SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

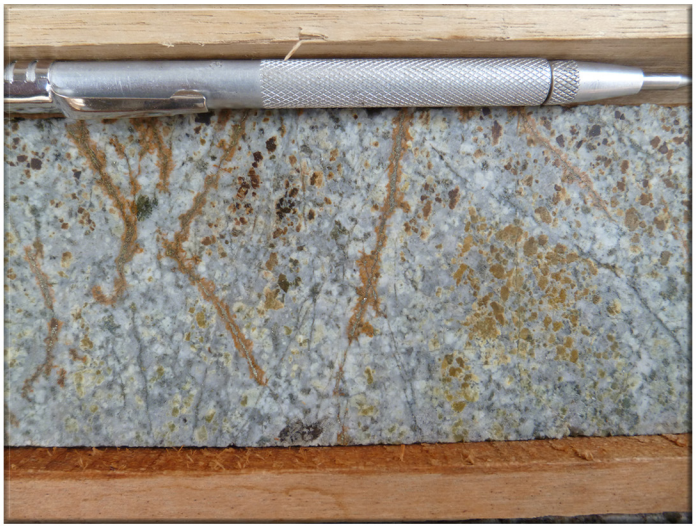
INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

Informe Técnico Nº A6870

ESTUDIO METALOGENÉTICO DE LA MINERALIZACIÓN DE CU-AU EN LAS FRANJAS DE PÓRFIDOS EPITERMALES DE APURÍMAC: SURESTE DEL PERÚ

Región Apurímac



JORGE ACOSTA
EDER VILLARREAL
CHUL-HO HEO
YOU-DONG KIM
SEOK-JUN YANG
BON-HUL YU
ONNURI IM

FEBRERO
2019

VERSIÓN Nº 001 CARÁTULA DE INFORME TÉCNICO - INGEMMET / 04.01.19

Contenido

ABSTRACT ..... - 1 -
RESUMEN ..... - 4 -
INTRODUCCIÓN ..... - 7 -
1. GENERALIDADES ..... - 9 -
1.1. Ubicación ..... - 9 -
1.2. Accesibilidad ..... - 9 -
1.3. Antecedentes ..... - 10 -
1.4. Metodología de trabajo ..... - 11 -
1.4.1. Métodos de muestreo ..... - 11 -
1.4.2. Preparación de muestras ..... - 13 -
1.4.3. Técnicas analíticas ..... - 16 -
2. GEOLOGÍA REGIONAL ..... - 18 -
2.1. Estratigrafía ..... - 18 -
2.2. Rocas intrusivas ..... - 23 -
2.2.1. Magmatismo del Eoceno medio - Oligoceno inferior (~ 48-30 Ma) ..... - 23 -
2.2.2. Magmatismo del Oligoceno superior ..... - 25 -
3. METALOGENIA ..... - 28 -
3.1. Depósitos pórfido-skarn Cu-Mo (Au-Zn) y relacionados con intrusivos Cu-Fe-Au del Eoceno-Oligoceno (Franja XV) ..... - 28 -
3.1.1 Producción histórica de cobre ..... - 30 -
3.1.2 Reservas y recursos de cobre ..... - 30 -
3.2 Depósitos epitermales de Au-Ag y polimetálicos con superposición epitermal (Franja XXI) ..... - 32 -
3.2.1 Reservas y recursos de oro y plata ..... - 32 -
4. GEOLOGÍA ECONÓMICA ..... - 35 -
4.1. Proyectos y operaciones mineras reconocidas en las campañas de campo. - 35 -
4.1.1. Constancia ..... - 35 -
4.1.2. Las Bambas ..... - 42 -
4.1.3. Pallancata ..... - 50 -

4.1.4. Inmaculada ..... - 60 -
4.1.5. Trapiche ..... - 68 -
4.1.6. Puca Corral ..... - 74 -
4.2. Pequeña minería, otros proyectos y prospectos, ocurrencias y anomalías - 78 -
Pequeña minería ..... - 78 -
4.2.1. San Diego ..... - 78 -
4.2.2. Santa Rosa de Virundo ..... - 81 -
4.2.3. Yuringa ..... - 83 -
4.2.4. Choquehuaraca ..... - 85 -
4.2.5. Socosani (El Porvenir) ..... - 87 -
Proyectos y prospectos ..... - 89 -
4.2.6. Los Chancas ..... - 89 -
4.2.7. Utupara ..... - 91 -
Ocurrencias y anomalías ..... - 97 -
4.2.8. Angostura ..... - 97 -
4.2.9. Atacancha ..... - 100 -
4.2.10. Lahuani ..... - 103 -
5. GEOQUÍMICA REGIONAL DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA 108
5.1. Interpretación del elemento oro (Au) 111
5.2. Interpretación del elemento plata (Ag) 113
5.3. Interpretación del elemento cobre (Cu) 113
5.4. Interpretación del elemento molibdeno (Mo) 116
5.5. Interpretación de las áreas anómalas y zonas con potencial 116
6. CARACTERÍSTICAS PETOGRÁFICAS Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA 119
6.1. Características petrográficas 119
6.2. Susceptibilidad magnética 127
6.3 Relaciones de la mineralización con granitos de la serie magnetita-ilmenita 132
7. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS GENERADORAS 133
7.1. Litogeoquímica 133
7.2. Evolución y procesos de diferenciación magmática y ambiente tectónico 138
7.3. Características de las tierras raras (REE). 142

