicas, de color blanco a gris con manchas de óxidos de hierro. Se intercalan niveles de lutitas. El borde derecho de la laguna donde se presenta un tragadero e infiltración de aguas de la laguna, está compuesto por una formación calcárea denominada Formación Chaucha (ver figura 2). Su litología dominante son lodolitas y limolitas calcáreas, calizas y dolomitas fracturadas y escasas areniscas con cemento calcáreo (Megard *et. al.* 1996), sus relieves son menos abruptos (ver foto 2).

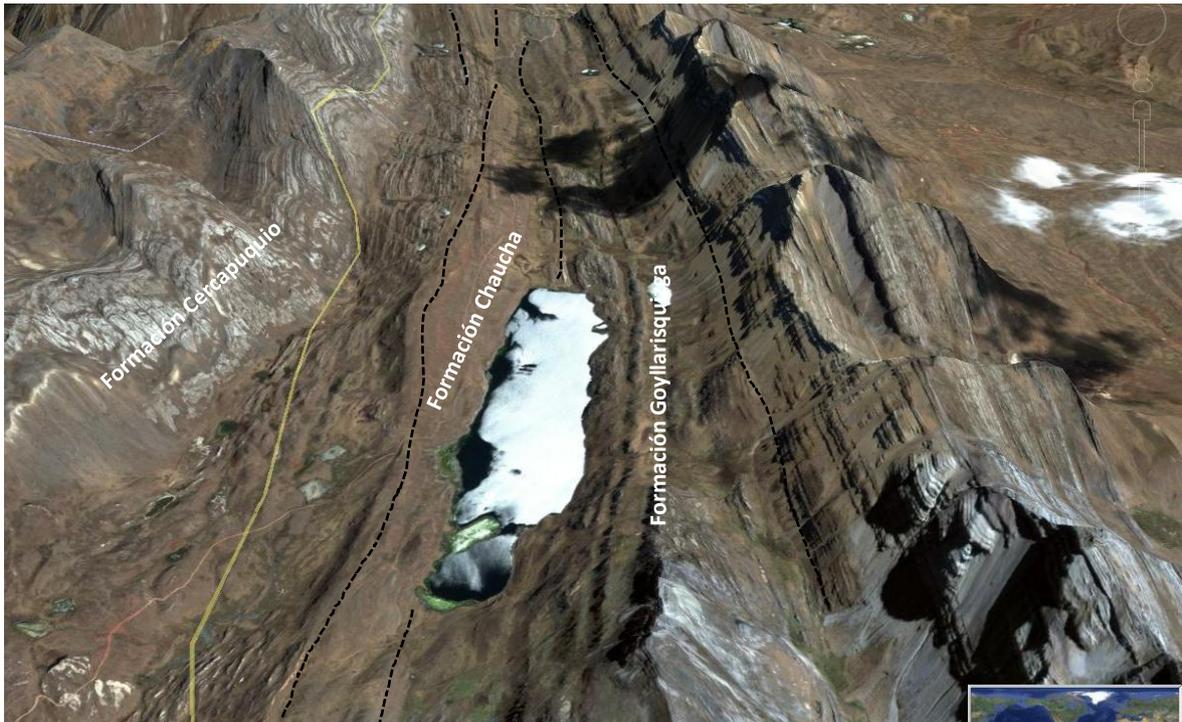


Figura 2. Vista satelital oblicua en dirección noreste que muestra las secuencias sedimentarias geológicas del Jurásico medio y superior presentes en las inmediaciones de la laguna de Huascacocha.



Foto 2. Vista aguas arriba de la laguna Huascacocha. Las unidades geológicas que existen en sus inmediaciones (estratos) muestran una inclinación o buzamiento de (15° a 50°) al noreste. La vista derecha muestra un detalle del grado de fracturamiento en las calizas fracturadas y alteración en las rocas de la Formación Chaucha

La secuencia estratigráfica Cretácica-Terciaria que aflora en el área está conformada por:

- Una secuencia basal de origen continental-fluvial que caracteriza la presencia de areniscas de grano fino, blancas, conglomerados y una sucesión de depresiones limoarenosas o limo-carbonosas pertenecientes a la **Formación Goyllarisquizga**.
- Una secuencia carbonatada compuesta por areniscas calcáreas, con intercalaciones de calizas y margas. Esta litología indica un ambiente litoral poco profundo a relativamente profundo en los estratos superiores y es conocida como **Formación Chulec**.
- Posteriormente hacia arriba se tienen arcillitas y lodolitas calcáreas gris oscuras que evidencian un ambiente más profundo; calizas de color negro y olor fétido de la **Formación Pariatambo**; picachos y acantilados rocosos compuestos por calizas de la **Formación Jumasha**, que en espesor pueden alcanzar los 400 metros. Encima se tienen aflorando como mantos sobreescurrecidos o solapados, afloramientos aislados cubiertos por suelos y vegetación, compuestos por capas de yeso asociados con calizas, lutitas rojas a beige y areniscas en la base; calizas arcillosas de la **Formación Celendín**.
- El retiro de los mares en el Cretáceo superior producto del levantamiento andino y la presencia de una sedimentación eminentemente continental está registrada por la presencia de las **Capas Rojas de la Formación Casapalca**. Están conformadas por lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados, cuya coloración roja se debe a la presencia de hematita; sin embargo se tienen también tonos verdes, morados, rosados y blancos en menor proporción. Estas secuencias se pueden apreciar en los alrededores de la localidad de Quero y en el lado oeste de la laguna de Chicchicocha (ver fotos 5 y 6).

Esta secuencia completa del Cretáceo puede apreciarse en el valle del río Cachi. En el sector de Mesapata, uno de los lugares recomendados como cerrada para construir una presa los estratos cruzan diagonalmente el valle con dirección N60°O. Aquí puede apreciarse de la base al tope las capas de las formaciones Goyllarisquizga-Pariahuanca, Chulec-Pariatambo, Jumasha, Celendín y Casapalca (ver fotos 3 y 4).



Foto 3. Vista panorámica de la secuencia sedimentaria Cretáceo-Terciaria en la margen izquierda del valle del río Cachi, sector Mesapata (vista aguas abajo).



Foto 4. Detalle de las calizas Jumasha en la margen derecha del río Cachi.



Foto 5. Vista que muestra en los alrededores de la laguna Chicchicocha afloramientos de las calizas Celendín que forman relieves de colinas parcialmente cubiertas por suelo (sector suroeste) y colinas o lomadas suaves en la parte norte compuestas por Capas Rojas de la Formación Casapalca. El vaso que forma parte de la laguna está compuesto por depósitos glaciofluviales.



Foto 6. Vistas en las inmediaciones de la localidad de Quero donde afloran secuencias erosionadas de Capas Rojas de la Formación Casapalca.

En el área sobre estas secuencias marinas, litorales y continentales, descansan secuencias glaciofluviales del Plio-cuaternario como producto de las glaciaciones. Los depósitos cuaternarios se encuentran parcialmente saturados, producto de la infiltración de las aguas y posterior surgencia a través de materiales más porosos y permeables. Estas surgencias estarían relacionadas también a la permeabilidad secundaria de las rocas circundantes.

4. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

Desde el punto de vista **hidrogeológico** no existen trabajos en la zona de estudio que caractericen los tipos de acuíferos presentes, las características de permeabilidad de las rocas, un inventario de manantiales, etc. Se conoce solo de la presencia de dos grandes manantiales en la zona conocidos como Quinualpuquio y Pichapuquio. El primero de ellos nace en la comunidad de Quero cuyas aguas discurren y benefician a las comunidades de San Roque de Huarmitá, Chaquicocha, Quero y Chala con dirección de oeste a este. El volumen promedio es de 260 litros por segundo, que permite una captación mediante canales de riego artesanales con fines agrícolas y domésticos. En Pichapuquio se ha construido reservorios que favorecen a las localidades de Santa Rosa de Huarmitá, Tinco y Usibamba.

La presencia abundante de rocas carbonatadas fracturadas, plegadas y con fuerte buzamiento propicia la infiltración de aguas de lluvia estacionales. Procesos cársticos fueron encontrados en la laguna Huascacocha (“tragadero”) donde existe una fuerte infiltración de agua en el subsuelo y pérdida de agua de esta laguna¹. Es muy importante conocer las características hidrogeológicas de las zonas de embalse que permitan conocer la presencia de acuíferos cársticos, las pruebas de infiltración nos permiten establecer el régimen de filtración de agua en las calizas o descenso natural.

5. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

El flanco oriental de la cordillera occidental ubicado en el lado noreste del cuadrángulo de Yauyos, donde se encuentra el área de estudio corresponde a la divisoria continental de aguas superficiales que drenan hacia el río Cañete (al oeste) y afluentes al río Mantaro (este).

