

# Geomorfología y estratigrafía del área de la cuenca del río Mishca (distrito Canarias, provincia de Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho)

GEOMORPHOLOGY AND STRATIGRAPHY AREA RIVER BASIN MISHCA (CANARIAS DISTRICT, PROVINCE OF VICTOR FAJARDO, AYACUCHO DEPARTMENT)

Marko Eduardo Castañeda Zavaleta<sup>1</sup>

RECIBIDO: 14/10/2013 – APROBADO: 20/12/2013

## RESUMEN

La cuenca alta del río Mishca ubicada en la provincia Víctor Fajardo, distrito Canarias del departamento de Ayacucho, morfológicamente se ubica en el sector de los valles interandinos; geológicamente se ubica en el lado occidental de la cordillera Oriental, en el cual el dominio principal es de unidades pertenecientes al Paleozoico y Mesozoico los cuales corresponden a las siguientes unidades litoestratigráficas: Grupo Mitu (Pérmico superior-Triásico), Grupo Pucara (Triásico superior-Jurásico inferior), Formación Chunumayo (Jurásico medio); en lo referente al magmatismo es el intrusivo de Querobamba que pertenece al ciclo magmático del Paleozoico superior. Toda esta sucesión estratigráfica es cubierta de manera discordante por depósitos recientes del Cuaternario.

**Palabras clave:** Estratigrafía, Geomorfología, Paleozoico, Ayacucho.

## ABSTRACT

The high parts of Mishca river basin located in the province Victor Fajardo, district Canarias of Ayacucho department, morphologically is located at interandean valleys sector; geologically in the western side of Eastern Cordillera, whose main structural dominium belongs to units from Paleozoic and Mesozoic Ages, with the litostratigraphic units: Mitu Group (Upper Permian- Triassic), Pucara Group (Upper Triassic-Lower Jurassic), Chunumayo Formation (Middle Jurassic); magmatic activity is represented locally by Querobamba Granite related to Upper Paleozoic magmatic cycle.

**Keywords:** Stratigraphy, Geomorphology, Paleozoic, Ayacucho.

<sup>1</sup> Dirección de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos de la Autoridad Nacional del Agua  
Correo electrónico: mcastaneda@ana.gob.pe.

## I. INTRODUCCIÓN

Inicialmente se describen aspectos relevantes concernientes a la evolución geológica de los Andes, poniendo énfasis en los aspectos relacionados al área de estudio y las alteraciones sufridas desde el Mesozoico, así como también a los procesos de geología estructural y tectonismo presentes en la configuración andina y altiplánica de la zona de estudio. En este artículo se mencionan las principales características estratigráficas de los afloramientos correspondientes al sistema Paleozoico y Mesozoico que afloran a lo largo del río Mishca.

Las características estructurales que se observan son como producto de las fases tectónicas ocurridas durante el Paleozoico, los cuales son heredados durante la tectónica de estructuración andina.

Finalmente se establecen las conclusiones a las que se ha llegado por medio de la inferencia de los datos obtenidos y datos menores que podrían ser usados en la elaboración de estudios posteriores al presente.

## II. ANTECEDENTES

Sobre la zona de estudio los estudios geológicos son escasos, solo se cuentan con trabajos de carácter regional, como son los trabajos de la carta geológica y los realizados de programas en conjunto como los del ORSTOM (hoy IRD)-INGEMMET.

Regionalmente se tiene las descripciones generales de Steinmann (1927) en el que regionalmente se trata de paleozoico de la región de Pampas y Huanta; posteriormente el trabajo de Marocco (1978) en su trabajo sobre la deflexión de Abancay, de las altiplanicies entre Cuzco y San Miguel, presenta la estratigrafía sobre el Paleozoico y Mesozoico de esta región con importantes correlaciones en la región interandina, de manera especial en el aspecto tectónico sobre la deflexión de Abancay.

Es en la década de los años 90 en el que los trabajos de la carta geológica nacional (LAGESA, 1996) en el relevamiento de la carta geológica de los Cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña, trata los aspectos estratigráficos y tectónicos de esta región de manera regional con importantes correlaciones regionales especialmente para las unidades del Mesozoico.

Palacios (1994) en *Geología de los cuadrángulos de Chocorvos y Paras* se trata sobre la estratigrafía del Mesozoico (Jurásico y Cretáceo) y Cenozoico del que se tiene amplios afloramientos, siendo el paleozoico de poco desarrollo.

Marocco (1975) en *Geología de los Cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas*, en el cual se hace énfasis en los aspectos estratigráficos en las unidades del Paleozoico y Mesozoico siendo de poco desarrollo las secuencias del Cenozoico.

Recientemente Castañeda (2013) en su trabajo de tesis sobre el análisis hidrogeoquímico de la cuenca del río Mishca (distrito Canarias, provincia de Víctor Fajardo, hace un estudio geológico regional de la cuenca hidrográfica enfocando en la geomorfología con importantes datos sobre la estratigrafía de la zona.

Cama y Paucarima (2004) en el proyecto Qhapaq Ñan-Proyecto Piloto Vilcashuamán, describe importantes datos sobre la estratigrafía de la zona especialmente en lo referente a las sucesiones estratigráficas como así sobre el granito de Querobamba.

En los trabajos sobre arqueología (Chávez, 1989; Huamani, 1998 y Leoni, 2007) describen algunos aspectos sobre la geografía física y tipo de terrenos del cuaternario sobre el que asientan los restos arqueológicos de la región de la provincia de Víctor Fajardo.

La zona de estudio forma parte del conjunto de rocas sedimentarias carbonatadas depositado durante el Jurásico superior, las secuencias de rocas carbonatadas clasificadas regionalmente como Grupo Pucará, unidad litoestratigráfica extendida en gran parte de nuestro país y que alberga muchas veces depósitos mineralizados con contenidos económicamente interesantes y que podrían ser explotados, actividad que podría ser redituable no solo para las comunidades localizadas en la zona sino también puede generar impactos sociales positivos con respecto a actividades de desarrollo sostenible.

Existen depósitos minerales asociados al Grupo Pucará con contenidos de plomo, zinc, plata y oro, dicho grupo es considerado como uno de los metalotectos contribuyentes a los diversos depósitos encontrados en el área poscordillerana.

## III. METODOLOGÍA

Los trabajos de campo fueron desarrollados en el río Mishca y sus principales afluentes, este río se ubica en el sector central de la provincia Víctor Fajardo, en el departamento de Ayacucho y constituye un afluente importante del río Sondondo, a su vez participante en la formación de la cuenca del río Pampas, atravesando unidades litológicas distintas, como la Formación Chunumayo, los grupos Pucará y Mitu, y en su tramo final la unidad granítica correspondiente al Batolito Querobamba. Para ello se siguieron procesos de toma de muestras en aguas, en puntos estratégicos del cauce del río Mishca así como también en zonas de confluencia con otras quebradas importantes y con afluentes provenientes del subsuelo, habiendo hecho una clasificación tipo para las aguas superficiales y las aguas con recorrido subterráneo.