8. EDAD DE LAS ROCAS PRECURSORAS Y MINERALIZACIÓN Y FUENTES DE MINERALIZACIÓN DE Cu-Mo-Au EN EL BATOLITO ANDAHUAYLAS-YAURI. 146

8.1. Datos geocronológicos 146

8.2. Interpretación de datos isotópicos de plomo 147

8.2.1. Análisis de los diagramas $^{207}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$ y $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$ 150

8.3. Interpretación de datos isotópicos de estroncio 152

CONCLUSIONES 157

AGRADECIMIENTOS 161

BIBLIOGRAFÍA 162

ANEXOS 173

ABSTRACT

In April 2015, an international agreement was signed between the Geological, Mining and Metallurgical Institute (INGEMMET) and the Korean Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM) to study the metallogeny of copper and gold mineralization in the porphyry and epithermal belts of the Apurimac region.

In recent years this region has been studied and explored due to the large number of metallic mineral deposits and mineral occurrences discovered by different mining companies (almost 70% of the surface is concessioned).

Initially, Apurimac was considered a region with exclusive iron potential, but more recent studies have confirmed that there is also Cu-Au-Mo porphyry-skarn deposits. The deposits are in a metallogenic belts that is considered a probable extension of the Oligocene copper belt in Chile (Perello et al., 2003).

The age of the Batolito Andahuaylas-Yauri emplacement is formed by an early stage of mafic rocks from 48 to 43 Ma and another of rocks of intermediate composition from 40 to 32 Ma, linked to an alteration-mineralization age of 28 to 33 Ma, 35-37 Ma and 40 Ma.

In this way, in Trapiche the age of mineralization obtained by U-Pb in zircons is ~ 29 Ma, while in Constancia it is ~ 31 Ma, obtained by Re-Os in molybdenite.

Thus, this metallogenic belt has produced more than 2 million tons of fine copper and houses reserves and resources of the order of 85 million tons of fine copper, 17 Moz gold and 407 million ounces of silver.

The structural settings in the Apurimac region is complex, dominated by a compressive tectonic, influenced by the Abancay deflection. Five structural events related to a sinistral shear were determined.

The processing of geochemical data from the Andahuaylas-Yauri Batolito ravine sediments showed background and threshold values for 14.59 and 36.89 ppb gold, for 0.25 and 0.6 ppm silver, for 25.7 and 98.25 ppm copper and, finally, for 1.95 and 7.55 ppm molybdenum, respectively.

The most important geochemical anomalies are related to two possible targets. The first is located between Los Chancas, Antilla and Aucapampa and has Au-Cu-Mo geochemical anomalies. The second, south of La Yegua and east of Los Chancas, has Au-Ag-Cu-Mo geochemical anomalies.

In the petrography, five coarse-grained intrusive facies formed by diorite, tonalite, granodiorite, monzonite and monzogranite, as well as porphyritic facies of monzonite, dacite and andesite were recognized. Within the opaque minerals, pyrite, chalcopyrite, magnetite and hematite were recognized. Magnetite was found preferentially in the mafic facies, while chalcopyrite and pyrite were found in the felsic facies.

Magmatism in Andahuaylas-Yauri Batholith is characterized by chalco-alkaline and sub-alkaline with medium to high K content. The rocks belong to a meta-luminous and pera-luminous environment (ISA = 0.8-1.9), typical of granites Type I and Type S respectively. These characteristics are interpreted as a deep medium with magmatic differentiation from mafic to felsic rocks, possibly related to more oxidized than reduced magmatism.

The ratios of K/Rb and Rb/Sr showed an evolution from unevolved to highly evolved magmas. The magmas went through processes of differentiation and fractionated crystallization in a tectonic environment, mainly of continental volcanic arc (CVA), related to highly evolved Type I granites.

The rocks of the Andahuaylas Yauri Batholith present an enrichment in LREE and impoverishment in HREE. The intrusive rocks present differences in their magnetic susceptibility, thus the granite facies of the Andahuaylas-Yauri Batholith are classified in ferro-magnetic (average ~ 9x10-3 SI) and para-magnetic (average 0.2 to 4.6 x10-3 SI).

In Las Bambas, the intruders have a ferromagnetic behavior (8.6 to 57x10-3 SI) as Constancia (14.5-18.5 x10-3 SI). However, the more felsic Constancia facies showed paramagnetic behaviors (0.5 to 1.4 x10-3 SI). In Trapiche the intrusive rocks only presented paramagnetic characteristics (0.03 to 1.7 x10-3 SI).

The study of lead isotopes in the Andahuaylas-Yauri Batholith, determined that the source of Cu-Mo-Au mineralization comes from the upper crust (Trapiche and Constancia), while Cu-Au derives from a mixture of the upper crust and lower crust (Utupara and Cotabambas).

