

# Metamorfismo de contacto y mineralización metálica en Lunahuaná, Cañete

LOCAL METAMORPHISM AND METALLIC MINERALIZATION AT LUNAHUANÁ, CAÑETE

Rafael Medina<sup>1</sup>, Saúl Galvez<sup>1</sup>, Pedro Gagliuffi<sup>1</sup>, Jack Bohorquez<sup>1</sup>, Paola Llamoca<sup>1</sup>, Jhonatan Aroni<sup>1</sup>, Jonathan Alarcón<sup>1</sup>, Pablo Napán<sup>1</sup>, Giovanni Pedemonte<sup>1</sup>, Yohel De La Cruz<sup>1</sup>, Karen Hilaes<sup>1</sup> y Marco Zapata<sup>1</sup>

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

## RESUMEN

El metamorfismo en el área Quebrada Totorita-Lunahuaná es principalmente de tipo "Metamorfismo de Contacto", mostrado en el trabajo de campo, caracterización de unidades geológicas, y afianzado con la petrografía de secciones delgadas. Relacionado a este, se reconoce una zona de fuerte alteración hidrotermal por la presencia de biotita, pero de extensión muy local, lo cual sugiere una posible ocurrencia metálica de un Pórfido de Cobre- Skarn.

**Palabras clave:** Metamorfismo de contacto, alteración hidrotermal, mineralización tipo mesotermal, Pórfido de Cobre-Skarn.

## ABSTRACT

The mean metamorphism at Quebrada Totorita, Lunahuaná, is "Contact Metamorphism"-type, according to the fieldwork, characterization of geological units and supported with thin sections petrography. A strong hydrothermal alteration of biotite was recognized associated to the metamorphism, although with very localized extension, which suggest a probable metallic occurrence of Porphyry Copper-Skarn.

**Key words:** Contact metamorphism, hydrothermal alteration, mesothermal-type mineralization, Porphyry Copper-Skarn

1 Grupo de Estudio e Investigación de Petrografía y Petrología (GEIPPE)- Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica-UNMSM. Correo electrónico: andre.medina.geo@gmail.com; saul\_gb89@hotmail.com; jackbohorquez@gmail.com; llamocasanchez.paola@gmail.com; jhonaroni@gmail.com; jnthn.15@gmail.com; pcnapanmolina@gmail.com; gio.pedemonte@gmail.com; yohel.delacruz.leon@hotmail.com; hilaes.karen@gmail.com; zapata.marco@gmail.com

2 Docente asesor de GEIPPE. Correo electrónico: mgagliuffie@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene lugar en el sector alto de la quebrada Totorita, distrito de Lunahuaná provincia de Cañete. Se ubica a la margen derecha aguas abajo del valle del río Cañete a una altura promedio entre los 1000 a 1800 msnm (Figura N.º 01).

La zona de estudio se encuentra emplazada geomorfológicamente en el sector occidental de la Cordillera Occidental. Esta presenta características de topografías agrestes, con quebradas bastante profundizadas y ensanchadas, en las que han sido reconocidos grandes depósitos de debris flow, con paredes verticales que en algunos sectores llegan hasta los 15 m de altura (Medina *et al.*, 2011).

Dado las unidades litológicas descritas, se atribuye la presencia del Grupo Morro Solar y Grupo Imperial, los cuales han sido intruídos por el Batolito de la Costa, desarrollando así un metamorfismo en la zona y es a partir de este que nace la iniciativa de realizar un estudio geológico, evaluando una zona de posible interés científico y económico.

Los ensambles de minerales de alteración son indicadores de la composición original de la roca y la proporción y características del fluido que circuló por ella, además las zonas alteradas marcan las rutas de circulación de los fluidos. Uno de los más comunes procesos de alteración es la reacción isoquímica del feldespato-K con agua en presencia de iones  $H^+$ , la que genera sericita o muscovita y cuarzo asociado con iones de  $K^+$  libres, (Robb, 2005). Cuando interactúan cationes en solución con la roca de caja la reacción pasa a ser un metasomatismo de cationes, donde los cationes afectan en la naturaleza de la alteración. Típico de esta última es la alteración de tipo potásica (K-silicate), caracterizada por la formación

de nuevo feldespato-K y/o biotita,  $\pm$  sericita, clorita y cuarzo, (Sillitoe, 2010), producida por metasomatismo de  $K^+$  en adición a hidrólisis. Esta representa el núcleo de alteración de más alta temperatura (500-600 °C) asociada a depósitos de tipo pórfido de Cu (Robb, 2005).