### 3.1 Generalidades

Las características fisiográficas del territorio peruano han sufrido modificaciones durante millones de años que han dado a lugar a las distintas regiones que caracterizan a nuestro actual relieve (Chala, Yunga, Quechua, etc.), dichos fenómenos de distintos orígenes han ocurrido en diversas zonas de la corteza, ya sean por procesos superficiales de corta duración así como subsuperficiales que involucren periodos de tiempo con rangos y áreas de influencias mayores.

Caracterizada por presentar relieves contrastantes, el área de estudio varía en altitudes que superan los 3000 hasta los 3800 msnm y en recorridos que superan los 20 km, atravesando zonas con rocas de distinta naturaleza, ya sea ígnea o sedimentaria.

### 3.2 Ubicación del área de estudio

La cuenca del río Mishca se enmarca políticamente en la jurisdicción del departamento de Ayacucho, en la provincia Víctor Fajardo, distrito Canarias. En las estribaciones a lo largo del río Mishca se encuentran las comunidades campesinas de Apongo, Taca, Uyuccasa y Canaria (Figuras N.º 1a y 1b).



### 3.3 Accesibilidad

El acceso al área del proyecto, realizándola por vía terrestre, desde Lima, se efectúa a través la carretera Panamericana Sur hasta la localidad de San Clemente (Pisco). Luego se continúa por una vía asfaltada, en dirección Este, conocida como Vía Los Libertadores, hasta la ciudad de Huamanga, cubriendo una longitud de 550 km. Se continúa



Figura N.º 1. Caracteres geomorfológicos de la cuenca del río Mishca, a y b) ubicación de la zona de estudio; c) Zona de Transición Meseta-Valle, observándose en primer plano la discordancia entre el Granito de Querobamba y el Grupo Mitu; d) Bloques rocosos en el lecho de la quebrada Rajaure; e) Poblado Apongo expuesto a abarrancamientos y cárcavas en su parte inferior, hacia el valle del Mishca; f) Afloramientos del Grupo Mitu en el tramo medio del río Mishca.

mediante una carretera afirmada que une las localidades de Condorcocha, Morochucos, Pampa Cangallo, Cangallo, Huancapi, Canaria y Taca cubriendo una distancia adicional de 200 km.

Existe otra forma de acceder, mediante la Panamericana Sur, hasta llegar hacia Nazca, luego existe un desvío mediante la vía que conduce hacia Puquio; luego otro desvío en la meseta cordillerana a través de una trocha carrozable (en algunas zonas afirmada), dirigiéndose hasta los poblados de Apongo y Canarias, alrededores del área de estudio.

### 3.4 Geografía

Las características geográficas de la zona de estudio pertenecen a la zona interandina o valle post andino, adyacentes a la meseta noroccidental del Altiplano peruano, entorno que ha sido modelado por los procesos de geodinámica con orígenes en la actividad tectónica que sufre la cadena andina a raíz del proceso de levantamiento de este conjunto orogénico y también por los procesos modeladores del entorno superficiales, como son las lluvias, los drenajes, las variaciones climáticas extremas y otros (Tosi, 1960; ONERN, 1976).

La altura máxima o cota de origen está a 4570 msnm, en la quebrada Rajaura, cauce originario del río Mishca, que a una cota de 2950 metros, drena hacia el río Sondondo.

El recorrido total del río Mishca es de 10 kilómetros, con una pendiente promedio de 13.72 %, abarcando una cuenca de aproximadamente 25.11 km<sup>2</sup>. El centro poblado más cercano al área del proyecto es el Anexo de Raccaya, ubicado hacia la margen derecha del río Mishca, en la parte alta de la cuenca.

### 3.5 Aspectos geomorfológicos

El área de estudio se ubica en la unidad Geomorfológica denominada Valle Angosto, la cual se caracteriza por presentar flancos con fuerte pendiente que varían de 35° hasta 60° en promedio, en algunos lugares tienen 85°, presentando un perfil transversal en "V".

Por tratarse de cauces recientes, estos valles carecen de terrazas fluviales, la llanura de inundación del río en las zonas de origen tiene un ancho promedio de 20 m, la gradiente hidráulica promedio del río Mishca es 9 %.

## IV. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Las unidades geomorfológicas en esta parte de los andes se ha realizado siguiendo la relación de erosión de los principales ríos para formar valles profundos, mesetas disectadas, vegetación presente en los diversos pisos altitudinales (Holdridge 1947) y tipos de climas presentes en el área (Tosi, 1960; ONERN, 1976; Brack y Mendiola, 2000).

### 4.1 Zona de transición meseta-valle

Con altitudes superiores a los 3800 msnm, es la zona de alimentación hídrica del área de estudio, se caracteriza por tener fuertes pendientes, con ángulos de inclinación mayores a los 40°, existen grandes zonas donde se realiza la acción erosiva de las lluvias, que debido a la falta de compactación del material cuaternario, mayormente arcillas y suelos poco consolidados, se deforman y definen

cárcavas, con riesgos altos de derrumbes, deslizamientos y existencias de zonas de contacto, reaccionantes ante la saturación de agua (Figura N.º 1c).

La mayor parte del terreno está cubierta de vegetación, lo que de algún modo impide la aceleración del proceso erosivo, por parte de las aguas.

Existen quebradas, cauces de agua recientes, que en sus lechos contienen bloques rocosos grandes mayores a los 2 metros de diámetro, provenientes de las zonas más altas, de variada litología.

### 4.2 Zona de valle

Definido por los cauces de los ríos que presentan formas en "V", es una zona de debilidad en la que las condiciones del terreno, facilitan el rápido transporte de los materiales, debido a la pendiente, que es menor en las zonas donde el ancho de los cauces empieza a aumentar.

En el lecho de los ríos se observan materiales en bloques de naturaleza granítica, calcárea, areniscosa y ocasionalmente volcánicos (Figura N.º 1d), proveniente de las zonas más altas, lo que indica etapas de mayor volumen de lluvias y mayor poder erosivo y de transporte de los ríos. No existen grandes terrazas fluviales, por tratarse de una zona con fuertes pendientes, probablemente se tenga presencia de estas terrazas en las zonas de pendientes menores, con los anchos de los cauces también más amplios, donde se podría decir que existen bloques regulares, con mayor transporte y secuencias sedimentarias con estratos bien definidos y clasificados.

### 4.3 Factores geomorfológicos

El área de trabajos ha sido modelada por distintos procesos, los cuales han sido condicionados por los siguientes factores:

#### 4.3.1 Topografía

El relieve es el factor crítico dentro de los fenómenos de geodinámica externa, por cuando determina la acción de las fuerzas actuantes sobre el terreno, como son la gravedad y los ciclos tectónicos. La zona de estudio posee una topografía muy variable, con una pendiente considerable y seccionada o cortada por valles y o microvalles, lo que podría definirla como una zona riesgosa y dependiendo de la vulnerabilidad y ubicación de poblados, una zona altamente peligrosa.