Analysis of the initial Sr ratios determined that the mining potential in the Apurimac region is given by porphyries of small to large size (<100,000 tons of fine copper). There is an inverse relationship between the initial Sr ratios and the fine metal content of the mineral deposits.

RESUMEN

En abril del 2015 se firmó el Convenio internacional entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Instituto Coreano de Geociencia y Recursos Minerales (KIGAM), con el fin de estudiar la metalogenia de la mineralización de cobre y de oro en las franjas de pórfidos y epitermales de la región de Apurímac. En los últimos años esta región ha sido estudiada y explorada debido al gran número de depósitos minerales metálicos y ocurrencias minerales descubiertas por diferentes empresas mineras (casi el 70% de la superficie está concesionado). Inicialmente, Apurímac fue considerado como una región con potencial exclusivo de hierro, pero estudios más recientes han confirmado que también hay depósitos tipo pórfido-skarn de Cu-Au-Mo. Los depósitos se encuentran en una franja metalogenética que se considera como una extensión probable de la franja Oligoceno de cobre en Chile (Perello et al., 2003).

La edad del emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri está formada por una etapa temprana de rocas máficas de 48 a 43 Ma y otra de rocas de composición intermedia de 40 a 32 Ma, vinculadas a una edad de alteración-mineralización de 28 a 33 Ma, 35-37 Ma y 40 Ma. De esta manera, en Trapiche la edad de mineralización U-Pb en zircones es de ~ 29 Ma, mientras que en Constancia es ~ 31 Ma, obtenida por Re-Os en molibdenita

Es así, que esta franja metalogenética, ha producido más de 2 millones de toneladas de cobre fino y alberga reservas y recursos del orden de 85 millones de toneladas de cobre fino, 17 Moz de oro y 407 millones de onzas de plata.

El marco estructural en la región de Apurímac es complejo, dominado por una tectónica transpresiva, influenciada por la deflexión Abancay. Se determinaron cinco eventos estructurales relacionados a una cizalla sinestral.

El procesamiento de datos geoquímicos de sedimentos de quebrada del Batolito Andahuaylas-Yauri mostraron valores de fondo (background) y umbrales (threshold) para el oro 14.59 y 36.89 ppb, para la plata 0.25 y 0.6 ppm, para el cobre 25.7 y 98.25 ppm y, finalmente, para el molibdeno 1.95 y 7.55 ppm, respectivamente. Las anomalías geoquímicas más importantes están relacionadas con dos posibles *targets*. El primero se encuentra entre Los Chancas, Antilla y Aucapampa y tiene anomalías geoquímicas de Au-Cu-Mo. El segundo, al sur de La Yegua y al este de Los Chancas, con anomalías geoquímicas Au-Ag-Cu-Mo.

En la petrografía se reconocieron cinco facies intrusivas de grano grueso formadas por diorita, tonalita, granodiorita, monzonita y monzogranito, así como facies porfiríticas de monzonita, dacita y andesita. Dentro de los minerales opacos se reconocieron pirita, calcopirita, magnetita y hematita. La magnetita se encontró de preferencia en las facies máficas, mientras que la calcopirita y pirita en las facies félsicas.

El magmatismo en el Batolito Andahuaylas-Yauri se caracteriza por ser calco-alcalino y sub-alcalino con medio a alto contenido de K. Las rocas pertenecen a un ambiente metaluminoso y peraluminoso (ISA = 0,8-1,9), típico de granitos Tipo I y Tipo S respectivamente. Estas características se interpretan como un medio profundo con diferenciación magmática de rocas máficas a félsicas, posiblemente relacionadas con magmatismo más oxidado que reducido.

Los cocientes de K/Rb y Rb/Sr mostraron una evolución a partir de magmas no evolucionados a muy evolucionados. Los magmas pasaron por procesos de diferenciación y cristalización fraccionada en un ambiente tectónico, principalmente de arco volcánico continental (VAG), relacionados con granitos Tipo I muy evolucionados.

Las rocas del Batolito Andahuaylas Yauri presentan un enriquecimiento en LREE y empobrecimiento en HREE.

Las rocas intrusivas presentan diferencias en su susceptibilidad magnética, de esta manera las facies de granito del Batolito Andahuaylas-Yauri se clasifican en ferromagnéticos (promedio ~ $9x10^{-3}$ SI) y paramagnéticos (promedio 0.2 a 4.6 $x10^{-3}$ SI). En Las Bambas los intrusivos tienen un comportamiento ferromagnético (8.6 a $57x10^{-3}$ SI) como Constancia (14.5-18.5 $x10^{-3}$ SI). Sin embargo, las facies más félsicas de Constancia mostraron comportamientos paramagnéticos (0.5 a 1.4 $x10^{-3}$ SI). En Trapiche las rocas intrusivas sólo presentaron características paramagnéticas (0.03 a 1.7 $x10^{-3}$ SI).