Morfológicamente se presentan montañas y colinas estructurales alineadas, con fuerte pendiente asociadas a fallas o plegamientos de dirección andina (Relieve estructural plegado con direcciones predominantes NO-SE) modeladas por la actividad glacial cuaternaria, encontrándose depresiones alargadas que facilitaron la formación de lagunas y también zonas planas o altiplanicies disectadas, como conjuntos de lomadas de suave pendiente y zonas de bofedales (ver fotos 6 y 7). Al descender se presentan valles en U, con flancos o laderas abruptas testigos del retroceso glacial cuaternario. En la transición entre la cumbres altas y altiplanicies, en dicho sector se puede observar que predominan las laderas con pendientes que van desde 5° a 15°, siendo las pendientes altas (>45°) escasas (figura 4).

¹ La primera presa del mundo construida en forma de arco, se construyó sobre calizas penibéticas entre el **Tavizna** y el **Taviznilla**, barranco que da entrada a Hundidero (Sevilla, España). El escaso desarrollo de la capa impermeable imposibilitó la estanqueidad del mismo, permitiendo la infiltración del agua embalsada, al alcanzar el agua las calizas penibéticas infrayacentes que se encuentran intensamente karstificadas. Jamás logro la antigua Compañía Sevillana de Electricidad ganar el pulso a la naturaleza a pesar de los intentos de impermeabilización, fijaciones de pendientes con anclajes, y recubrimientos de las paredes con cemento.



Foto 6. Vista aguas abajo de San José de Quero donde dominan geoformas de planicies con pequeñas depresiones y bofedales, lomadas y colinas muy disectadas.



Foto 7. Vista en la parte alta de Quero. Zona montañosa con relieve estructural plegado de pendiente moderada a abrupta que se levanta desde zonas planas y colinadas adyacentes.

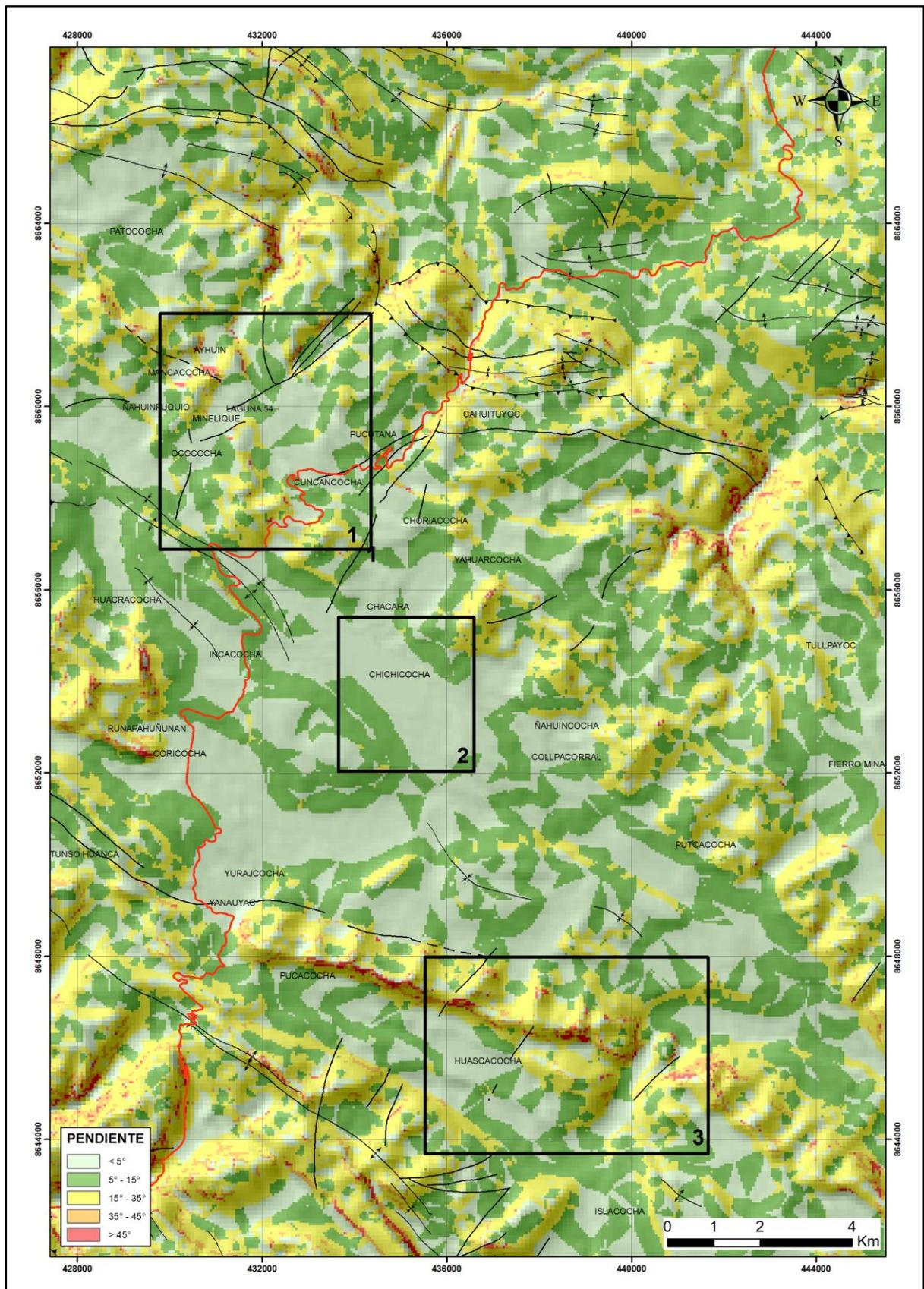


Figura 4. Pendientes del terreno en la zona evaluada.

6. ASPECTOS GEODINÁMICOS

No se encontraron evidencias de actividad geodinámica importante (movimientos en masa). El inventario de peligros para la zona realizado por INGEMMET el año 2003 resalta la presencia de caídas o desprendimientos de rocas asociadas a laderas de pendiente pronunciada en rocas fracturadas y pequeños derrumbes asociados a cortes de carretera principalmente, y zonas con reptación de suelos asociadas a zonas de relieve suave a moderado con presencia de filtraciones, y fallas activas cercanas).

Neotectónica y sismicidad inducida: En los proyectos de presas hay que considerar la acción sísmica que pueda afectar a la estructura en el caso de un terremoto de magnitud significativa. En los Andes la actividad sísmica es elevada, teniendo sismos de subducción (>8 de magnitud) y sismos continentales que son superficiales y podrían alcanzar sismos de 7 grados de magnitud, como fue el caso del sismo generado por la falla Huaytapallana en 1969.