#### 4.3.2 Litología

En la zona la naturaleza de las rocas que configuran el entorno natural determina la peligrosidad de la zona, tomando en cuenta que una roca a la que el tiempo, la erosión y los agentes tectónicos, la han afectado en gran medida, estará atendida a procesos de fracturamiento y, sobre todo, a movimientos con mayor facilidad que una macizo rocoso altamente compacto y competente.

#### 4.3.3 Terrenos no consolidados

Se podría inferir que estos materiales son productos secundarios fruto de los agentes geodinámicas que dominan al planeta, y de acuerdo al tipo de roca madre del

que provienen, se definen sus características como entes modeladores del entorno, en la zona, la naturaleza de estos materiales es arcillosos, limosos y en algunas partes arenosos y calcáreos.

**4.4 Agentes geomorfológicos**

Son considerados los agentes moldeadores de la corteza producto de la interacción de la atmósfera y la zona de continente expuesto a la acción geológica, se podría decir que los principales son los ríos y el viento.

La geodinámica externa afecta principalmente a zonas expuestas, sometiendo riesgos a los centros poblados que pueden estar ubicadas en estos terrenos, como en la figura 1e. Tomando en cuenta estos factores y a los agentes exógenos, se podrían inferir los siguientes riesgos a considerar y a prevenir como medida de precaución para evitar peligros o eventos desafortunados los siguientes: Riesgo de deslizamientos, de derrumbe de material coluvial, de hundimiento y colapso por saturación hídrica de rocas, de procesos aluvionales por saturación del medio no compactado y altamente erosionado o fracturado.

**V. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**

La Cordillera de los Andes, ubicada en el borde occidental de Sudamérica (Argollo 2006), constituye una de las cadenas montañosas más extensa del planeta, como consecuencia de la subducción de la Placa de Nazca bajo la placa sudamericana. La Cordillera de los Andes se subdivide en tres sectores: los Andes del norte, Centrales y del sur. Los Andes centrales se extienden desde 5 a 33° latitud Sur, presenta una forma arqueada (Oroclino Boliviano) y comprende tres segmentos importantes: Perú Central, Altiplano-Puna y las Penillanuras-Mesetas del Sur, estos segmentos están definidos por el ángulo de subducción de la Placa oceánica de Nazca bajo la Placa Sudamericana.

La zona de estudio se encuentra enclavada en lo que se considera fase interandina o de transición entre el principal cuerpo levantado y la oriental meseta altiplánica, por lo que presenta características resaltantes de ambas zonas, donde afloran depósitos sedimentarios que van desde el Paleozoico superior, con los depósitos del Grupo Mitu, cuya litología de brechas, conglomerados asociado a lutitas son evidencia de una sedimentación continental ocurrida como lo demuestran estudios anteriores en una tectónica distensional; en sucesión vertical le sigue regionalmente depósitos de unidades carbonatadas con ciertas alternancias limoarcillosas, correspondientes a las secuencias del Grupo Pucará y a la Formación Chumumayo, en el que los diferentes litologías nos indican un control tectónico y de variaciones eustáticas.

Posterior a este ciclo de sedimentación, en el área es testigo de diferentes episodios de tectónica, los que son ligados a procesos de estructuración andina especialmente, aspectos que se observan por las estructuraciones de sistemas de plegamiento asociado a fallas de carácter regional y a procesos de orogénesis del levantamiento de la cadena andina el que es denotado por el encañonamiento de las principales redes orográficas en la región.

La evolución andina ha generado también el emplazamiento de cuerpos intrusivos en diferentes niveles estratigráficos y asociado a las características estructurales de la región, estos procesos de mineralización que han aprovechado las deformaciones progresivas que los cuerpos rocosos preexistentes para emplazarse y ubicarse en áreas que a veces sobresalen por procesos de erosión, se muestran tal cual en superficie; y otras veces muy cerca de ellas, por lo que generalmente la Cordillera de los Andes o zonas aledañas a ésta presentan volúmenes mineralizados con posibilidades de ser explorados y posteriormente explotados de acuerdo también a la factibilidad de encontrar beneficios económicos por la ejecución de estos trabajos extractivos.

**5.1 Aspectos geológicos locales**

En la zona estudiada afloran rocas de naturaleza sedimentaria correspondientes a los ciclos de depositación correspondientes al Paleozoico superior, con materiales volcánicos-sedimentarios del Grupo Mitu; así como también depósitos carbonatados del Grupo Pucará correspondientes a las formaciones Chambara, Aramachay y Condorsinga, al que le sigue la Formación Chumumayo (Figura N.º 2); episodios sedimentarios en los que la evolución litoestratigráfica ha sido afectada por intrusiones dacíticas con mineralización; además de la conformación de franjas estructurales posteriormente mineralizadas.

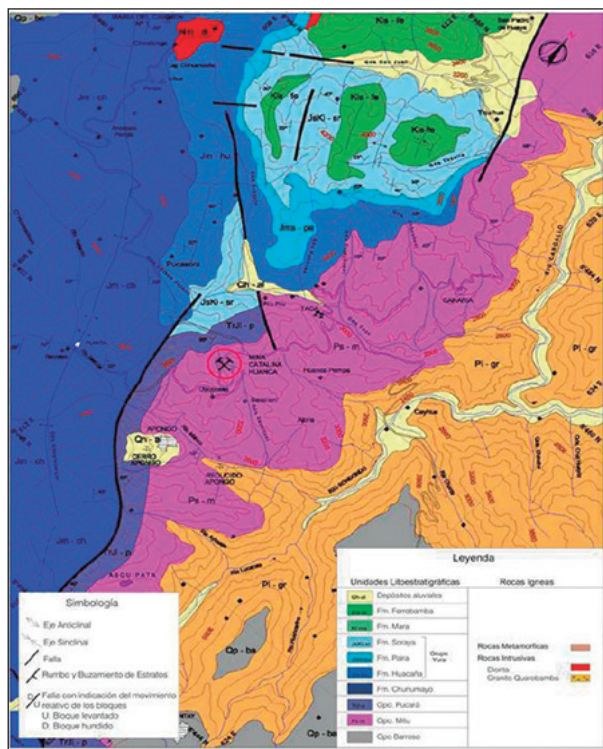


Figura N.º 2. Mapa geológico local de la zona de estudio (modificado ligeramente de LAGESA, 1996).

**5.2 Estratigrafía**

La sucesión estratigráfica del sector está conformada por rocas sedimentarias que van desde el Paleozoico superior (Pérmico superior) y del Mesozoico (Triásico-Jurásico medio) representadas por los grupos Mitu y Pucará, y la

Formación Chunumayo respectivamente. Regionalmente estas unidades rocosas se encuentran conformando una franja de dirección general NO-SE, como se muestra en la columna estratigráfica de la zona estudiada para la cuenca del río Mishca (Figura N.º 3).