El estudio de los de isótopos de plomo en el Andahuaylas-Yauri Batolito, determinó que la fuente de mineralización de Cu-Mo-Au proviene de la corteza superior (Trapiche y Constancia), mientras que la de Cu-Au deriva de una mezcla de la corteza superior y la corteza inferior (Utupara y Cotabambas).

Los análisis de los cocientes de Sr inicial determinaron que el potencial minero en región Apurímac está dado por pórfidos de tamaño pequeño a grande (<100,000 toneladas de cobre fino). Existe una relación inversa entre los cocientes de Sr inicial y el contenido de metal fino de los depósitos minerales.

INTRODUCCIÓN

En este estudio se realizaron visitas técnicas en junio y septiembre del 2015 a importantes proyectos y operaciones mineras como Trapiche (pórfido Cu-Mo), Constancia (pórfido-skarn Cu-Mo), Las Bambas (pórfido-skarn Cu-Au), Chalhuanca, (vetas polimetálicas), Pallancata (epitermal de Ag-Au), Inmaculada (epitermal de Ag-Au) y Puca Corral (skarn Cu). Constancia e Inmaculada se localizan en la región de Cusco y Ayacucho, respectivamente.

Durante la primera campaña del 17 y 28 de junio del 2015 se realizó el reconocimiento de la geología, alteración y mineralización de la mina Constancia y el proyecto Trapiche, donde se tomaron 32 muestras de esquirlas de roca y mena. De la misma manera, se tomaron 5 muestras de roca inalterada de diferentes afloramientos del Batolito Andahuaylas, sumando un total de 37 muestras.

Del 1 al 18 de septiembre del 2015, se realizó la visita técnica y reconocimiento geológico a las operaciones mineras de Las Bambas, Pallancata, Mina Chalhuanca e Inmaculada. Posteriormente, se recolectaron muestras de testigos de perforación en los almacenes del proyecto Puca Corral y la mina Constancia, ubicadas en la ciudad de Arequipa.

Durante la segunda salida, se tomaron muestras de rocas y mena en Las Bambas, correspondientes a 8 muestras de Ferrobamba, 9 muestras de Chalcobamba y 2 muestras de rocas intrusivas de alrededores, 19 muestras en total. En la carretera Chalhuanca-Abancay se tomaron un total de 4 muestras de rocas inalteradas del Batolito Andahuaylas-Yauri, así como de la Mina Chalhuanca 4 muestras.

Posteriormente se tomaron muestras de los depósitos epitermales de Au-Ag. En Pallancata se tomaron 11 muestras y en Inmaculada 21 muestras, sumando 32 muestras. En Arequipa se tomaron 22 y 11 muestras de testigos de perforación de Puca Corral y Constancia respectivamente.

Al final, en la segunda campaña de campo del mes de septiembre se recolectaron un total de 92 muestras de roca y mena.

Los alcances de este estudio incluyen nuevos datos de geocronología, isotopía de Pb, susceptibilidad magnética y geoquímica de rocas y menas (ICPMS, XRF y FAA) con una nueva interpretación metalogenética. También se incluye nuevas descripciones de campo e ilustraciones de minas y proyectos reconocidos en las dos campañas, base de datos y fotomicrografías de secciones delgadas y pulidas de muestras de mena y roca, cálculos de valores de fondo y umbrales geoquímicos de sedimentos de quebrada de oro, plata, cobre y molibdeno.

1. GENERALIDADES

1.1. Ubicación

La zona de estudio se localiza en la Cordillera Occidental de la región Apurímac, la cual está afectada por numerosos cuerpos ígneos intrusivos que pertenecen al Batolito Andahuaylas - Yauri. Desde el punto de vista metalogenético, se encuentra dentro del dominio del arco principal (Clark et al., 1990) y dentro de la franja metalogenética XV de pórfidos - skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Au-Cu-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno – Oligoceno (Quispe et al., 2007; Quispe et al., 2008).

La franja de Andahuaylas - Yauri cubre un área aproximada de 25 000 km^2 y se encuentra a una distancia aproximada de 300 km de la fosa Perú - Chile.

1.2. Accesibilidad

El acceso al área de estudio es posible por vía aérea, partiendo desde el Aeropuerto Internacional "Jorge Chávez " (Lima) hasta el Aeropuerto "Velasco Astete" (Cusco), con una duración de vuelo de 1 hora y 15 minutos aproximadamente. Luego se continúa por carretera asfaltada hacia la ciudad de Abancay durante 4 horas aproximadamente.

Los diferentes desvíos y accesos a las ocurrencias minerales se presentan en trochas y algunas veces en carreteras sin pavimentar (Figura 1.1). Los principales accesos por carretera corresponden a:

Tabla 1.1.- Ruta, distancia y tiempo hacia la zona de estudio.