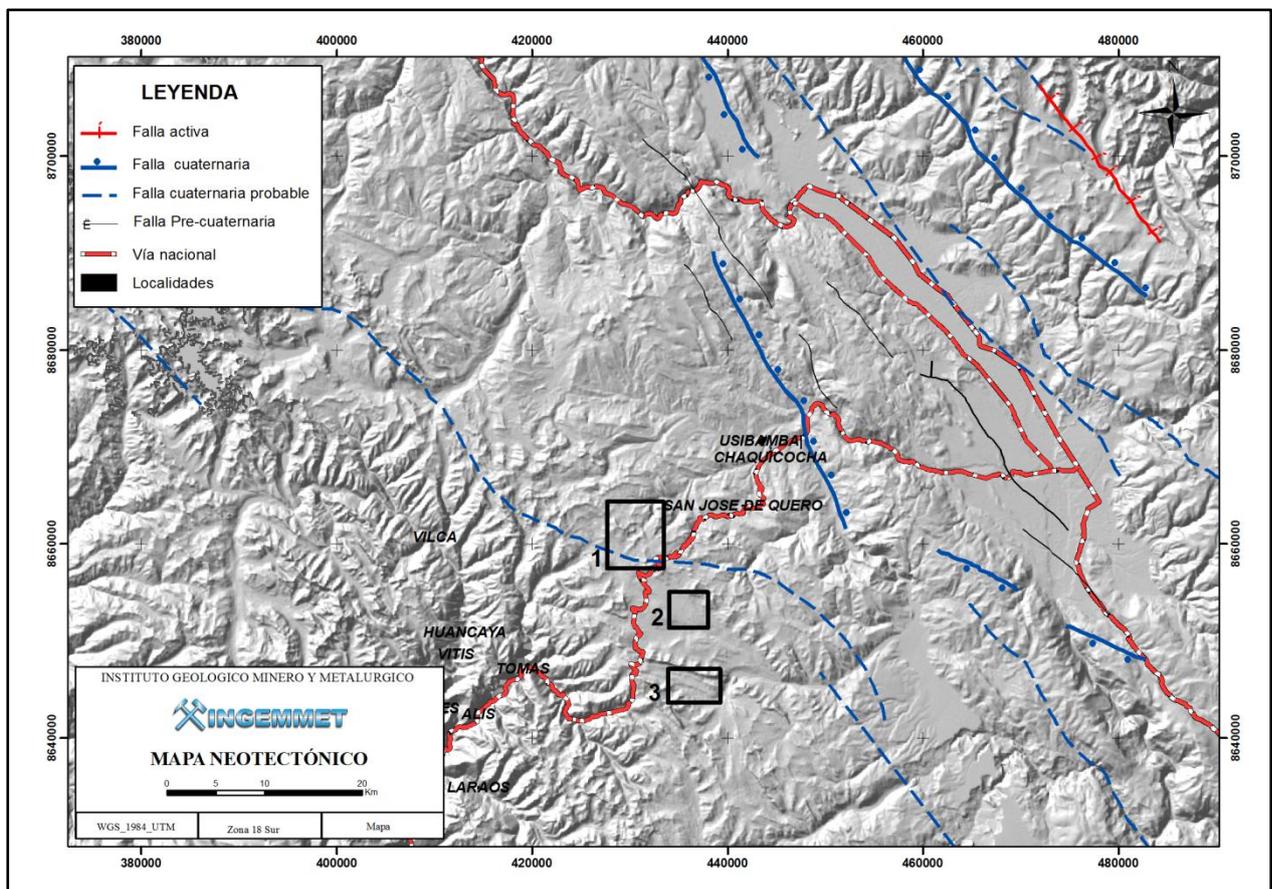


Figura 5. Aspectos neotectónicos con influencia en el área de estudio. Mapa Neotectónico del área de estudio, en línea color rojo se diferencia la falla Huaytapallana (Fuente: INGEMMET, 2009).

Para el diseño de la presa se debe tener en cuenta la acción sísmica, pudiendo esta generar inestabilidad tanto en la presa como en su cimentación. En presas o embalses de grandes dimensiones, sobre todo en zonas sísmicamente activas, como la peruana, debe considerarse el fenómeno de la sismicidad inducida. Este tipo de sismicidad tiene lugar cuando el nivel del embalse alcanza alturas del orden de 100 m, o bien la capacidad del embalse es superior a 100 millones de metros cúbicos.

El ejemplo más reciente de actividad sismotectónica en la región Junín, está relacionada a la falla Huaytapallana, que se ubica al pie de los nevados de la Cordillera del mismo nombre, a una altura de 4 500 metros. Está formado por dos segmentos de rumbo promedio N120° y buzamiento entre 60° y 70° hacia el noreste. Durante los sismos de Julio y Octubre de 1969 (6.9 y 7.0 de magnitud) la falla Huaytapallana se reactiva, generando dos segmentos, estos afectan morrenas cuaternarias (foto 8) y su substrato conformado por rocas volcánico-sedimentarias del Paleozoico superior (Grupo Mitu) al sureste y el granito de Sacsacancha al noroeste.

Los cálculos de parámetros del mecanismo focal de los sismo de 1969 utilizando registros de período largo obtenidos de la red sísmica mundial (WWSSN). El método de modelado de ondas de volumen es utilizado para estimar la orientación de la fuente (mecanismo focal), la profundidad del foco, las características del proceso de ruptura y la energía sísmica liberada por ambos terremotos. Los mecanismos focales obtenidos corresponden a fallas inversas con gran componente de desgarre y planos nodales orientados en dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste, buzando ambos con un ángulo de 50° aproximadamente, similar a los calculados por Suarez et al., (1983). La profundidad de sus focos es del orden de 5 km con momentos sísmicos de 10^{25} y 10^{26} dina-cm respectivamente.

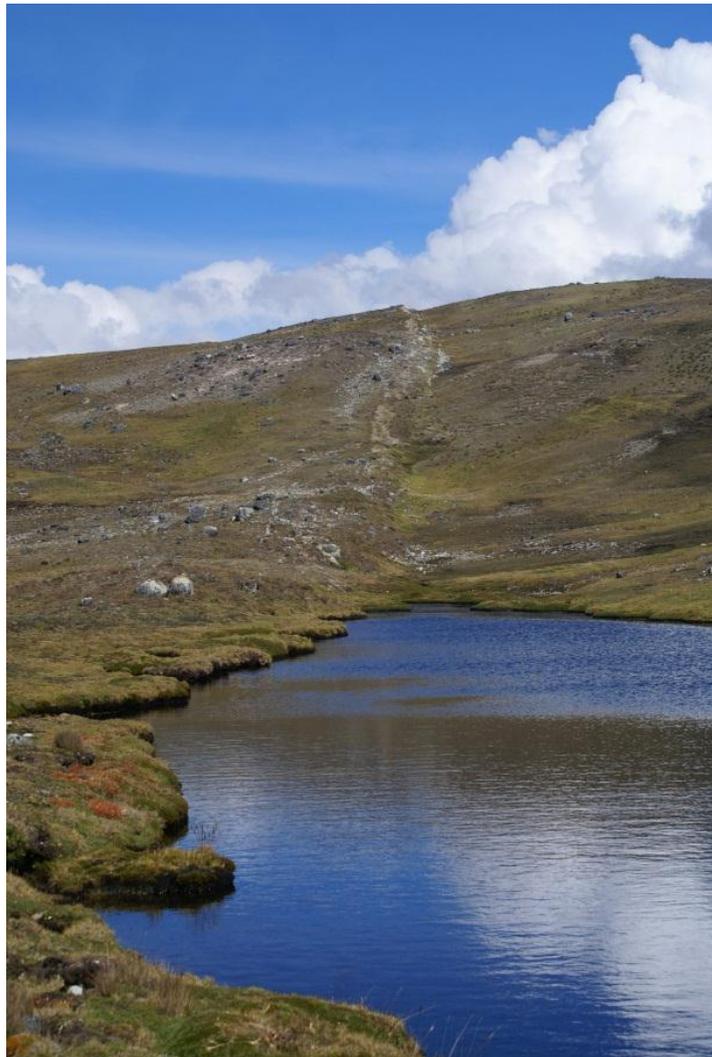


Foto 8. Vista de la escarpa de falla activa de Huaytapallana.

7. ASPECTOS GEOAMBIENTALES

Desde el punto de vista geoambiental una franja de estratos de dirección noroeste-sureste, con presencia de capas delgadas de carbón han sido explotadas en el pasado y aparentemente las actividades se han reactivado (ver figuras 6 y fotos 9 y 10). Se aprecia drenaje "ácido" en algunas de las labores antiguas que drenan hacia las lagunas ubicadas entre Negro Bueno y la 54, así como en el sector de Turupaccha.



Figura 6. Vista satelital que muestra drenaje ácido generado en minas de carbón que drenan o vierten sus aguas a las lagunas Ayhuin. La vista inferior muestra el detalle de los impactos en la laguna superior y ésta a su vez que desagua hacia la laguna inferior.

Asimismo en la figura 7 puede apreciarse la distribución de ocurrencias minerales metálicas y no metálicas así como los sitios concesionados actuales.