En la zona existen depósitos originados en cuencas tranquilas, con materiales orgánicos sedimentados intercalados

con otros materiales finos y gruesos en áreas o entornos limitados, posteriormente compactados, alterados, intruidos, levantados y finalmente erosionados, como aquellos conformantes del Grupo Mitu (hacia la base), la Formación Condorsinga (Grupo Pucará), la Formación Chunumayo y Depósitos Cuaternarios, que actualmente lo encontramos en la zona estudiada para el presente estudio en cotas que superan los 3000 msnm.

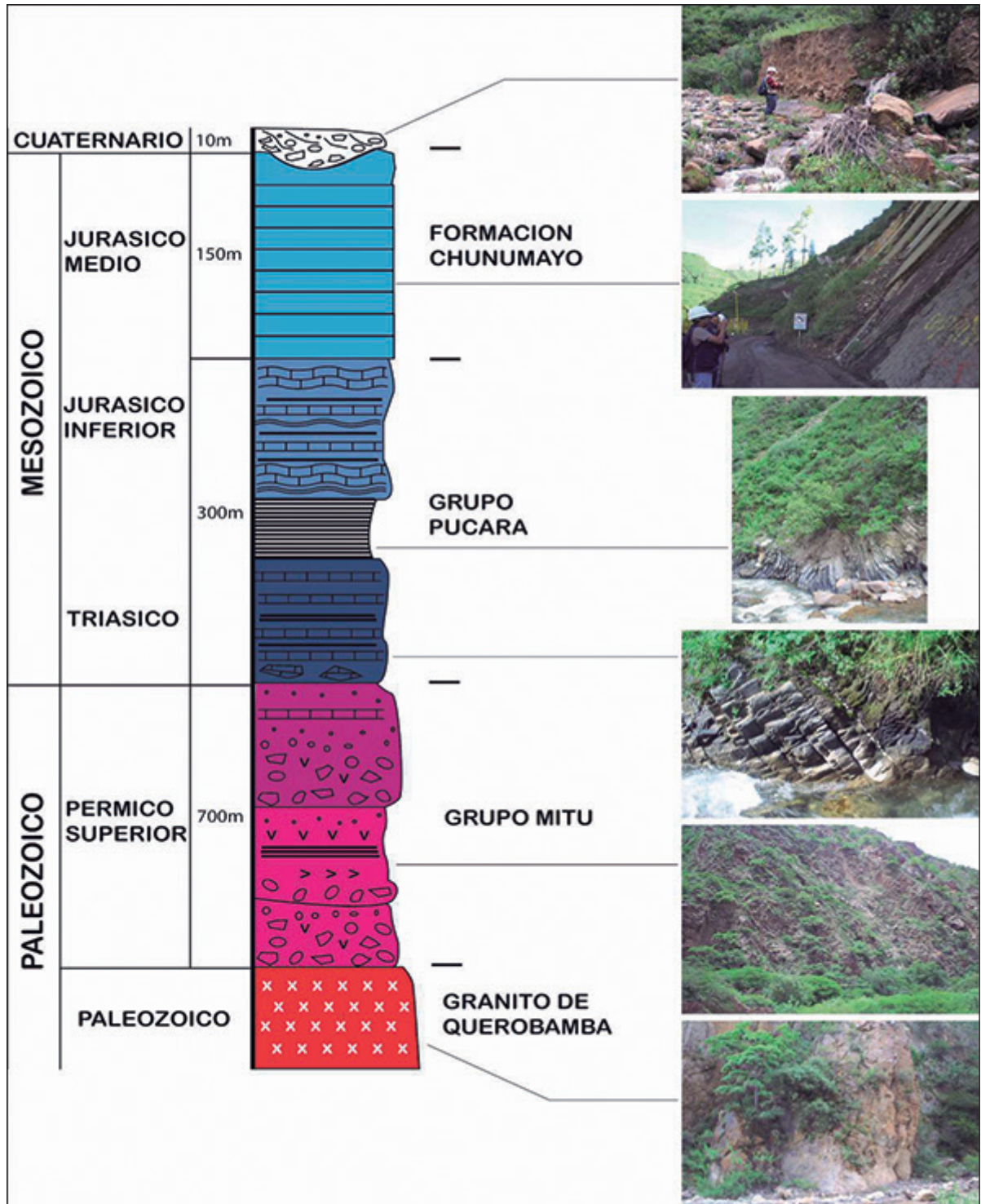


Figura N.º 3. Columna Estratigráfica de la zona de estudio, entre el valle del Sondongo, valle del río Mishca y parte alta del poblado de Apongo.

La zona estudiada posee también depósitos cuaternarios de origen coluvial y coluvional cubiertos en gran parte por vegetación, intercalándose materiales limosos, arenosos y arcillosos originados en las zonas más altas donde afloran rocas de distinta naturaleza, habiéndose encontrado también materiales depositados en la llanura de inundación de los ríos con características genéticas distintas, originadas a partir del movimiento de las aguas a través de cauces normales y otros formados en épocas de mayores avenidas climáticas, a manera de aluviones y huaycos, encontrándose en estas zonas materiales detríticos de tamaño diverso y con formas típicas de la abrasión fluvial, pulimentadas, redondeadas y subredondeadas.

A continuación se describirán las unidades litoestratigráficas distribuidas en la zona de interés.

### 5.2.1 Grupo Mitu

Inicialmente conocido como Formación Pachatusan (Gregory, 1916), descrita como una secuencia de conglomerados volcánicos y areniscas con 600 metros de espesor, identificados en una zona homónima de la provincia de Cuzco.

El nombre de Grupo Mitu fue introducido por Mc Laughlin (1924) para referirse a una secuencia de areniscas rojas permianas expuestas en el Perú Central, en la localidad de Mitu en Pasco. Durante la génesis de sus depósitos se han producido etapas volcánicas, las cuales forman una secuencia de intercalación en conjunto con sus pares de naturaleza clásica. Depósitos indistintos de volcanitas se van a encontrar indistintamente intercaladas con las areniscas (Newell *et al.*, 1949; Laubacher, 1978; Marocco 1975, entre otros).

En el área de estudio el Grupo Mitu se encuentra suprayaciendo al Granito de Querobamba y subyacente al Grupo Pucará, con afloramientos de naturaleza limocalcárea, intercalados con fragmentos conglomerádicos, en líneas de estratificación buzando hacia el sureste. Existen también límites con bordes rojos, probablemente originados en una etapa de abundante oxidación de sus materiales, expuestos a la superficie, evidenciando materiales volcánicos ferrosos con lavas andesíticas de textura porfírica. Se intercalan algunas brechas con litoclastos volcánicos. Además, se encuentran areniscas arcólicas de grano fino, color rojo brunáceo en capas de 60 cm o más.

Estratigráficamente esta unidad presenta planos de estratificación con buzamientos que superan los 35° hacia el sureste, coincidiendo y alcanzando en algunas zonas el drenaje superficial constituido por las aguas del río Mishca constituyendo la parte terminal de tramo de recorrido del río Mishca, hasta la confluencia de éste con el río Sondondo, donde se suprayace al Granito de Querobamba.