Trayecto	Distancia	Tiempo	Tipo de vía / Estado
Cusco - Abancay	193 km.	4 horas	Vía asfaltada / bueno
Nazca - Puquio - Abancay	457 km.	6 horas	Vía asfaltada / bueno
Lima - Huancayo - Andahuaylas - Abancay	938 km.	16 horas	Vía asfaltada / bueno

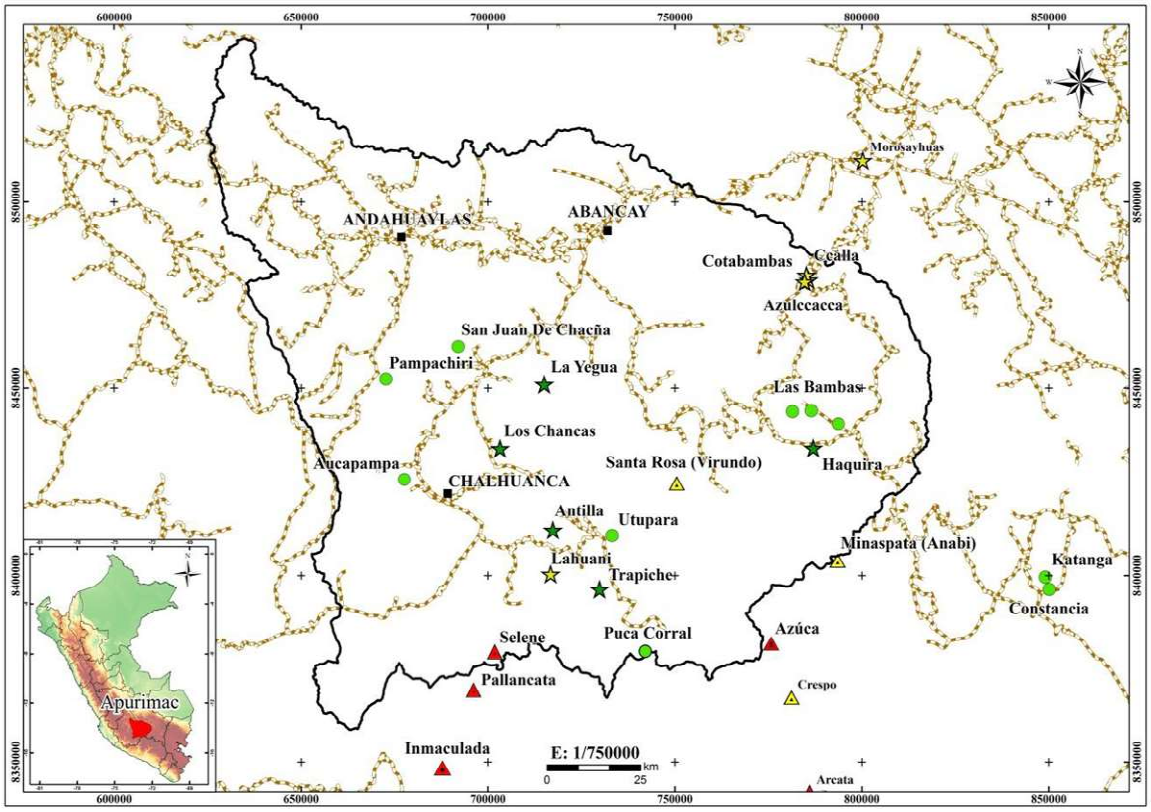


Figura 1.1.- Ubicación y accesibilidad a las diferentes zonas de estudio en la región Apurimac.

1.3. Antecedentes

La región Apurímac ha sido el centro de numerosas investigaciones y exploraciones mineras a través de muchos años debido al gran potencial de albergar grandes yacimientos minerales del tipo pórfido y skarn a lo largo del Batolito Andahuaylas-Yauri. Existen numerosos reportes y artículos elaborados por las diferentes empresas mineras, por lo que INGEMMET junto con el Servicio Geológico de Corea (KIGAM) decidieron realizar un estudio metalogenético de la mineralización de cobre - oro alojado en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac.

En el año 2010, INGEMMET y KIGAM evaluaron minas, proyectos, ocurrencias y áreas libres de derechos mineros. El estudio se dividió en dos áreas debido a su la amplia extensión: la zona A, representada por el Proyecto Cotabambas en el lugar y la zona B donde con varias ocurrencias minerales como: Angostura,

Santa Rosa de Virundo, Yuringa, Atacancha, San Diego, Lahuani, Jara Jara, Utupara y los alrededores de Las Bambas; así como otras zonas con potencial como Jalaoca y Suparaura.

Las muestras recolectadas se utilizaron para hacer estudios de isótopos de plomo y estroncio (Pb-Pb y Rb-Sr), geocronología (Ar-Ar), petrográficos, mineragráficos y análisis geoquímicos multi-elemental (ICPMS) y roca total (XRF). Como complemento, se realizó una nueva interpretación de los datos geoquímicos del Au, Cu y Mo a partir de muestras de sedimentos de quebrada de estudios anteriores de la base de datos del INGEMMET.

1.4. Metodología de trabajo

La metodología se dividió en trabajos de gabinete y campo. En la etapa de campo se recolectaron muestras de roca y mena para diferentes estudios y análisis geoquímicos (Ver Mapa 01), para lo cual se aplicaron diferentes métodos de muestreo y técnicas analíticas que se describen a continuación.