### I.1 Hipótesis

El área de Lunahuaná, específicamente en la Quebrada Totorita, se reconoce un metamorfismo de contacto de grado bajo entre rocas del Batolito de la Costa y rocas Mesozoicas preexistentes, así como zonas con alteración hidrotermal y mineralización metálica tipo mesotermal provenientes de los cuerpos intrusivos circundantes.

### I.2 Objetivos

Este artículo ha sido elaborado con la finalidad de determinar y evaluar las características del metamorfismo presentes en la zona, el que es complementado con un estudio petrográfico. Además identificar las características que sustenten la posible existencia de un yacimiento mineral metálico.

## II. METODOLOGÍA

Como primera fase se realizó la recopilación de información del cuadrángulo geológico e imágenes satelitales con las que se realizó la fotointerpretación del lugar. Luego se continuó con el trabajo de campo el cual tuvo como principales actividades el cartografiado de las quebradas, acompañado de un reconocimiento estratigráfico, litológico, estructural y mineralógico del lugar. Posteriormente se realizó el trabajo de gabinete a partir de la recolección de muestras de

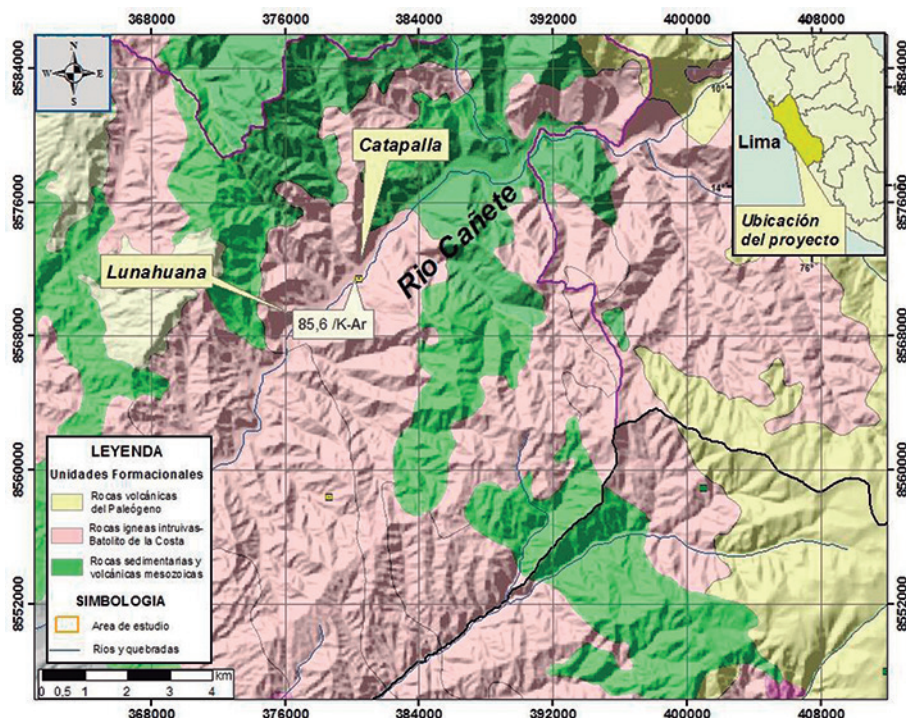


Figura N.º 1. Mapa de ubicación y geológico regional. En la imagen satelital (esquina inferior derecha) se muestra en achurado el área específica de levantamiento geológico.

roca obtenidas en el campo. Estas posteriormente fueron descritas al detalle, complementando así con el estudio de secciones delgadas de dichas rocas, obteniendo un correcto contexto de trabajo de campo; finalmente se pasó a la elaboración del presente informe en donde se resume de forma esquemática y breve la realización del trabajo elaborado en la zona; así como también la interpretación y conclusiones finales, apoyado en la bibliografía pertinente.