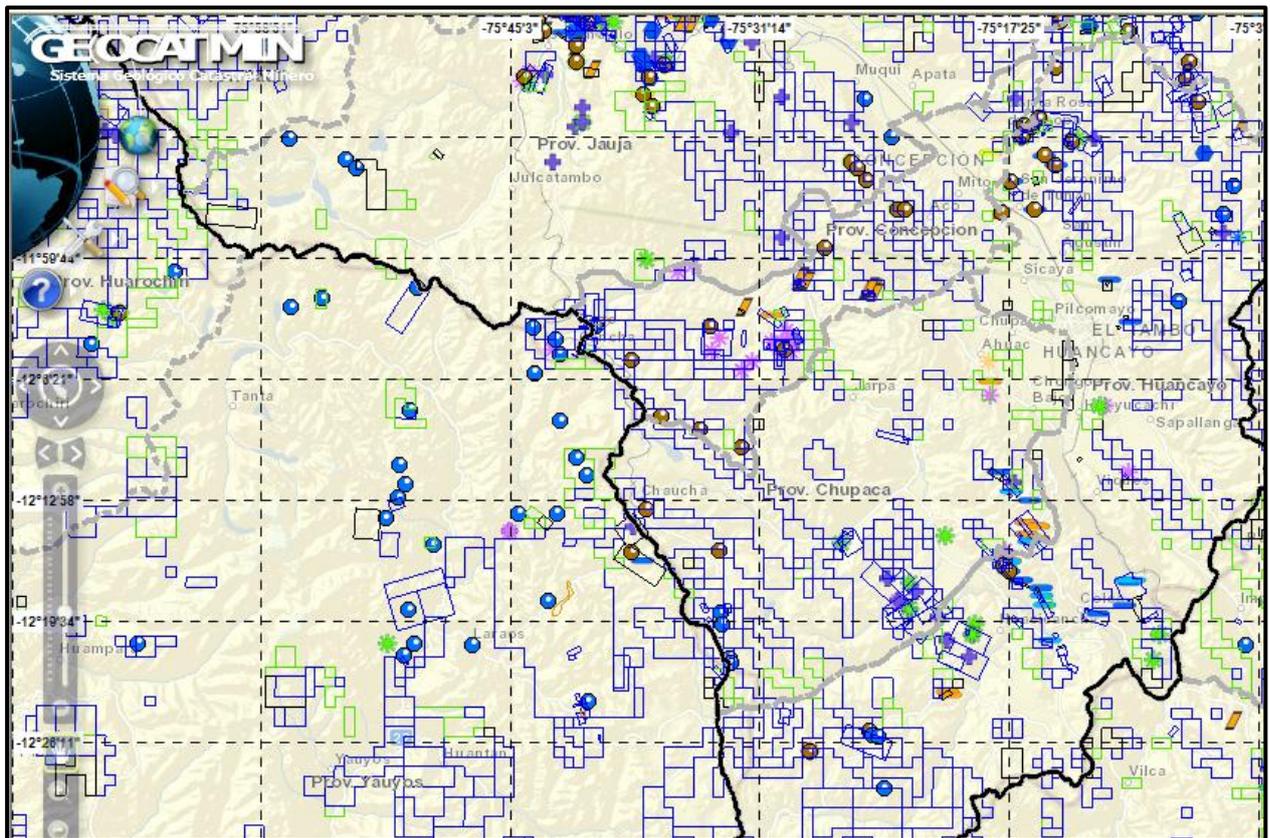


Figura 7. Ocurrencias minerales metálicas y no metálicas y concesiones mineras en el área evaluada. (Fuente: GEOCATMIN, INGEMMET en línea).



Debe considerarse además desde el punto de vista del medio físico, que la zona evaluada colinda o se encuentra muy cerca de la zona de amortiguamiento de la Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochas (RPNYC)²; un pequeño sector del distrito de San José de Quero se encuentra dentro de la zona de amortiguamiento (SERNANP, 2006). La laguna Chicchicocha se encuentra en la jurisdicción del distrito de Tomas, provincia de Yauyos en la zona de amortiguamiento de la RPNYC (ver figura 8). Las lagunas Negro Bueno, Ahuin y 54 están adyacentes a la zona de amortiguamiento. Si bien es cierto las aguas drenan hacia el río Cunas donde se benefician varias comunidades del distrito de Yanacancha, es indudable que existe un conflicto por el uso del agua del embalse actual, así como de las características ingenieriles encontradas que podrían perjudicar aguas abajo, cuando el embalse se encuentra en un nivel máximo de agua.

² Al este de la zona evaluada (Figura 6) se ubica el Área Natural Paisajística Yauyos-Cochas que fue creado mediante DS 033-2001-AG el 01 de mayo de 2001, tiene una extensión de 221,268.48 hectáreas, es considerada como una de las zonas de mayor belleza escénica del Perú. Destacan sus nevados como el Pariacacca, lagunas de aguas turquesas y cristalinas adornadas de bellas cascadas color blanco, cielo azul, profundos cañones y quebradas, bosques de queñuales y rodales de puyas Raimondi. Además, en la zona es posible encontrar complejos arqueológicos y gran diversidad de aves. Tiene como principal objetivo conservar la parte alta del río Cañete y la cuenca del río Pachacayo, así como los diversos ecosistemas que la conforman. Sus habitantes han aprendido a convivir armoniosamente con su entorno, y por supuesto, respetando la biodiversidad que existe en la zona.

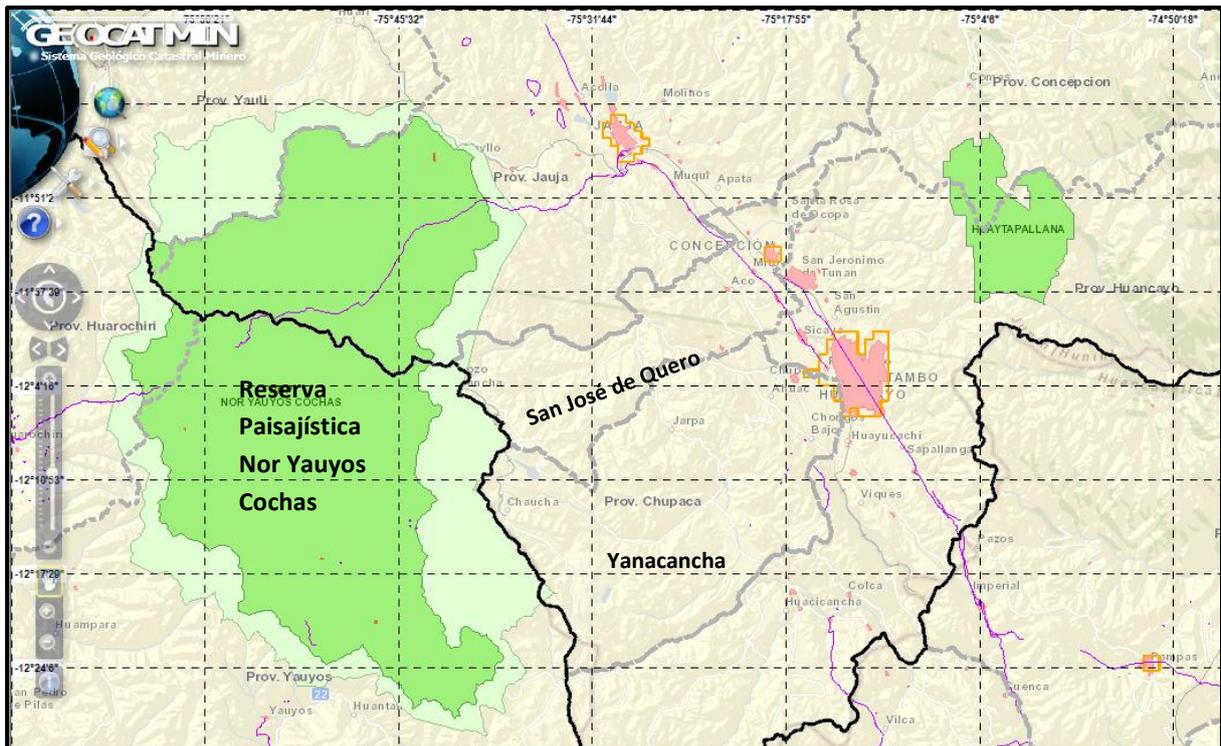


Figura 8. Áreas restringidas cercanas a la zona de estudio (Fuente: GEOCATMIN, INGEMMET en línea)

8. DESCRIPCION DE LOS SITIOS VISITADOS

A continuación se describirán las características geológicas observadas en cada sector visitado:

Laguna Negro Bueno: Tiene una longitud de 480 m por 226 m de ancho, no se conoce la profundidad, pero se observa que el estado actual del espejo de agua se encuentra a 3.5 m debajo de su nivel promedio. La laguna se ubica a 4590 m.s.n.m y se encuentra rodeada de rocas calizas con intercalaciones de niveles arcillosos negros y materia orgánica de las formaciones Pariatambo y Chulec, hacia la base de estas y como aparente roca reservorio se observaron areniscas de grano medio a fino de coloración blanquecina intercalada con microconglomerados de la formación Goyllarisquizga (Ver figuras 9, 3 y foto 9). Las capas buzcan o se inclinan en dirección noroeste.

Asimismo, no se observa escorrentía superficial ni evidencias de erosión en las quebradas que indiquen caudal constante. Pero sin embargo se observan que los depósitos cuaternarios glaciales, muy superficiales que cubren las rocas calizas se encuentran saturados de agua, debiéndose al grado de infiltración y conexión de fracturas que presentan el basamento rocoso. Por consiguiente creemos que la recarga de la laguna es producto de la permeabilidad secundaria. En la vertiente oeste de la laguna se aprecian depósitos coluviales originados por caída de rocas y vuelcos (foto 10).

En la margen este existe una zona de desagüe de la laguna cortado en las secuencias de la unidad Goyllarisquizga (Foto 11); aquí también se pueden apreciar los materiales glaciales que forman parte de la cobertura superficial cuaternaria.