1.4.1. Métodos de muestreo

Se utilizaron diferentes métodos de muestreo para realizar estudios de petrografía, mineragrafía, inclusiones de fluidos y análisis de isótopos, geocronología y geoquímica.

- Muestreo de canal

Este tipo de muestreo se aplicó mayormente en proyectos y unidades mineras, como Trapiche, Las Bambas, Pallancata, etc. La muestra se obtuvo mediante un corte uniforme y continuo (en forma de canal), perpendicular a la estratificación o cuerpos mineralizados tabulares.

Las muestras tomadas por este método se enviaron para para realizar análisis geoquímicos por los métodos ICPMS, XRF, FAA y AAS.

MAPA 01.- UBICACIÓN DE MUESTRAS DE ROCAS

650000 700000 750000 800000 850000

8550000 8500000 8450000 8400000 8350000

N

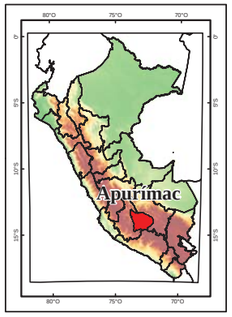
KIGAM-R-063
KIGAM-R-064
KIGAM-R-065
KIGAM-R-066
KIGAM-R-025
KIGAM-R-059
KIGAM-R-058
KIGAM-R-051
KIGAM-R-052
KIGAM-R-053
KIGAM-R-054
KIGAM-R-055
KIGAM-R-056
KIGAM-R-057
KIGAM-R-042
KIGAM-R-043
KIGAM-R-062
KIGAM-R-049
KIGAM-R-048
KIGAM-R-044
KIGAM-R-045
KIGAM-R-046
KIGAM-R-047
KIGAM-R-061
KIGAM-R-023
KIGAM-R-024
KIGAM-R-022
KIGAM-R-021
KIGAM-M-001
KIGAM-M-002
KIGAM-M-003
KIGAM-M-004
KIGAM-M-005
KIGAM-M-007
KIGAM-M-012
KIGAM-M-013
KIGAM-M-014
KIGAM-M-015
KIGAM-M-018
KIGAM-R-019
KIGAM-R-017
KIGAM-M-008
KIGAM-M-016
KIGAM-M-031
KIGAM-M-032
KIGAM-M-033
KIGAM-M-034
KIGAM-M-041
KIGAM-R-036
KIGAM-R-035
KIGAM-R-026
KIGAM-R-027
KIGAM-R-028
KIGAM-R-029
KIGAM-R-037
KIGAM-M-038
KIGAM-R-039
KIGAM-R-075
KIGAM-R-074
KIGAM-R-068
KIGAM-R-067
KIGAM-R-091
KIGAM-R-092
KIGAM-R-089
KIGAM-R-081
KIGAM-R-082
KIGAM-R-083
KIGAM-R-084
KIGAM-R-085
KIGAM-R-086
KIGAM-R-079
KIGAM-R-088
KIGAM-R-087

Escala gráfica 1:500,000

0 20 km

650000 700000 750000 800000 850000

MAPA ÍNDICE



LEYENDA

- Muestra de Roca
- Límite departamental

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

INGEMMET

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio metalogenético de la mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

UBICACIÓN DE MUESTRAS DE ROCA

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
01	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 500,000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

- Muestreo de esquirlas de roca (rock-chip)

El método se utilizó en afloramientos de rocas inalteradas de intrusivos del Batolito Andahuaylas-Yauri y en mineralización diseminada o vetillas entrecruzadas (Trapiche, Constancia). Las muestras se tomaron de manera puntual en estaciones definidas en la red de muestreo, tomando fragmentos de 2 a 4cm de diámetro, las cuales se enviaron para realizar análisis geoquímicos por los métodos ICPMS, XRF y AAS.

- Muestreo selectivo

Para estudios especiales como petrografía, mineragrafía, inclusiones de fluidos y análisis de isótopos y geocronología se tomaron muestras selectivas y de zonas puntuales. Las muestras procedieron de testigos o afloramientos con venillas de cuarzo con sulfuros, venillas con molibdenita, zonas con sulfuros (diseminados o en venillas), rocas inalteradas y con alteración hidrotermal, etc.

1.4.2. Preparación de muestras

- **Para análisis geoquímicos**

Las muestras de roca o mena fueron secadas a temperaturas entre 60ºC y 105ºC, para luego ser reducidas por una trituradora de mandíbulas, la cual recibe fragmentos hasta de 15 cm para ser reducidos hasta en un 80%). Posteriormente el material es tamizado con una criba de 2 mm (malla -10). Finalmente, la muestra fue pulverizada a malla -140, con un tamaño de partícula aceptable (normalmente <75μ), quedando libre de contaminantes.

- **Para análisis de isótopos de plomo**

Para el análisis de los isótopos de Pb, fue necesario separar los sulfuros de las gangas de las muestras. Para este fin, las muestras con sulfuros en venillas y diseminadas fueron trituradas manualmente (comba y martillo) o en una chancadora secundaria.