### III. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

#### 3.1 Geología regional

Está documentado, según los estudios realizados por Salazar y Landa (1993), la presencia de la Formación Pamplona y Grupo Imperial en el área de trabajo, consideradas como una sola unidad indivisa, y constituidas por rocas arcillo-carbonatadas de edad Cretáceo Inferior. Además, el Grupo Imperial considerado el equivalente en parte a la formación Atocongo, pero con ciertas variaciones litológicas. Aquí, se ha reconocido en el área de trabajo un cambio de facies de areniscas cuarzosas con parcial grado de recrystalización del Grupo Morro Solar, a calizas mudstone atribuido al Grupo Imperial. Otras formaciones reportadas en la carta geológica, y en las proximidades del área de estudio, son las formaciones Huaranguillo y Morro Solar, constituidas por areniscas, limolitas y lutitas con algunos niveles de carbonatos esporádicos para el Morro Solar, y facies sedimentarias de lutitas y calizas con intercalaciones volcánicas para la formación Huaranguillo. Los intrusivos del Batolito de la Costa, emplazado entre 116-60 Ma (Pitcher, 1985; de Haller et al., 2006, y otros), están presentes cortando a las secuencias mesozoicas previamente descritas. Stewart *et al.*, (1974), reporta una edad K-Ar en biotita de 85,6 Ma, tomado de los afloramientos de Diorita-Tonalita de la Superunidad Tiabaya en las cercanías de Catapalla. Más al suroeste, afloran intrusivos de tonalitas-granodioritas de la Superunidad Incahuasi.

#### 3.2 Geología Local

##### 3.2.1 Estratigrafía

La secuencia estratigráfica ha sido estimada en aproximadamente 380 m (Figura N.º 08), con un predominio de areniscas cuarzosas claras con parcial grado de recrystalización, que en los sectores superiores pasan con cambio gradacional a calizas (Medina *et al.*, 2011).

A la base de toda la secuencia se presentan cuarcitas blanquecinas con niveles intercalados oxidados por procesos secundarios, las que hacia niveles superiores van gradando a estratos de menor espesor de grauvacas con presencia de granos subredondeados de plagioclasas y cuarzos (Figura N.º 2).

Subiendo estratigráficamente, se reconocen niveles de cuarcitas de grano medio de matriz violácea oscura, con estructuras de boudinage de colores blanquecinos, las que presentan calcosilicatación (posible protolito carbonatado, Figura N.º 3). Continuando, se tiene hacia niveles superiores nuevamente el predominio de cuarcitas muy limpias (alto porcentaje de cuarzo), con presencia de óxidos secundarios en ciertos niveles, (representa casi 80

metros de columna). Posteriormente, se tiene un nivel de poco desarrollo de aproximadamente 12 m correspondiente a pizarras con matriz sericitica y con granos de distribución irregular y esporádica de plagioclasas redondeadas (limolita como posible protolito, Figura N.º 9 - c), además de cordieritas macladas formadas a partir de los granos de plagioclasas producto del metamorfismo (Figuras N.º 3, 4 y 5).

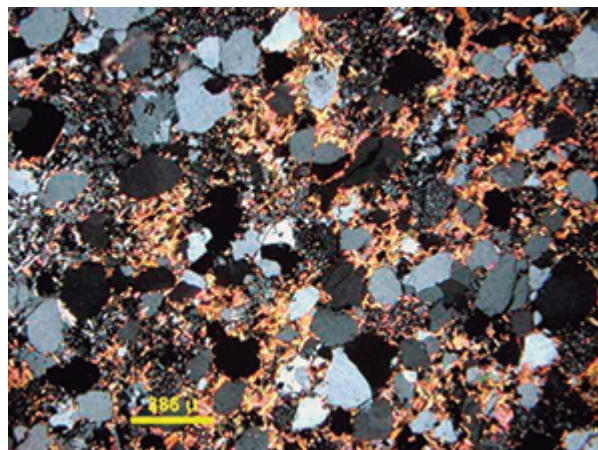


Figura N.º 2. Grauvaca con presencia de granos subredondeados de feldespatos y cuarzo. Presentan cierto alineamiento según estratificación. Además se observa biotita hidrotermal como producto de reemplazamiento de la matriz.



Figura N.º 3. Afloramientos de cuarcitas con estructuras boudinage. Nótese la discontinuidad de algunos de los niveles blanquecinos.