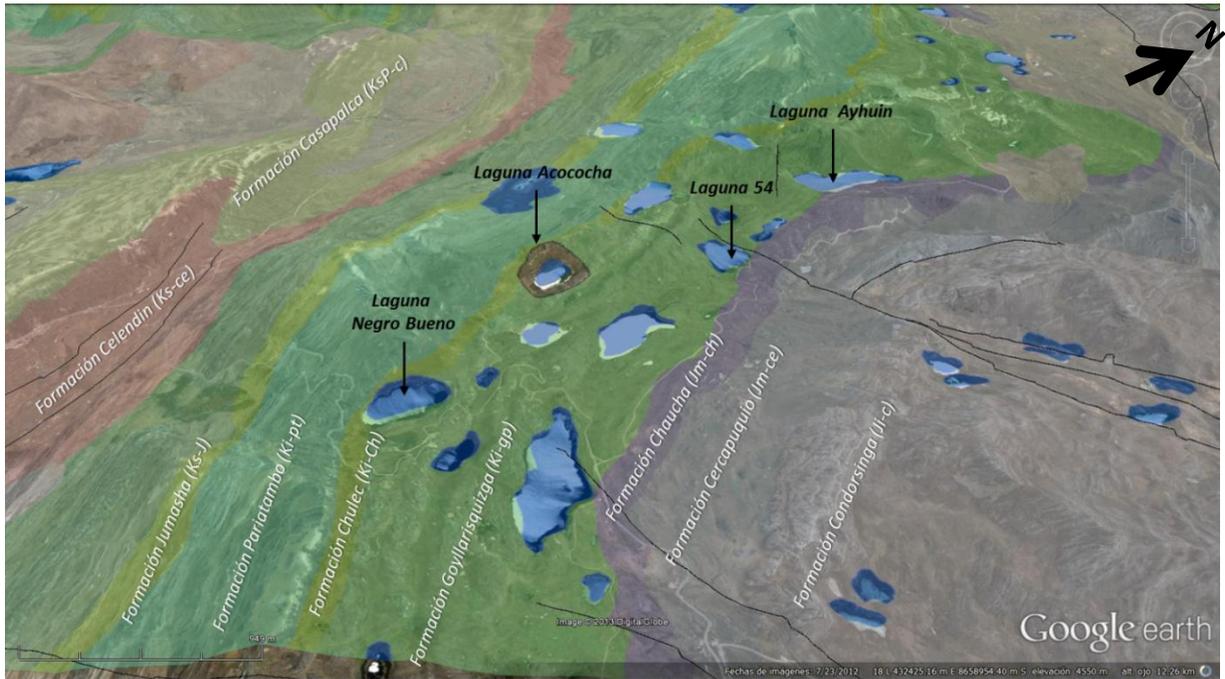


Figura 9. Imagen satelital que muestra las diferentes formaciones geológicas y el emplazamiento en ellas de las lagunas.



Foto 9. Formaciones geológicas en el vaso y laderas adyacentes a la laguna Negro Bueno.



Foto 10. Vista de la laguna Negro Bueno se aprecia en la ladera pequeñas caídas de rocas (caída por vuelco de los estratos de calizas de la Formación Pariatambo) que generan pequeñas acumulaciones coluviales al pie de la laguna. Se distingue además el nivel aparentemente inferior de la laguna.



Foto 11. La vista izquierda muestra en perfil la laguna, la cobertura superficial existente en la margen derecha de la laguna; la vista derecha muestra el drenaje o desagüe existente de la laguna cortado en areniscas y caliza.

Laguna 54 y Ayhuin: Las lagunas 54 y Ayhuin se ubican a 5400 m.s.n.m y a 2 000 m con dirección norte de la laguna Negro Bueno. Estas dos lagunas se encuentran rodeadas íntegramente sobre areniscas de grano fino, blancas, conglomerados y una sucesión de depresiones limo-arenosas o limo-carbonosas pertenecientes a la Formación Goyllarisquizga (ver figura 9 y foto 12).

La laguna 54 tiene una longitud de 328 m de longitud por 286 m, mientras que la Laguna Ayhuin tiene 803 m de longitud por 312 de ancho.



Foto 12. Vista de la laguna Ayhuin donde se observan rocas calizas de la formación Goyllarisquizga.

De la misma forma que la laguna Negro Bueno, no se observan escorrentía superficial alta, pero los depósitos cuaternarios se encuentran saturados de agua; esto es propio también de la infiltración y conexión de fracturas que presenta el basamento rocoso. Así mismo se puede observar zonas de debilidad, fallas, longitudinales a las lagunas, este puede ser un medio de recarga, pero a la vez de infiltración.

Sector Calcancho: Muestra un conjunto de pequeñas lagunas (Patococha, Chincanamachay y otras menores) y bofedales que drenan hacia el sector de la quebrada Manao/Jatun Huasi, afluentes del río Santa Rosa. Presencia de bofedales. El substrato rocoso inferior corresponde a secuencias de estratos del flanco suroeste de un anticlinal conformado por rocas de las formaciones Cercapuquio, Chaucha y Goyllarisquizga y cobertura glacial. Muestra una topografía irregular escalonada geofomas de colinas y pequeñas depresiones locales que drenan en dirección este (Ver figura 10 y foto 13).

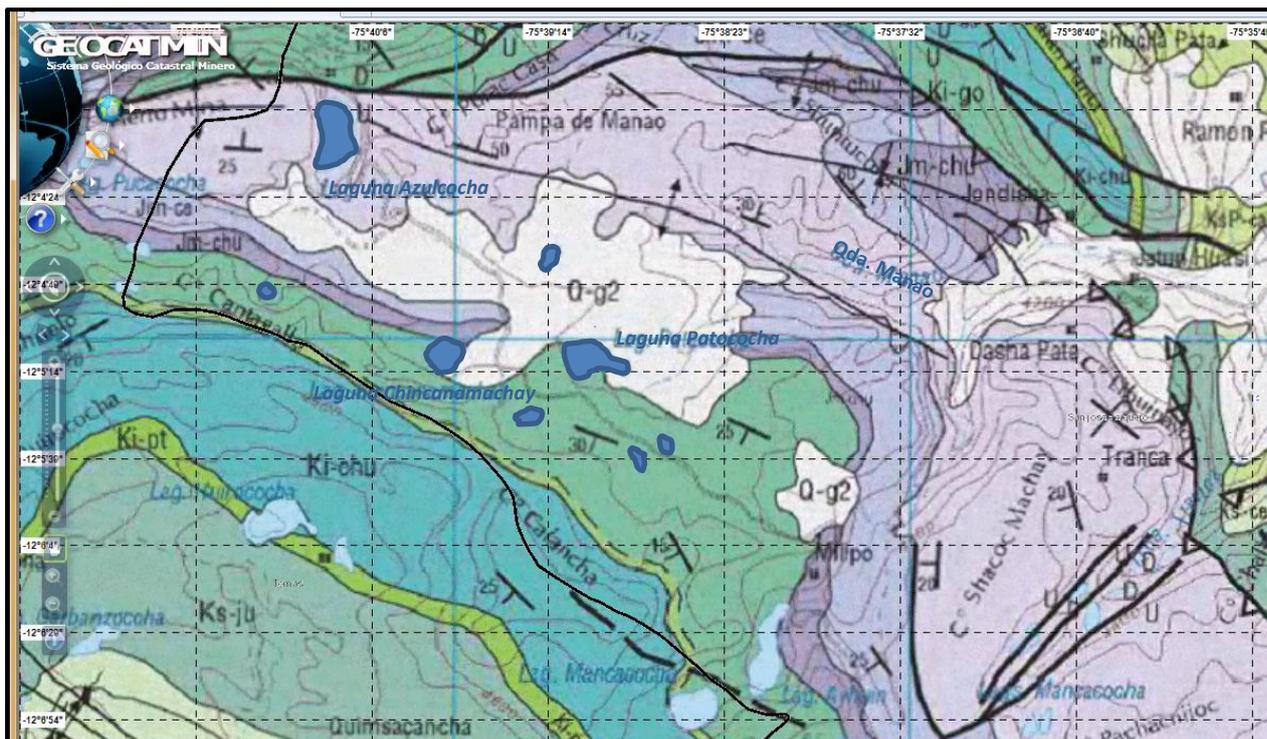


Figura 10. Geología en el sector de Calcancho.



Foto 13. Vista hacia el norte del sector de Calcancho.