Las muestras con sulfuros diseminados en cantidades mayor de 1 Kg pasan por la chancadora secundaria, dejando partículas menores de 5 mm. Este proceso demora menos de 1 minuto por muestra de 2 kilos en promedio. En el caso de muestras con sulfuros en venillas, la separación fue manual con una comba y martillo.

Las muestras con cantidades menores a 1 Kg. (en nuestro caso <300 g) no pasaron por la chancadora secundaria, ya que el proceso disminuye la cantidad de la muestra. En su lugar, la muestra pasó por el triturador de ágata, donde se redujo el tamaño en pocos segundos. En el mortero de ágata, la muestra fue reducida a tamaños de partículas de malla +10 (ASTM).

Para tener un tamaño uniforme de partículas a trabajar, se utilizaron las mallas +20 +40 +60 (ASTM). El tamaño óptimo para la separación fueron partículas que pasaron la malla 20 y las retenidas en la malla 40. En estas granulometrías quedaron muchas partículas libres de sulfuros lo cual agiliza el trabajo. Si la cantidad de sulfuros de granulometría -20 y +40 no es suficiente, se procede a trabajar con los de granulometría +60, hasta llegar a la cantidad requerida (1 a 2 gramos).

Después del proceso de chancado y separación, las muestras quedan contaminadas con polvo. El polvo corresponde a arcillas que opacan el brillo de los sulfuros. Para su limpieza, fueron lavadas con agua y secadas en horno a temperatura de 65°C.

Los sulfuros en las muestras que fueron lavadas y secadas, fueron separados de las gangas manualmente. Para tal fin, se usaron una lupa de mano y pinza metálica de punta fina para juntar la cantidad requerida.

Los cristales de sulfuros con patinas de óxidos fueron lavados en baño maría con HCl al 10% de pureza, con ondas de ultrasonido. Esto dura un tiempo aproximado de 20 minutos (dependiendo que tanta patina contenga la muestra) para eliminar las pátinas y dejar los cristales limpios.

Después del lavado con HCl, los sulfuros pasaron por un proceso de control de calidad (QA/QC) en el estéreo-microscopio. La evaluación consistió en comprobar si los sulfuros separados correspondían a partículas individuales o mixtas (sulfuro 1-sulfuro 2 o sulfuro – ganga). De esta manera, se retiraron las partículas mixtas para seleccionar solo los cristales individuales de sulfuros.

Para casos especiales, donde los cristales de sulfuros son bien finos, la muestra es triturada a malla -100 y separada de los sulfuros por medio de densidades, utilizando líquido pesado.

Figura 1.4.1. Preparación de muestras para la separación de sulfuros. A. Chancadora secundaria. C. Triturador de ágata. C. Tamices de. D. Horno

1.4.3. Técnicas analíticas

Las muestras seleccionadas para análisis geoquímicos, fueron enviadas al Laboratorio SGS, el cual describe los procedimientos para los diferentes métodos geoquímicos que se emplearon para este estudio (http://www.sgs.pe/es-es/mining/analytical-services/geochemistry):

- Fluorescencia de rayos X (XRF)

Este método se realizó en las muestras de roca inalterada para el análisis de roca total. Para tal efecto, se prepara una muestra estándar la cual es fundida con un fundente (metaborato de litio). Posteriormente el fundido se vierte en un disco de cristal y por medio de un analizador XRF se miden los rayos X fluorescentes emitidos de la muestra cuando es excitada por una fuente primaria de rayos X. De esta manera se obtienen los óxidos totales: Al_2O_3, CaO, Cr_2O_3, K_2O, MgO, MnO, Na_2O, P_2O_5, Fe_2O_3, SiO_2, TiO_2, LOI.

Figure 1.4.2. A. Separación Manual. B. Separación por líquido pesado. C. Estereomicroscopio. D. Vista de cristales de pirita al estereomicroscopio.

- **Ensayo al fuego (FAA515)**

El ensayo al fuego es el proceso estándar para obtener concentraciones de oro. Se utilizó en todas las muestras de roca y mena, para conocer los valores de Au en ppm o ppb. Se utilizó el análisis FAA515 de 50 g, cuyas muestras fueron sometidas a la fusión. La mezcla pulverizada (posterior a la preparación) se pesa y combina con un fundente, añadiendo plomo como colector. Posteriormente, la muestra se calienta en un horno a 1000°C para fundirla e iniciar la extracción de metales preciosos. Los metales preciosos se extraen mediante la copelación, cuyo botón de plomo se oxida y absorbe en la copela, dejando un lecho de metal precioso conocido como gránulo. Finalmente, el contenido de oro del gránulo se determina por peso (gravimétrico) o disolución en agua regia (analizado por AAS).

- **Espectrometría de absorción atómica (AAS)**

Este análisis geoquímico se utilizó para aquellas muestras que pasaron el límite detección superior de los elementos traza como: Cu (5%), Pb (5%) y Zn (2.5%). Una vez que las muestras pasaron por la pulverización y digestión de agua regia, se emplean radiaciones del espectro ultravioleta (UV), visible y Rayos X, los cuales, detectan y determinan cuantitativamente la mayoría de elementos químicos.