El grosor de la secuencia es estimado en 500 m, expresados a lo largo del recorrido final del río Mishca hasta su confluencia con el río Sondondo; litológicamente está constituido por conglomerados, brechas, areniscas y limolitas de colores rojizos, razón por la cual se le llama "Capas Rojas". En el área de estudio estas características del Grupo Mitu se hacen visibles por formaciones detríticas con matriz limo areniscosa provenientes del Batolito nombrado en la zona como el Granito de Querobamba, se observan grandes bloques de conglomerados, hacia el tope el tamaño de los mismos se hace menor, la matriz se torna calcárea cerca al contacto con el Grupo Pucará.

El vulcanismo del Grupo Mitu pertenece al magmatismo del arco interno fue episódico y periódicamente con un dominio de la fuente de la corteza. Inferible de esta zona del continente, es que el vulcanismo debe estar relacionado a los procesos extensionales permotriásico. Son muy comunes las intercalaciones de areniscas arcólicas conglomerádicas que contienen elementos volcánicos, poniendo en evidencia el singenetismo entre el vulcanismo y la depositación del material clástico.

Según Kontak (1985), esta unidad en el sector altiplánico puede ser divididas de acuerdo a criterios mineralógicos y químicos en alcalinos, peralcalinos y shoshoníticos. Su edad estaría entre el Permiano superior y el Triásico inferior. A su vez, según Kontak, las lavas del Grupo Mitu tienen un rango de edad (Rb-Sr) entre 270 a 210 M.a.; mientras que Mc Bride *et al.* (1983) obtienen edad (K-Ar) de 280 y 245 M.a. para las volcanitas equivalentes del NO de Bolivia. De otro lado, en el altiplano, Klinck, Palacios *et al.* (1991) obtienen una edad (K-Ar) de  $272 \pm 10$  M.a. para una volcanita del Grupo Iscay (equivalente a la parte superior volcánica del Grupo Mitu). Según esto, estas rocas tendrían un rango de edad comprendido entre el Pérmico superior y el Triásico inferior, siendo, por tanto, ambos rangos de edades bastante compatibles.

Cabe señalar que esta unidad litoestratigráfica abarca gran parte del área de estudio y podría ser la vía de escape del agua subterránea en algunas zonas, ya que tiene buzamiento hacia el río Mishca, como se observa en la Figura N.º 1f.

### 5.2.2 Grupo Pucará

Esta secuencia fue estudiada por Mc Laughlin (1924), como una serie calcárea de gran espesor, de edad Triásico superior-Liásico. Luego Steinmann (1930), Mégard (1968) y Marocco (1975) y los posteriores trabajos de la carta geológica nacional reconocen esta unidad litoestratigráfica a lo largo de la cordillera oriental en una dirección SE-NW.

Así Mégard diferencia en el grupo tres series, Formación Chambará (Triásico superior), Formación Aramachay (Liásico superior) y Formación Condorsinga (Liásico superior); Palacios (1994) describe al Grupo Pucará como una serie única aunque en realidad, muestra variaciones con respecto a sus áreas de formación en todo el Perú.

Los bancos de estratificación varían desde los 20 cm hasta 1 m; siendo la litología de esta secuencia está representada por intercalaciones entre calizas, areniscas y lutitas, con algunos depósitos de evaporitas a manera de mantos intercalados en diferentes niveles estratigráficos.

Las lutitas de estas intercalaciones son de color gris, con laminaciones masivas, las areniscas se caracterizan por sus coloraciones gris claro y amarillento (oxidación), estos depósitos se intercalan con depósitos calcáreos y bloques conglomerádicos.

Para su mejor descripción se ha diferenciado en sus tres formaciones bien caracterizadas.

### 5.2.3 Formación Chambará (Noriano-Raetiano)

Corresponde a la base del Grupo Pucará; litológicamente son calizas de color gris a gris oscura por meteorización con coloraciones superficiales beige a marrón claro; se les

describe como biomicrofitas, calizas dolomíticas, algunas dolomitas esparíticas y calizas micríticas dolomitizadas.

Su estratificación es paralela con superficies onduladas e irregulares; las calizas son bastante resistentes, de apariencia maciza, sin embargo en algunos lugares se observan abundantes cuevas y depresiones; se caracteriza por presentar farallones y escarpas empinadas.

La parte inferior constituida por calizas en capas de 1 a 3 metros de grosor, formadas por estratos que contienen generalmente abundantes nódulos e inclusiones silíceas de forma irregular, los carbonatos son mayormente micritas y biomicrofitas con restos de fósiles.

#### **5.2.4 Formación *aramachay* (Raetiano superior-Sinemuriano)**

Está generalmente limitado por superficies de estratificación planas y paralelas, de modo que en su mayor parte esta formación tiene estratificación tabular.

Comprende la parte media del Grupo Pucará; consiste de calizas y limoarcillitas color marrón oscuro, intercaladas con calizas grises a negras, bituminosas, limoarcillitas calcáreas color marrón oscuro en estratos tabulares de 5 a 40 cm, diferenciables por su menor resistencia a la erosión, superficialmente presentan coloraciones cremas, aspecto terroso, bastante porosas y con baja gravedad específica.

Es una unidad fácilmente reconocible por sus afloramientos menos resistentes a la erosión en comparación con las unidades supra e infrayacentes. Generalmente sobre ella se han desarrollado cultivos y pastos naturales.

#### **5.2.5 Formación *Condorsinga* (Sinemuriano superior-Toarciano)**

Esta formación es la más representativa de la zona de estudio. Constituye el tope del Grupo Pucará, se caracteriza por su estratificación delgada en su base, gruesa hacia la parte superior y su mayor resistencia a la erosión en relación con la unidad infrayacente.

Consiste en una secuencia de calizas micríticas de color gris a beige, generalmente dispuesta en estratos delgados entre 10 a 30 cm de grosor con superficies de estratificación algo onduladas, paralelas y discontinuas; siendo en algunos intercalados de delgadas niveles de limoarcillitas con grosores menores de 10 cm de colores gris claro, verdoso a amarillentas, similar coloración tienen las calizas en esta localidad.

El grosor de esta unidad litoestratigráfica es de 500 m. La mitad superior la integran calizas micríticas en estratos gruesos de aspecto macizo, similar a aquellas de la Formación Chambará, pero se diferencia porque en general carecen de nódulos de chert, su estratificación es ligeramente más tabular, definida y microscópicamente son calizas grises a grises claras y finas (Figura N.º 4a).

La Formación Condorsinga aflora en la parte media del recorrido del río Mishca e influye directamente en su evolución hidrogeoquímica, a raíz de la disolución de sus estratos calcáreos.

#### **5.2.6 Formación *Chunumayo* (Aaleniano – Bajociano)**

Mégard (1968) denomina así a una secuencia de calizas arenosas y arcillosas, con localidad tipo en la hacienda Chunumayo (Huancavelica); debido a las características bioestratigráficas, se define a la Formación Chunumayo como una secuencia de calizas cuya formación se originó durante el Bajociano superior, en el Jurásico Medio (Palacios, 1994).