Sector Turupajcha/Hualausuyo: Vertientes de aguas superficiales con régimen hídrico bajo y pequeñas lagunas. Drenaje hacia la quebrada Turupaccha/Apahuay (límite entre los distritos de San José de Quero y Yanacancha) que drenan hacia el río Sulcán. Se indica como una zona de represamiento que favorecería aguas abajo al distrito de Jarpa y anexos. La topografía muestra una zona de valle estrecho en la quebrada Turupajcha (aguas abajo), y de acuerdo al mapa geológico el substrato rocoso corresponde a secuencias de la Formación Condorsinga

Este sector recibe aporte de pequeñas lagunas y algunos bofedales ubicadas en la parte alta de la cordillera (ver foto 14). Si bien la cerrada topográfica, ubicada aguas abajo, puede ser favorable para un represamiento, será necesario realizar un análisis hidrológico e hidrogeológico de la zona de afianzamiento. Esto permitirá calcular el volumen de agua disponible. Asimismo es importante precisar, que en las vertientes superiores del área proyectada existen actualmente actividad minera (minas de carbón).



Foto 14. Vista panorámica de la vertiente superior que alimenta a la quebrada Turupajcha, posible ubicación de una presa para el beneficio de los distritos de Jarpa y anexos. En la foto inferior se resalta un detalle de las zonas de explotación de carbón en la zona.

Laguna Chicchicocha: Se ubica en un sector de altiplanicie a 4500 m.s.n.m. La comparación de imágenes satelitales históricas muestra un incremento de la superficie de espejo de agua de la laguna. Esta laguna es el origen de otras de menor dimensión como: Laguna Chacara y Yahuarcocha.

La laguna está emplazada sobre depósitos cuaternarios y sobre las capas rojas de la Formación Casapalca, siendo elevada la saturación de estas en todo su alrededor, hacia el lado oriental afloran las calizas de la Formación Jumasha con buzamiento opuesto a la pendiente, siendo determinante para la formación de la laguna y en una porción del lado sur calizas de la Formación Celendín (ver foto 5 y figura)

Actualmente el desagüe de la laguna es hacia el río Cunas. La zona de aliviadero ubicada en el sector sur de la laguna no presenta cimentación y cuando el nivel o espejo de agua sube a su máximo nivel, hay infiltración de agua formando "cangrejeras" aguas abajo (ver foto 15), de continuar este proceso de erosión y de subir el nivel de agua, podría producirse un flujo de detritos afectando las localidades que se ubican aguas abajo.

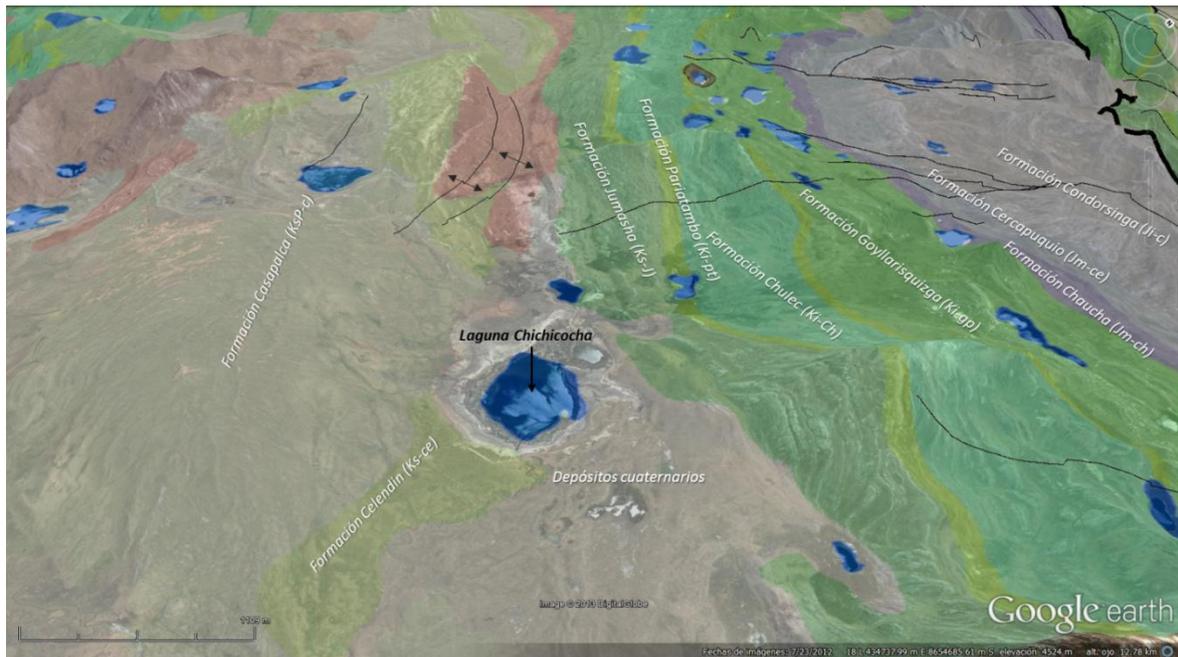


Figura 11. Imagen satelital que muestra la laguna Chichicocha y las rocas adyacentes.



Foto 15 y figura 12. Muestra el sector sur de la laguna (aliviadero), con presencia de cangrejerías.

Laguna Huascacocha: Se ubica a 4400 m.s.n.m. Geológicamente se encuentra en el flanco oriental de un anticlinal donde afloran la **Formación Condorsinga (Ji-co)**, constituidas por calizas en bancos regulares cuyos espesores varían entre 0.2 a 1 m, pudiendo llegar excepcionalmente a 3 m; la **Formación Cercapuquio (Jim-ce)**, compuesta

por areniscas de grano fino a grueso y microconglomerado; la **Formación Chaucha (Jm-Ch)** suprayace a la Formación Cercapuquio y está compuesta por lodolitas, limolitas calcáreas, calizas y escasas areniscas con cemento calcáreo; seguida de areniscas de grano fino, blancas, conglomerados y una sucesión de depresiones limo-arenosas o limo-carbonosas pertenecientes a la **Formación Goyllarisquizga (Ki-go)**. Suprayaciendo se observa la **Formación Chulec (Ki-Ch)** compuesta por arcillas calcáreas de color gris oscuro, lodolitas calcáreas arcillosas, calizas en bancos gruesos de 1 a 4m. La **Formación Pariatambo (Ki-pt)** compuesto por rocas arcillo-calcáreas, dolomitas y calizas con materia orgánica (ver figuras 13 y 2). Finalmente, depósitos cuaternarios fluvio-glaciares producto o relacionados con glaciaciones y cuyas acumulaciones formaron morrenas, en forma de crestas conspicuas en el terreno; asimismo se observaron depósitos de aluviales y coluviales Tragadero en la margen derecha de la laguna. Las rocas que conforman este anticlinal se encuentran fracturadas, es por ello la presencia del tragadero. El sistema de valles y cuestas que forman el flanco del anticlinal ha originado una depresión o cerrada de aproximadamente 2410 m de largo por 450 m promedio de ancho.

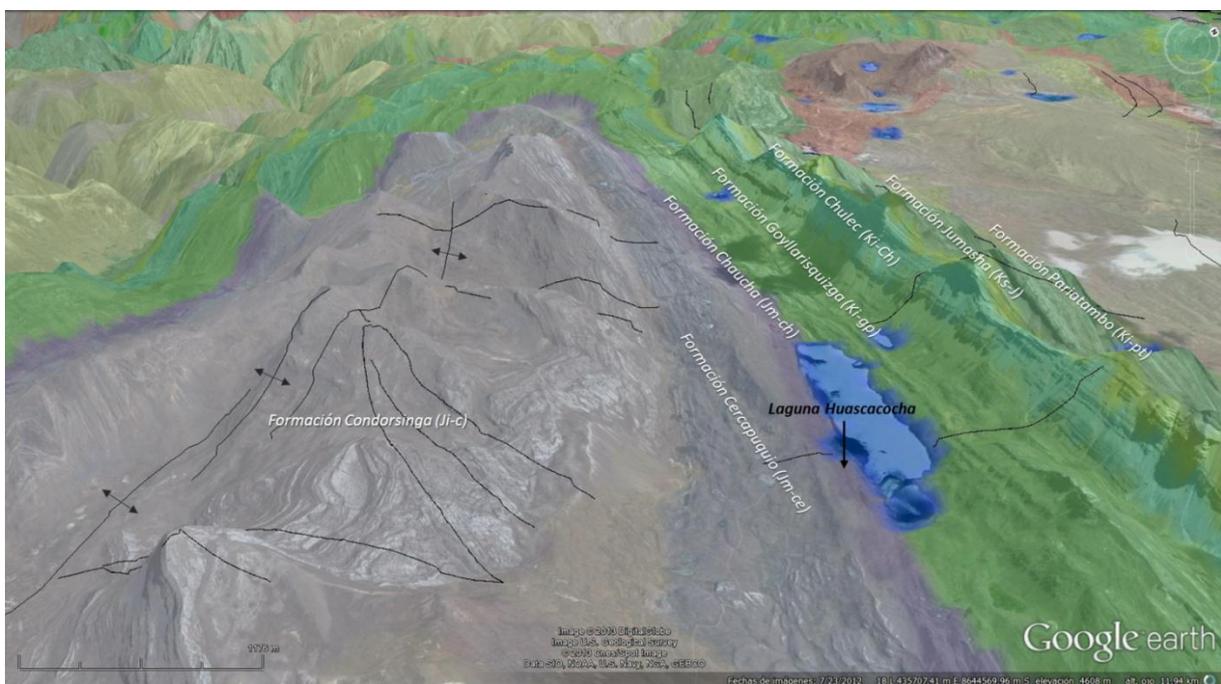


Figura 13. Vista de la geología existente en los alrededores de la laguna Huascacocha.