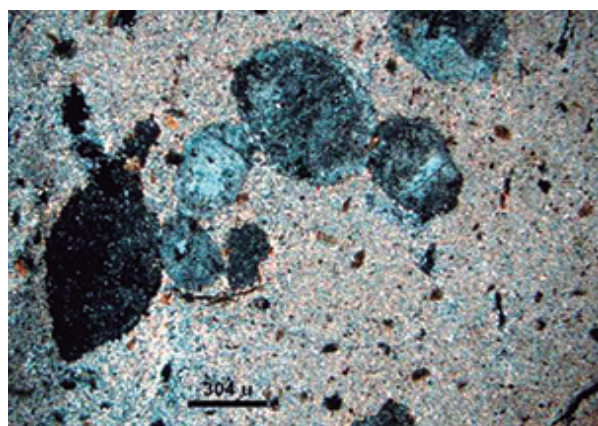
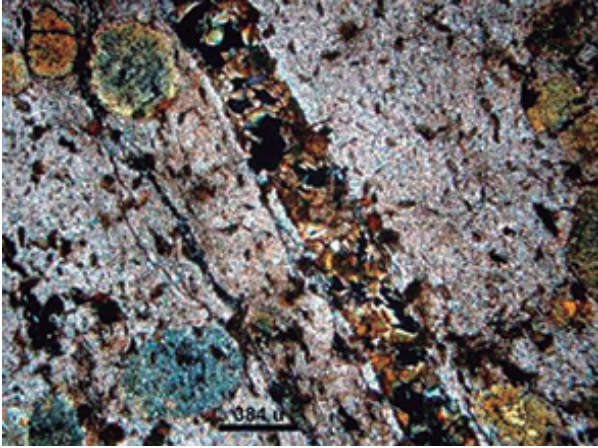


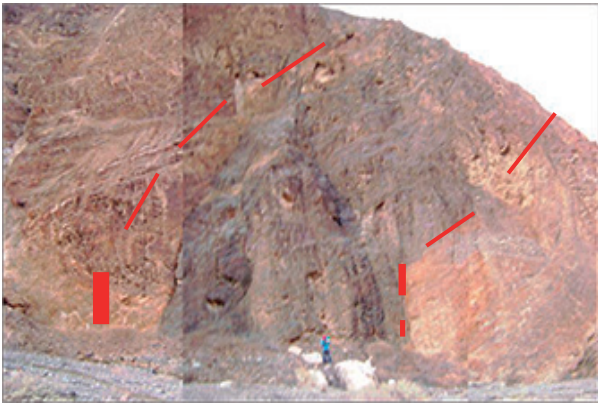
Figura N.º 4. Pizarra con textura mosqueada. Se observa como conformante de la matriz recrystalización de sericita. Además la presencia de granos redondeados de plagioclasas con cierta policristalización y otros alterados a cordierita maclada



**Figura N.º 5.** Presencia de venillas de limonitas de corte recto, dando tiñes pardos en la matriz, producto de la dispersión de las micro partículas en ella.

Más al tope, continúa con el predominio de las secuencias de cuarcitas blanquecinas con óxidos y con casi 120 metros de desarrollo, teniéndose hacia el tope de la misma un nivel de sill andesítico, al cual se ha podido reconocer su fuente de origen (estructura en dique) y a partir del cual se observa su cambio de orientación, encajonándose según la estratificación de la secuencia sedimentaria (Figura N.º 6). El sill en su zona de mayor desarrollo alcanza 20 m de espesor, acuniándose en los sectores más distales de su centro emisor.

Por encima del sill la secuencia de cuarcitas continúa, siendo reconocidos en estos niveles slumps de amplitudes de 10-15 m.



**Figura N.º 6.** Dique-sill andesítico cortando cuarcitas; fuente de origen del sill mostrado en la Figura N.º 9 d. (Ver Plano de Alteración Mineralización en Figura N.º 11)

Suprayaciendo con un contacto no definido se tiene un cambio areniscas de grano fino a muy fino, de coloraciones oscuras y de fina laminación interna. Estas se encuentran afectadas por diques cortantes de morfología sinuosa. Ya hacia el tope de toda la secuencia se reconoce un cambio gradacional de las areniscas de grano fino hacia calizas gris oscuras, pasando por areniscas calcáreas, con aumento progresivo en el contenido de carbonato. En el tope de toda la secuencia, predominan bancos potentes de calizas con nódulos de óxidos de tamaños de hasta 2 cm.