Los afloramientos de las calizas de la Formación Chunumayo se hacen visibles en las partes altas de la cuenca hasta la confluencia entre las quebradas Marcachata y Rajaure, lugar donde tiene nacimiento el río Mishca. Estructuralmente siguen un rumbo N30°W y buzamiento 70° SO. Estas calizas se presentan en estratos con una potencia que varía de 0.60 m hasta 1.20 m (Figura N.º 4b).

Las relaciones estratigráficas de esta unidad litoestratigráfica son de yacer concordantemente mediante un cambio de facies sobre la Formación Condorsinga y yacer discordantemente debajo del Grupo Yura.

Esta unidad estratigráfica se encuentra constituida por calizas de coloraciones grisáceas y parduzcas claras en las partes afectadas por la meteorización, sus estratos son medios, se intercalan con niveles de margas, arcillas o arenas-lutáceas con coloraciones grises oscuras, lo que en algunos sectores puede por esquistosidad ser fragmentado en lajas o láminas delgadas.

#### **5.2.7 Rocas ígneas**

Las rocas ígneas en el área de estudio corresponden a dos episodios magmáticos: 1) magmatismo paleozoico, representado por el granito de Querobamba y 2) pequeños cuerpos de pórfidos dacíticos, en el lado norte del área principalmente tribuidos al magmatismo terciario.

#### **5.2.8 Granito de Querobamba**

Esta unidad en la zona de estudio constituye la base de la secuencia litológica existente y ha sido asignada al Paleozoico superior, posee una gran extensión regional, a manera de una faja ancha con orientación noroeste hacia el suroeste.

El límite o contacto de esta unidad se produce en la parte basal del tramo del río Mishca, en donde presenta una superficie de erosión constituida por limos y pequeños fragmentos graníticos, lo que constituye una superficie de paleosuelo previo a la depositación de los sedimentos clásticos del Grupo Mitu.

A nivel macroscópico la roca posee coloraciones claras, con tonalidades grisáceas y en los bordes ciertos niveles parduzcos y rojizos como resultado de la oxidación. Las formas de sus granos pueden ser subhedrales. En algunos sectores es notorio el fracturamiento existente como resultado del tectonismo regional. Estos afloramientos presentan también fases meteorizadas de tonalidades parduzcas, especialmente hacia el cauce principal del río Sondondo, que es donde esta roca posee sus mejores exposiciones (Figura N.º 4c).

Este intrusivo de Querobamba pertenece a un conjunto de cuerpos magmáticos pertenecientes al magmatismo





**Figura N.º 4.** Secuencias sedimentarias del Paleozoico y Mesozoico de la cuenca del río Mishca y valle del Sondongo, a) Formación Condorsinga, margen derecha de la quebrada Pampana; b) Afloramiento de la Formación Chunumayo, presentando una estratigrafía tabular; c) Afloramientos meteorizados del Granito de Querobamba; d) Rocas del Grupo Mitu fuertemente deformadas; e) Pliegues que afectan a las formaciones Condorsinga y Chunumayo.

paleozoico el que ha sido datado por diversos autores como Soler Bonhomme (1987), Jacay *et al.* (1999), Miskovic *et al.* (2009), entre otros.

### 5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de estudio han sufrido varias fases tectónicas ocasionando alineamientos, los cuales tienen una interpretación estructural importante y se han sucedido durante épocas que vienen desde el Paleozoico, es por ello que los efectos sobre las rocas preexistentes se superponen y enmascaran estructuras mucho más antiguas.

En la zona han ocurrido distintos ciclos tectónicos, entre los que más resaltan tenemos al ciclo Hercínico, que posee dos fases tectónicas que afectan las rocas del área, la primera (Eohercínica) acaecida durante el Devoniano-Mississippiano, (Mégard 1978) marca la separación entre

los ciclos de sedimentación en el Paleozoico inferior y superior; la segunda fase (Tardihercínica), con evidencias de compresión y fracturamientos presentes en las rocas del Granito Querobamba, hacia la base de la secuencia, esta fase habría ocurrido durante el Permiano Medio.

Luego le precede el Ciclo Andino que fue posterior a la etapa de sedimentación ocurrida desde el Triásico superior con presencia de rocas carbonatadas del Grupo Pucará, incluyéndose a movimientos que dieron origen a la actual altitud de los Andes. La primera parte de este ciclo (Fase Peruana) ocurrió durante el Cretácico superior-Senoniano, que originó deformación de abombamiento de las secuencias del cretáceo superior en la región mas occidental del área de estudio (Jaillard 1992). La segunda parte (Fase Incaica) originó plegamientos en las secuencias sedimentarias del Mesozoico y Paleozoico, originando también movimientos compresionales coincidentes con el rumbo

general de la actual estructura andina (NO-SE). La tercera etapa (Fase Quechua) modificó principalmente los emplazamientos anteriormente levantados en la Superficie Puna, originando nuevamente plegamientos y levantamientos que pudieron elevar los materiales depositados regionalmente hasta los 4000 msnm, (Sebrier *et al.* 1988) sucediéndose una etapa de volcanismo marcando un ciclo distensivo con derrames volcánicos, piroclastos y sedimentitas; finalmente con la formación de mesetas volcánicas vinculado a calderas o fisuras, marcando etapas de distensión, con una posterior etapa extrusiva (Andesitas con estructuras en forma de domos).

En esta conformación estructural se han originado distintos lineamientos estructurales, dentro de los más importantes tenemos:

#### 5.4 Sistemas de fallamiento

Del área estudiada es importante conocer el hecho de que pertenece a la franja suroriental de los Andes Centrales y está relacionada con los procesos tectónicos que dieron origen y continuaron la evolución de la Cadena andina, siendo la sucesión estratigráfica sometida a esfuerzos de compresión y distensión en ciclos diversos (principalmente en ciclo andino), con levantamientos, soterramientos, procesos de plegamiento regional y fallamientos que han contribuido a su conformación actual.

En la zona estudiada se han reconocido fallas inversas de rumbo SSW-NNE que repite al Grupo Pucará (Figura N.º 5), con orientaciones hacia el noreste (N40°), muy marcado en la topografía y en algunos tramos cubierta por la vegetación preponderante en el área, pero inferibles a partir de parámetros de relieve y observaciones de imágenes satelitales y fotos aéreas.

Similarmente en el Grupo Mitu existen fallamientos locales, del tipo inverso, con buzamientos hacia el noroeste,

probablemente en respuesta a los esfuerzos compresionales que acaecieron durante el ciclo andino (Figura N.º 4d).

#### 5.5 Plegamientos y estructuras secundarias

Dadas las características litológicas de las formaciones estudiadas en la zona, existen evidencias de plegamientos, con ejes subparalelos al recorrido del río Mishca.