Sector Mesapata: Se ubica en la terminación sur del anticlinal Huascacocha, en la quebrada Llacsca donde el valle se hace más angosto y cuyas aguas drenan hacia el río cachi. Afloran mayormente las rocas de las formaciones Chulec, Jumasha y Pariatambo, parte terminal sur del anticlinal de Huascacocha, que cruza diagonalmente la quebrada Llacsca donde el valle se hace más angosto y topográficamente generada una cerrada propicia para un represamiento (figura 14).

El valle muestra abundante presencia de agua (manantes) en ambas vertientes y están relacionadas a la estratificación oblicua al valle (figura 15). Esto genera bofedales y escorrentía superficial. Aparentemente parte de esta escorrentía provendría de la zona de “tragadero” de la laguna Huascacocha. Este sector podría constituirse una zona potencial para la construcción de una represa, teniendo en cuenta los criterios técnicos (hidrogeológicos y geotécnicos). Requiere un mayor estudio geológico-hidrogeológico de detalle e incluso geofísico.

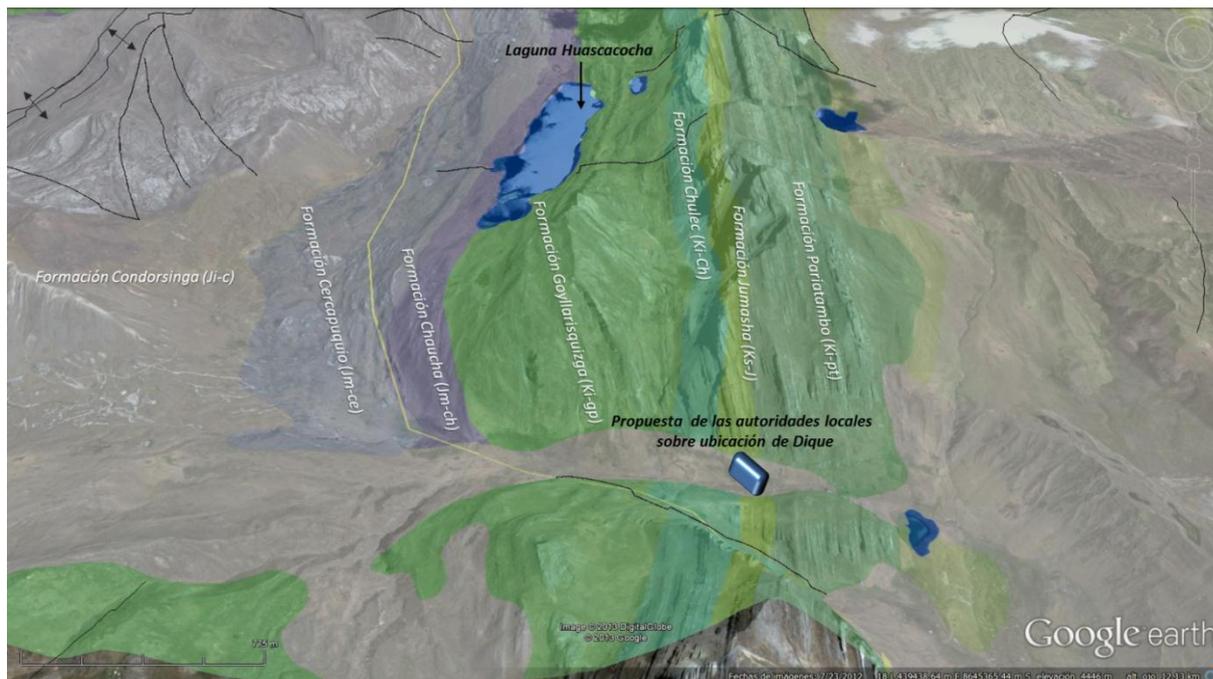


Figura 15. Esquema geológico del área de Mesapata, valle superior del río Cachi.

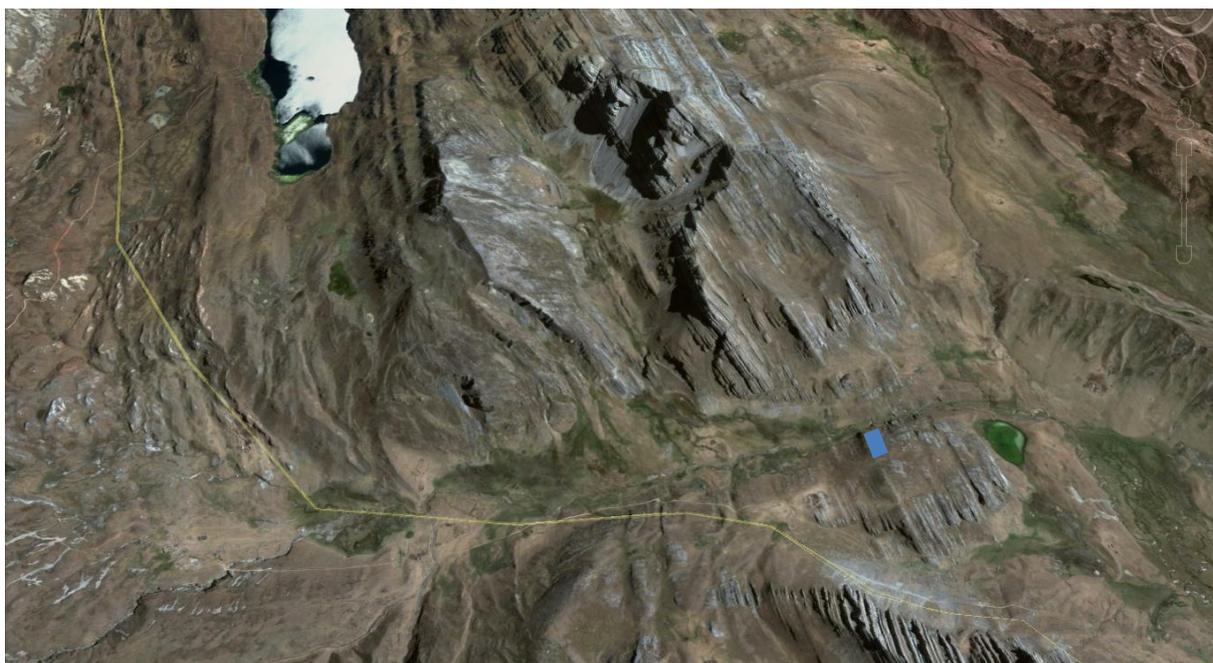


Figura 16. Valle superior del río Cachi, zona propuesta para represamiento. La zona de aparición de manantiales está estrechamente relacionada a la dirección de la estratificación

9. CONDICIONES GEOLÓGICO-GEOTÉCNICAS MÍNIMAS PARA LA UBICACIÓN DE UNA PRESA: FASE DE VIABILIDAD

Las presas constituyen una de las obras de ingeniería muy importantes para el desarrollo local, regional o nacional de un país, teniendo en cuenta las diferentes finalidades del embalse (agrícola, riego, hidroenergético, afianzamiento hídrico, etc.).

Los problemas medioambientales a considerar para descartar una nueva construcción de este tipo son: a) Colmatación de sedimentos; b) Erosión o pérdida de suelos; c)

Deslizamientos; d) Sismicidad inducida; e) Efectos climáticos locales; f) Modificación de la dinámica fluvial. Otro punto importante a considerar es la seguridad de la presa, en donde la geología constituye uno de los temas de investigación más importantes (mecánica de rocas e ingeniería geológica).