### 3.2.2 Rocas Ígneas

En la zona baja de la quebrada Totorita y hacia el valle del río Cañete, aflora en casi todo el recorrido intrusivos de la Superunidad Tiabaya (Batolito de la costa) que varían en composición entre Diorita-Tonalita (Figura N.º 01), con predominio de diorita, de textura fanerítica gruesa. Dentro del área de estudio estas rocas son de composiciones de diorita, coloración leucócrata, gris claro, grano grueso e hipidiomórfica. Estas unidades se emplazan y entran en contacto con las rocas preexistentes Mesozoicas, levantándolas y estructurando “Roof Pendants”, como puede visualizarse en el mapa geológico regional (Figura N.º 1). Hacia el techo de su cámara (cerca al contacto), se manifiestan diques sinplutónicos de aplitas graníticas de poco espesor, con morfologías sinuosas y enjambres.

Se manifiesta, además, un vulcanismo conformado por diques afaníticos a microporfídicos oscuros, de composición de andesita y coloración verde oscuro que presentan escasos fenocristales de plagioclasa. En el sector próximo al contacto intrusivo-sedimentarios, se presentan estos diques centimétricos y sinuosos con tendencia vertical de composiciones andesítica-dacítica (Figuras N.º 7 y 8) cortando a las secuencias de grauvacas. Otras manifestaciones de diques de espesores 1.5 m en promedio se encuentran en la parte superior de la quebrada, en general de direcciones perpendicular a la quebrada, con morfología sinuosa y de buzamientos altos; algunos de estos encajonados en las cuarcitas negras finas cambian su dirección haciéndose concordantes con los sedimentarios. Un caso excepcional es un dique-sill, de grandes dimensiones, el cual aflora en el sector alto de la quebrada cercano a la confluencia de quebradas de 1er orden, donde el dique andesítico oscuro hacia su tope se encajona concordante dentro del paquete de las areniscas, dando morfología de un enorme lente de sill (Ver Figura N.º 5, Figura N.º 9 d y Figura N.º 12).

### 3.3 Geología estructural

La tendencia general de alineamientos en toda la zona, es NW-SE, concordante con los alineamientos de los andes.

En cuanto a las estructuras reconocidas, como parte de una tectónica sin sedimentaria se tiene la presencia de boudinage, fallas sin sedimentarias y slumps, los cuales indicarían distensión de la cuenca y además desestabilización en zonas con pendiente.

En cuanto a estructuras tectónicas postdiagénesis, se ha reconocido la presencia de fallas de grandes longitudes, perpendiculares a la dirección de la quebrada, con movimiento de rumbo en su mayoría. Además algunos de estos fallamientos se presentan afectando y desarrollando zonas de intenso fracturamiento y favorable para el emplazamiento de vetillosos verticales de calcita, como los reconocidos en campo (Figura N.º 9).

Otras estructuras reconocidas son plegamientos. Se reconoce un eje anticlinal hacia la parte superior de la quebrada de estudio alineándose a la quebrada misma, con continuidad hasta cerca al contacto con afloramientos de calizas, en donde el plunge del pliegue cierra la estructura hacia la caliza. Otros plegamientos menores asociados a este principal son direcciones casi perpendiculares a la

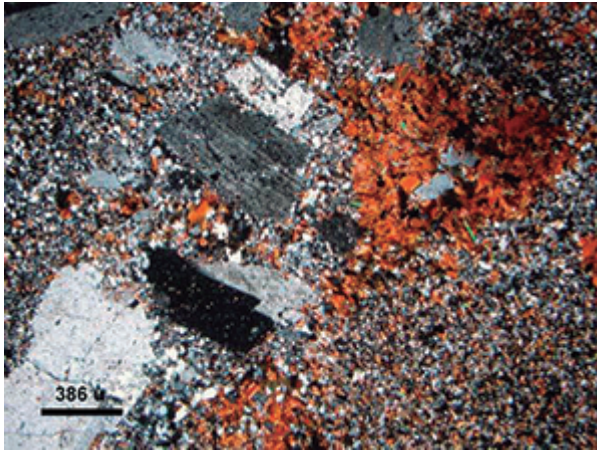


Figura N.º 7. Fenocristales de plagioclasa en andesita metamatizada. Las plagioclasas son de formas subhedrales y bordes corroídos por reemplazamiento de biotita hidrotermal, la cual se presenta diseminada en una matriz de grano fino y conformando playas en ciertos sectores.