Se observan los depósitos plegados de las Formaciones Condorsinga, Chunumayo y la parte terminal del Grupo Mitu, con ejes alineados hacia el noreste (N35°), evidenciándose la existencia de anticlinales tumbados y volcados buzando hacia el sureste en las inmediaciones de la confluencia entre los ríos Pampana y Mishca (Figura N.º 4e).

Existen además estructuras de fracturamientos y cizallas afectando a los estratos de las Formaciones Condorsinga y Chunumayo, coincidiendo con los microfallamientos que han afectado sus intercalaciones (limos, arcillas).

#### 5.6 Geología económica

En la zona estudiada se han reconocidos depósitos mineralizados en los conglomerados molásicos del Grupo Mitu en el Triásico inferior, carbonatos del Grupo Pucará del Triásico inferior-Jurásico sobreyaciendo en discontinuidades y posteriores intrusiones dacíticas (Terciario?), en el que en la actualidad se vienen realizando labores extractivas hacia el noreste de la zona estudiada, en la mina Catalina Huanca (SVS INGENIEROS 2008). Los depósitos se localizan en una zona estructuralmente compleja (fallas de rumbo e inversas asociado a pliegues), cercano a alineamientos regionales con direcciones N, NE y NO; y una serie de intrusiones subvolcánicas (la mineralización se asocia espacialmente y está controlada localmente por diques, sills y stocks intrusivos). La mayoría de plegamientos en el área localmente poseen orientaciones NNE-SSO a pesar de que los plegamientos regionales se orientan hacia el NO.

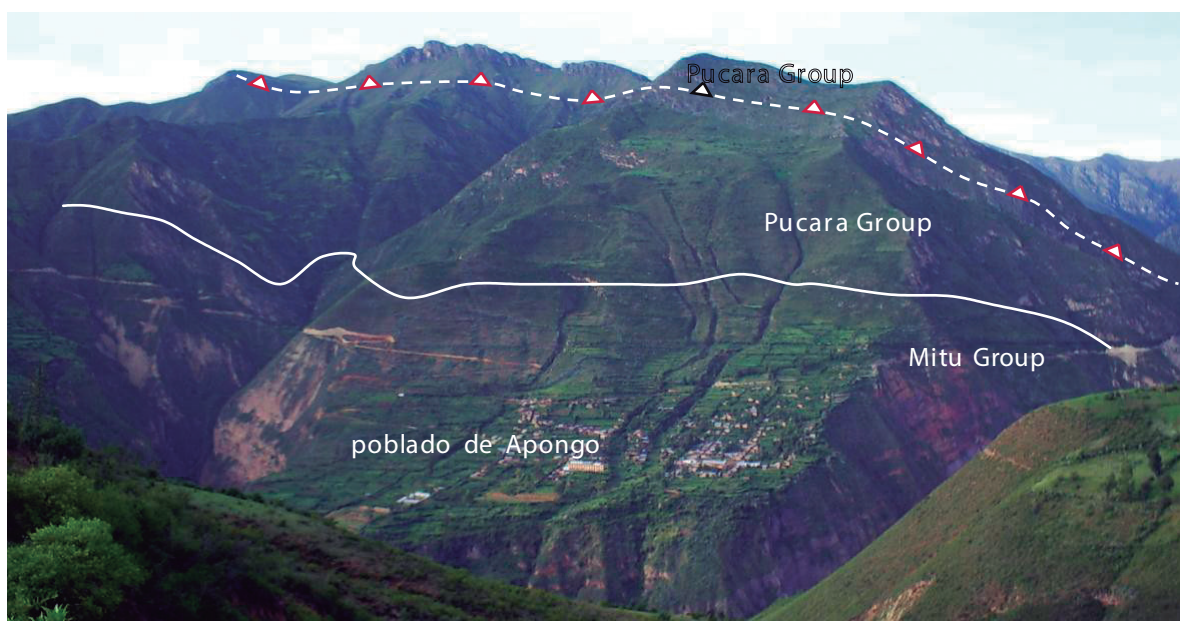


Figura N.º 5. Cabalgamiento que repite al Grupo Pucara, al lado noroeste del poblado de Apongo.

La mineralización posee dos orientaciones principales, NE y ENE-EO. Las vetas dirigidas hacia el NE, de bajo buzamiento, ocupan fallas sinextrales (oblicuas e inversas); y limitan la mineralización del corredor hacia el NE. Las vetas de orientación EO de bajo buzamiento ocupan fallamientos dextrales y son las mejor desarrolladas en las rocas del Grupo Mitu.

En los carbonatos del Grupo Pucará, las vetas orientadas E-O se distribuyen en estructuras de tipo cola de caballo donde las fallas cambian la orientación cercana al punto de falla. Las estructuras de “cola de caballo” coinciden con los mantos que buzando al NO, de buzamientos bajo a moderado con mineralización en reemplazamiento; algunos mantos contienen estratificación homoclinal, otros contienen pliegues, vetas de fallas planas y vetas de ángulo bajo localizadas paralelas a la estratificación pero limitadas localmente, indicando una rampa suave de cabalgamiento. Los bloques intercalados entre las vetas de falla están variablemente mineralizados (con reemplazamiento y vetas).

En el estilo estructural orientado hacia el NE de contracción dextral (estructura transtensiva) se presentan bloques de falla limitados por las vetas dextrales se movieron por un proceso de cizallamiento, los pliegues recumbentes y cabalgamientos en el área indican deformación acortante (especialmente en algunos mantos) que fue sincrónica con el fallamiento de rumbo en los sistemas de vetas de bajo ángulo.

Los cizallamientos han sido intruidas por vetas hidrotermales con contenidos interesantes de plomo y zinc, con casi 500 metros de entrada y un cierre en forma de campana de alteración de más de 300 metros, con inclinaciones de 35° hacia el oeste.

Este tipo de yacimiento es de origen hidrotermal (Steinmüller 1999, Guadalupe 2005), con vetas intercaladas, cuerpos pequeños y mantos. También existen indicios de un sistema de mineralización como producto del metasomatismo en el cuerpo intruido, a manera de skarn (prograding skarn) por la existencia de granates (Evans 1993).

## VI. CONCLUSIONES

El área se presenta en una zona que comprende a los valles interandinos como lo son el Sondongo que más al norte pasar al valle de Cangallo.

Son secuencias del Paleozoico superior (Grupo Mitu) y del mesozoico (Grupo Pucara y Formación Chunumayo) las unidades litoestratigráficas con mayor afloramiento en la zona, los que son afectados por diversos sistemas de fallamiento, desde compresivas a distensivas; asociado a cuerpos intrusivos paleozoicos como el Granito de Querobamba.

Se infiere la existencia de bordes de estratificación fallados en las secuencias calcáreas de las Formaciones Condorsinga y Chunumayo, con buzamientos de aproximadamente 35° hacia el sur Este (N142°), de acuerdo a los límites de estratificación en las mismas, estas fallas confieren al sistema límites de entrada y salida para aguas de infiltración provenientes de las zonas más altas.