Los estudios geológicos y geotécnicos de presas se desarrollan en concordancia con la fase en la que se encuentra el proyecto y construcción de ésta. La secuencia normal de estudios para alcanzar esto es la siguiente:

1. **Previos de factibilidad**, que permiten establecer la viabilidad de la presa, el cual se basa en: a) Ausencia de riesgos geológicos (deslizamientos, carstificación, fallas activas en la cerrada en zonas de alta sismicidad); b) Condiciones geomorfológicas, de la cerrada adecuados para la posible construcción de la presa.
2. **De soluciones y de anteproyecto**, que aportan criterios geológicos para la selección del tipo de presa y cerrada más adecuada, dentro de los cuales se toma en cuenta: a) Disponibilidad de materiales de construcción; b) Resistencia, estabilidad y permeabilidad de la cimentación; c) Estabilidad de las laderas del embalse; d) Hidrogeología del embalse; e) Condiciones sismotectónicas.
3. **Para el proyecto de construcción**, aportando criterios geológico-geotécnicos para el diseño de la presa y estructuras auxiliares (geotecnia detallada), sísmica y neotectónica, etc.
4. **Control geológico-geotécnico durante la construcción**, donde se verifica las condiciones geológicas encontradas durante la construcción.
5. **Seguimiento durante la explotación**, que permite la vigilancia del comportamiento del terreno y la presa puesta en funcionamiento.

En el cuadro siguiente (cuadro 1) resumen las diferentes fases descritas.

Cuadro 1. Investigaciones geológico-geotécnicas en las diferentes fases de un proyecto de presa

Fase del proyecto	Estudios geológico-geotécnicos mínimos	
Viabilidad de soluciones y de anteproyecto	Estudios geológico regionales	Investigación geológica
		Impermeabilidad del vaso
		Estabilidad de laderas
		Subsidencias
		Préstamos de material a usar
	Estudios previos de cerradas	Estructura geológica
		Reconocimiento geofísico
		Permeabilidad
Proyecto de construcción	Caracterización de la cerrada	Macizos rocosos
		Suelos
	Problemas específicos	Resistencia y deformabilidad
		Permeabilidad
		Obras auxiliares
	Otros problemas	
Durante la construcción	Desvío del río Excavaciones, construcción	Cartografía detallada
		Controles geofísicos
		Ensayos de resistencia y deformabilidad
		Ensayos de inyectabilidad
		Otros reconocimientos
		Archivo técnico de la presa
Explotación y uso de la presa	Estudios de evaluación	Primer llenado
		Situaciones de emergencia
		Resolución y análisis de la seguridad
		Presas con archivo técnico deficiente
		Abandono de presas

Fuente: Tomado de González de Vallejo, et.al., 2002.

Definitivamente para los objetivos y alcance del presente informe y tomando en cuenta el cuadro anterior, podemos afirmar que nos encontramos dentro de la fase 1.

El desarrollo de las investigaciones in situ (campo y gabinete), para un estudio previo y de viabilidad se detalla a continuación en el siguiente cuadro (ver cuadro 2) y deben ser el punto de partida para continuar con las siguientes fases. Constituyen la parte esencial de los estudios geológico-geotécnicos necesarios para el proyecto cuyos resultados representan un punto crítico para las estimaciones del costo del proyecto constructivo definitivo.

Cuadro 2. Investigaciones geológico geotécnicas insitu para la fase de estudios previos y de viabilidad de un proyecto de represamiento

Fase del proyecto	Actividades características	Investigaciones geológico-geotécnicas	Detalle de las actividades
Estudios previos y de viabilidad	Revisión de información	Topografía y relieve	Mapas topográficos IGN; COFOPRI. Fotos aéreas SAN e imágenes satelitales (CONIDA)
		Hidrología y pluviometría	SENAMHI
		Hidrogeología	Publicaciones de INGEMMET; estudios particulares
		Mapas geológicos regionales	Boletines INGEMMET
		Historia geológica	Boletines INGEMMET
		Sismicidad y otros riesgos geológicos	Estudios de IGP, INGEMMET u otros (tesis).
	Fotointerpretación pre-campo	Fotos aéreas e imágenes satelitales	Zona del proyecto y áreas limítrofes
		Geomorfología	Red de drenaje, geoformas
		Litologías y estructuras	Contactos litológicos, estructuras
		Riesgos geológicos	Deslizamientos; fallas activas, carst.
		Cartografía geológica de síntesis	Resumen del análisis y revisión de la información disponible.
	Visita y reconocimiento de campo	Reconocimiento de suelos y rocas	Tipo, composición; contactos; zonas de alteración en las rocas. Muestreo de suelos
		Fallas y estructuras	Sistemas de fracturas, diaclasas, estratificación, etc.; fallas
		Datos hidrogeológicos, drenaje	Inventario de manantiales, zonas de bofedales; pruebas de permeabilidad
		Geomorfología y geodinámica, estabilidad de laderas, subsidencias, karst, inundaciones	Condiciones geomorfológicas, procesos activos y evolución morfológica del terreno; áreas de erosión, deslizamientos, karst.
		Problemas geoambientales	Minería, Uso de suelo.
		Accesos y situación de investigaciones insitu	Localización de caminos y vías de acceso, disponibilidad de agua, sitios para efectuar calicatas, sondeos, etc.

Fuente: Adaptado de González de Vallejo, et.al., 2002.

Considerando los aspectos señalados en el cuadro 2, podemos apreciar que parte de los puntos 1 y 2 se pueden cubrir en un 70%, con el presente informe y la inspección rápida realizada. Sin embargo el punto 3 requiere de una visita amplia de reconocimiento de campo, con la participación de varios especialistas que permita obtener información geológica, hidrogeológica, estructural, geomorfológico-geodinámica.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El proyecto de construcción de una presa o embalse requiere de estudios de ingeniería básica, donde la geología es un elemento vital para la toma de decisiones técnicas en la elección adecuada del lugar, tipo de presa a construir y la seguridad de la misma.
2. La zona evaluada hidrográficamente forma parte de las subcuencas de Santa Rosa y Cachi/Llame del río Mantaro. El potencial de los recursos hídricos superficiales y subterráneos es desconocido por lo cual se requiere una evaluación hidrológica de las subcuencas.
3. Geológicamente en la zona se encuentran rocas sedimentarias de edades jurásico-cretácicas. Las litologías dominantes son afloramientos de calizas de diferentes formaciones geológicas (Condorsinga, Chaucha, Chulec, Pariatambo, Jumasha, Celendín), areniscas, lutitas y conglomerados en menor proporción (Goyllarisquizga y Cercapuquio) y una mezcla de Capas Rojas (Formación Casapalca).
4. Morfoestructuralmente la tectónica y evolución andina ha generado relieves plegados (anticlinales y sinclinales) con dirección NO-SE, expresados en alineamientos montañosos y depresiones alargadas con presencia de lagunas (caso Huascacocha, Negro Bueno y otras menores. Las montañas se levantan desde altiplanicies y superficies onduladas (colinas y lomadas sedimentarias) formadas por relieves suaves hasta planos con cobertura glacial y residual.
5. No se evidencian grandes procesos geodinámicos de movimientos en masa en la zona. Generalmente se aprecian depósitos de caídas de rocas (y vuelcos), pequeños derrumbes, reptaciones de suelos en zonas saturadas. Asimismo no se han evidenciado la presencia de fallas activas.
6. El proyecto de construcción de presas en calizas requiere estudios geológicos de detalle (cartografía mínima a escala 1: 25000 o mayor), hidrogeológicos y geofísicos sustanciales para descartar problemas de infiltración de aguas, presencia de carstificación en profundidad.
7. Entre los aspectos geoambientales del medio físico a considerar se tiene la presencia de minería, principalmente no metálica en el área (explotación de carbón) con una aparente impacto negativo en la calidad de las aguas en algunos sectores que es importante descartar y la ubicación de la zona cercana a la zona de amortiguamiento de un área natural protegida (RPNYC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

González, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. (2002) – Ingeniería geológica. Pearson Educación, Madrid, 2002., 744 p.

Megard, F., Caldas, J., Paredes, J. y De La Cruz, N. (1996) – Geología de los Cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 69, 292 p.

INRENA (2006) - Reserva Paisajística Nor Yauyos Cochabamba: Plan Maestro 2006-2011. *Instituto Nacional de Recursos Naturales*, Lima, julio 2006. 245 p.

UNC (2011) - Informe de Plan de Ordenamiento Territorial del distrito de San José de Quero. Trabajo de maestría en gestión ambiental y desarrollo sostenible, Huancayo. *Unidad de Post Grado de la Facultad de Ciencias forestales y del Ambiente, Universidad Nacional del Centro*, Huancayo, 2011. (Consulta: 25 de mayo de 2013). Disponible en línea: www.slideshare.net/josesaraviaticona/ordenamiento-territorial-de-san-jos...