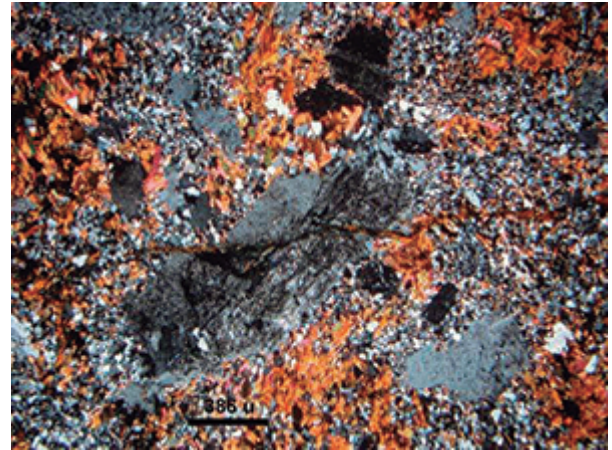


Figura N.º 8. Fenocristal de plagioclasa con bordes fuertemente corroídos por la matriz y forma anhedral. Note las concentraciones de biotitas alrededor del fenocristal. La microfractura corta al fenocristal y está rellena por biotitas y cuarzos de grano muy fino.

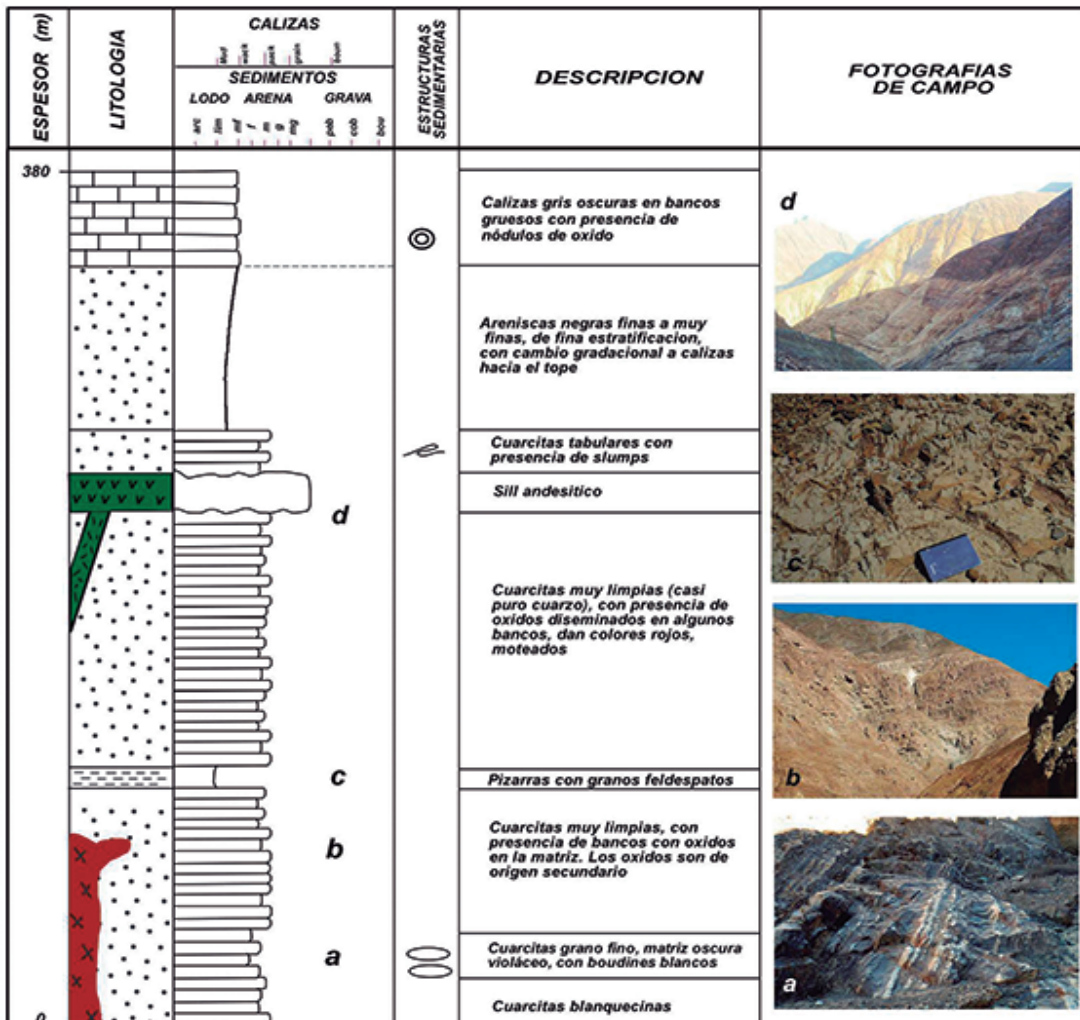


Figura N.º 9. Columna Litoestratigráfica del área de estudio. La secuencia es principalmente siliciclástica, conformada en su mayoría por cuarcitas blanquecinas de alto porcentaje de cuarzo, la que cambia hacia el tope a calizas gris oscuro. Las rocas intrusivas cortan las cuarcitas, y una manifestación de vulcanismo posterior aparentemente básico se emplaza a manera de sill entre las rocas siliciclásticas superiores. Se estima unos 380 m de secuencia sedimentaria de la base al tope. Las fotos están indicadas por letras en cada nivel de la columna según corresponda. (a). Areniscas de color violácea, la flecha muestra los boudines blancos carbonatados. (b). Cuarcitas visto aguas arriba. (c). Pizarras de fuerte fracturamiento con relleno de óxidos. (d). Cuarcitas a la base y sill oscuro al tope, la flecha marca el contacto.

tendencia principal (Figura N.º 9), dando más un aspecto de flexuramientos suaves a regulares en toda la zona.