En las intercalaciones o bordes lutáceos del Grupo Mitu se denotan pequeños fallamientos y bloques de relleno, con sedimentos evaporíticos en su mayoría, orientados con N 165° y buzamientos de 40°.

## VII. AGRADECIMIENTOS

A la empresa Aleph Asociados, a los Ingenieros José León Pinto, Patricio Pareja Calderón, Giancarlo Olivera Espejo, Jaime Carranza Chávez, Deyvis Villegas Caycho, Lesly Falcón la Puente, Javier Sánchez, al programa del posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a los revisores anónimos que ayudaron a mejorar este trabajo para su publicación.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Argollo, J. (2006). *Aspectos geológicos de los Andes-Botánica Económica de los Andes Centrales*. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. pp. 1-10
- Asociación LAGESA-CFGS (1996). Geología de los cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña. INGEMMET, Boletín N.º 70. Serie A: Carta Geológica Nacional. Lima, 190 pp.
- Brack Egg, A. & Mendiola, C. (2000). *Ecología del Perú*. Editorial Bruño/PNUD. Lima, Perú, 495 pp.
- Cama M. & Paucarima J. (2004). *Proyecto Qhapaq Ñan, Proyecto Piloto Vilcashuamán*. Dirección de Estudios sobre Paisaje Cultural Análisis territorial de Vilcashuaman (Volumen I), 29 pp.
- Castañeda, Marko (2013). *Análisis hidrogeoquímico de la cuenca del río Mishca, distrito Canarias, provincia de Víctor Fajardo, departamento de Ayacucho*. Tesis Ing. UNMSM, 98 pp.
- Chávez C. (1989). *Asentamientos prehispánicos en la confluencia de las cuencas de Pampas y Qaracha*. Informe de Grado UNSCH.
- Evans, A. (1993). *Ore Geology and Industrial Minerals*. Blackwell Science. Londres, Inglaterra, 390p.
- Gregory, H.E. (1916). Geological reconnaissance of the Cuzco Valley, Peru. *Science*, Nueva York, Estados Unidos, serie XII (241), p: 1-121.
- Guadalupe, E. (2005). Complejo Andino, una Propuesta en la Clasificación de Yacimientos Minerales. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG* Vol. 8, N.º 16, pp. 29-32.
- Holdridge, L. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, vol.105(2727), pp. 367-368.
- Huggett, R. J. (2007). *Fundamentals of Geomorphology*. Routledge. Londres, Inglaterra; 483 pp.
- Jaillard E. (1992). La fase peruana (Cretácico Superior) en la Margen peruana. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, tomo 83, pp. 81-87.
- Klink, B., Palacios, O (1991). Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca, Sur del Perú. *INGEMMET*, Boletín N.º 42, Serie A Lima, Perú., 94 pp.
- Kontak, D. (1985). The Rift Associated Permo Triassic Magmatism of the Eastern Cordillera; a Precursor to

- the Andean Orogeny. In *Magmatism at a Plate Edge; the Peruvian Andes*. Nueva York, Estados Unidos, pp. 36-44.
15. Huamani M. (1998). *Reconocimiento de sitios arqueológicos en el área de Vischongo*. Informe de Grado de Bachiller. UNSCH.
  16. Jacay, J., Sempere, T., Carlier, G., & Carlotto, V., (1999). Late Paleozoic-Early Mesozoic plutonism and related rifting in the Eastern Cordillera of Peru: Gottingen, 4th International Symposium on Andean Geo dynamics, ORSTROM Collection Colloques et Séminaires, pp. 358-362.
  17. Laubacher, G. (1974). Le Paléozoïque inférieur de la Cordillère Orientale du Sud-Est du Pérou. *Cah. ORSTOM*, Vol. VI, N.º 1, pp. 29-40.
  18. Leoni, J. (2007). Las ocupaciones Wari de Ñawimpuquio: trazado espacial, arquitectura y organización social en una comunidad ayacuchana del Horizonte Medio. En *Arqueología y Sociedad*. UNMSM.Lima.
  19. Marocco R. (1975) Geología de los cuadrángulos de Andahuaylas, Abancay y Cotabambas. INGEMMET-Boletín Serie A Carta Geológica Nacional Lima, Perú, Vol 27. 51p.
  20. Marocco R. (1978). Estudio geológico de la Cordillera de Vilcabamba. Boletín N.º 4. Serie D. INGEOMIN-ORSTOM, 157 pp.
  21. Mc Bride, S (1983). Magmatic and metallogenetic episodes in the Northern tin belt, Cordillera Real Bolivia. *Geologische Rundschau*, Vol. 72, N.º 2, pp. 685-713. Alemania.
  22. Mc Laughlin, D. H. (1924). The Geology and Physiography of the Peruvian Cordillera Departamentos of Junín and Lima. *Geological Society of America Bulletin* Vol. 35, 591-632. Vol. 35, pp. 591-632.
  23. Mégard F. (1968). Geología del Cuadrángulo de Huancayo. *Servicio de Geología y Minería Boletín* N.º 18, 125 pp.
  24. Miškovic, A., Schaltegger, U., Spikings, R.a., Chew, D.m., & Košler, J. (2009). Tectono-magmatic evolution of Western Amazonia: Geochemical characterisation and zircon U-Pb geochronologic constraints from the Peruvian Eastern Cordilleran granitoids. *Geological Society of America Bulletin*, v. 121, pp.1298-1324.
  25. Newell, N. (1949). Geology of the Lake Titicaca region Perú and Bolivia, Boulder Colorado. *Geological Society of America*. Mem. 36, 111 pp.
  26. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1976). *Mapa ecológico del Perú-Guía Explicativa*. ONERN. Lima, Perú, 220 pp.
  27. Palacios O. (1994). Geología de los cuadrángulos de Chocorvos y Paras. Bol. Serie A Carta Geológica Nacional N.º 49. INGEMMET. Lima, Perú. 125 p.
  28. Sébrier, M., Lavenu, A., Fornari, M., & Soulas, J. P. (1988). Tectonics and uplift in central Andes (Peru, Bolivia and northern Chile) from Eocene to present. *Geodynamique* Vol. 3, p: 85-106.
  29. Soler. P., Bonhomme, M. (1987). Données radiochronologiques K/Ar sur les granitoïdes de la Cordillère Orientale des Andes du Pérou Central. Implications tectoniques. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, série IL* v. 304, pp. 841-845.
  30. Steinmann G. (1927). *Geologie von Perú*. Karl Winter ed., Heidelberg. 448 pp.
  31. Steinmüller, K. (1999). Depósitos metálicos en Perú. INGEMMET. Lima, Perú. 180 p.
  32. SVS Ingenieros (2008). *Estudio de Impacto Ambiental de la Mina Catalina Huanca*. Catalina Huanca Sociedad Minera S.A.C. Lima, Perú. 35 pp.
  33. TOSI, J. A. (1960). *Zonas de vida natural en el Perú*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Lima, Perú, 271 pp.