**Figura N.º 10.** Cuarcitas intensamente diaclasadas con relleno de calcita. Nótese las estructuras de colores blanquecinos y de disposición vertical.

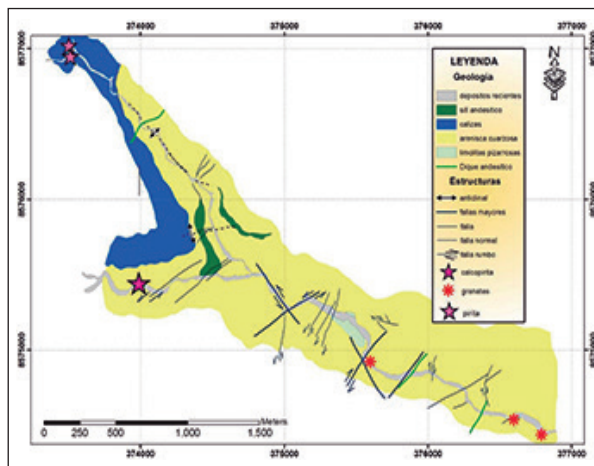


**Figura N.º 11.** Afloramiento de cuarcitas mostrando plegamiento concéntrico en estructura anticlinal. Nótese cómo en la zona anterior los estratos buzanan aguas abajo, mientras que en la zona posterior de la imagen buzanan aguas arriba. Foto tomada mirando aguas arriba.

### 3.4 Alteración hidrotermal y mineralización

Han sido reconocidas algunas zonas de interés de alteración hidrotermal. Una de estas, se presenta en las zonas bajas de la quebrada, en el área próxima al contacto entre las rocas ígneas intrusivas y los sedimentarios, dentro de secuencias de grauvacas cortadas por intrusiones menores de diques subvolcánicos centimétricos y oscuros (composiciones de andesitas-dacitas) de morfologías sinuosas y de tendencias verticales. Estas generan pervasiva alteración potásica, en su mayoría biotita hidrotermal, reemplazando toda la matriz de la roca (Figuras N.º 1, 7 y 8). Esta alteración se da posiblemente por una mayor cercanía al cuerpo intrusivo, del cual provienen los fluidos hidrotermales que modifican el protolito sedimentario. Además en el mismo afloramiento ha sido documentada la presencia de granates de grano fino hasta de 3mm, ligados a estos diques-venillas, posibles indicadores de skarn económico (Figura N.º 11).

Además, toda la secuencia está afectada por disseminación de pirita y pirrotita (a partir de las cuales se oxidan las cuarcitas), al parecer, con mayores concentraciones en los niveles más porosos de las cuarcitas.



**Figura N.º 12.** Plano de Alteración-Mineralización superpuesto a la Geología. Las estrellas y asteriscos marcan zonas de interés (ver leyenda).

Finalmente, en muestras tomadas de venillas de calcita que cortan las cuarcitas, se ha identificado macroscópicamente y bajo el microscopio de luz reflejada finos granos de calcopirita (mena de cobre), lo cual podría indicar una fuente de reemplazamiento de sulfuros en las secuencias carbonatadas no aflorantes (posiblemente en profundidad). La identificación de nódulos de óxidos de las calizas del sector alto de la quebrada también son indicadores que los fluidos hidrotermales llegaron hasta ese sector, aunque la proporción de óxidos observados es mínima (Figura N.º 12).

## IV. CONCLUSIONES

El área de trabajo presenta características típicas de una zona de metamorfismo de contacto; con recrystalización de las rocas sedimentarias preexistentes y con una menor influencia de metamorfismo regional; por la formación de pliegues de tendencia NW-SE y otros menores de direcciones perpendiculares a modo de flexuramientos y pliegues concéntricos con plunge hacia el oeste.

La generalizada disseminación de pirita-pirrotita en toda la zona indicaría una gran influencia de los intrusivos cercanos y una fuerte influencia de fluidos hidrotermales con contenido metálico.

El hidrotermalismo sectorizado ligado a vetillos de diques andesíticos-dacíticos, presenta alteración de tipo potásica, asociada a presencia de granates, los cuales son indicadores de zonas de metasomatismo de contacto con posible interés económico, probablemente para prospección de una ocurrencia de Pórfido-Skarn de Cu.

## V. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a los demás integrantes del Grupo de Investigación GEIPPE por su colaboración y participación en campo: Gianfranco Toledo, Cindy Pacheco, Joseph López, Harrison Jara y Christian Arango. Además un especial saludo al Ing. y compañero Israel Sangay por sus trabajos previos en la zona, motivación y consejos transmitidos hacia el grupo para realización de

este proyecto. Por último un afectuoso agradecimiento al profesor Javier Jacay por sus revisiones y consejos.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. De Haller, A., Corfu, F., Fontboté, L., Schaltegger, U., Barra, F., Chiaradia, M., Frank, M., and Alvarado, J. Z., (2006). Geology, geochronology, and Hf and Pb isotope data of the Raúl-Condestable iron oxide-copper-gold deposit, central coast of Perú: *Economic Geology*, V. 101, p. 281–310.
2. Medina, R.; Galvez, S. Gagliuffi, P.; Bohorquez, J.; Llamoca, P.; Aroni, J.; Alarcón, J.; Napán, P.; Pedemonte, G.; Pacheco, C.; Toledo, G.; De La Cruz, Y.; Hilaes, K.; Zapata, M.; Arango, C.; López, J. y Jara, H., (2011). *El Metamorfismo de contacto en Lunahuaná, Cañete. Grupo de Estudio e Investigación de Petrografía y Petrología (GEIPPE)*, Informe Técnico de Grupo de Estudio, Vicerrectorado de Investigación-UNMSM, 3 p.
3. Pitcher, W., Atherton, M., Cobbing, E. y Beckinsale, R., (1985). *Magmatism at a plate edge, the Peruvian Andes*. John Wiley and Sons New York. 328 p
4. Robb, L., (2005). *Introduction to Ore-Forming Process*. Blackwell Publishing, p. 386p.
5. Salazar, H. y Landa, C., (1993). Geología de los cuadrángulos de Mala Lunahuana, Tupe, Conayca, Chíncha, Tantara y Catrovirreyna. *Bol. Serie A, Carta Geológica Nacional*. N.º 44, p. 115p
6. Sillitoe, R.H., (2010). Porphyry Copper Systems: *Economic Geology*, V. 105, p. 3-41.
7. Stewart, J. W., Evernden, J.F., Snelling, N.J., (1974). Age determinations from Andean Peru: a reconnaissance survey. *Geological Society of America Bulletin*, v. 85, n. 7, p. 1107-1116.