- **Espectrometría de Masas con Plasma Acoplado Inductivamente (ICPMS)**

Todas las muestras de roca alterada e inalterada y menas fueron analizadas por ICPMS, capaz de determinar hasta 53 elementos, mediante fusión con peróxido de sodio (Na_2O_2). La principal ventaja son sus bajos límites de detección en ppm - ppb. Después de la digestión, las muestras son colocadas en un equipo dotado de un monocromador con una serie de detectores dedicados a cada elemento (en diferentes posiciones del plano focal).

2. GEOLOGÍA REGIONAL

El origen y la evolución de los depósitos minerales en el Perú están relacionados con una serie de eventos magmáticos, muchos de ellos relacionados con el proceso de subducción. Un ejemplo de esta actividad se encuentra representado por los pulsos magmáticos que dieron origen al Batolito Andahuaylas – Yauri.

La geología de la región Apurímac está dominada por un conjunto de plutones Cenozoicos del Batolito Andahuaylas - Yauri (Carlotto, 1988) que intruyen a las secuencias sedimentarias marinas del Mesozoico; conformadas por el Grupo Yura (rocas siliciclásticas, Jurásico), Formación Arcurquina (rocas carbonatadas, Cretáceo) y Formación Murco (rocas pelíticas, Cretáceo) (Figura 2.1). En la parte norte se reconocen rocas de naturaleza metamórfica de la Formación Ollantaytambo (Cámbrico-Ordovícico) y Grupo San José (Ordovícico), consideradas como las más antiguas de la región, mientras que en el sector sur las rocas corresponden a secuencias volcánicas y volcánico - sedimentarias de los grupos Tacaza (Paleógeno-Neógeno) y Barroso (Neógeno-Pliocena). Ver Mapas 02 y 03

2.1. Estratigrafía

Las rocas más antiguas recientemente cartografiadas y reconocidas (Valdivia & Latorre, 2003) están formadas por una secuencia de rocas metamórficas del Paleozoico de la Formación Ollantaytambo y Grupo San José, constituida por conglomerados, esquistos, pizarras y filitas, las cuales afloran en el sector norte de la región. Suprayaciendo a estas formaciones rocosas se tiene una potente secuencia de calizas y pelitas (2500 m.) pertenecientes al Grupo Copacabana del Pérmico, controladas por fallas E-O que la ponen en contacto con las rocas volcánicas y clásticas del Grupo Mitu (Permiano -Triásico). Durante el Mesozoico, la sedimentación se desarrolló en dos grandes cuencas, la Cuenca Oeste o también llamada Cuenca Arequipa **(Vicente et al., 1982),** consistente de una secuencia sedimentaria aproximada de 4500 m. de espesor y la Cuenca Oriental o también llamada Cuenca Putina (Jaillard, 1994), formada por rocas carbonatadas de unos 2600 m. de espesor (Jaillard et al., 1993, Jaillard, 1994,

Cardenas et al., 1997). En el Calloviano se depositó una serie lutítica en la base y cuarcitas hacia el tope con 2500 m. de espesor aproximado, denominado Grupo Yura (Jenks, 1948 & Benavides, 1962), el cual, está cubierto por rocas calcáreas de la Formación Arcurquina (potencia aproximada de 700 m, Cretáceo medio-superior). El Cenozoico en la zona de estudio está representado por una serie gruesa de capas rojas de origen continental, similares a las que afloran ampliamente en la región de Cusco y Sicuani, dividiéndose en tres unidades estratigráficas: formaciones Auzangate, Muñani y Soncco (Grupo Puno) del Paleógeno. Posteriormente, se depositaron rocas volcánicas del Grupo Tacaza (Oligo-Mioceno), constituido por lavas afaníticas intercaladas con tobas y brechas lávicas del Paleógeno-Neógeno. Finalmente en los últimos pulsos de magmatismo se llegaron a depositar secuencia de tobas, ignimbritas y andesitas denominados Grupo Barroso del Neógeno-Plioceno (Figura 2.2).

MAPA 02.- MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN APURÍMAC

650000 700000 750000 800000 850000

8500000 8450000 8400000 8350000

N

Morosayhuas

Ccalla

Cotabambas

Azulccacca

San Juan De Chácña

Pampachiri

La Yegua

Las Bambas

Haquira

Los Chancas

Aucapampa

Santa Rosa (Virundo)

Antilla

Utupara

Minaspata (Anabi)

Lahuani

Trapiche

Katanga

Constancia

Selene

Puca Corral

Azúca

Pallancata

Crespo

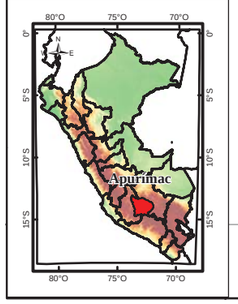
Inmaculada

Arcata

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice



LEYENDA

SISTEMA	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO	Depósitos fluvio-glaciales	Qh-fg		
	Depósitos coluviales	Qh-co		
	Depósitos aluviales	Qh-al		
	Gpo. Barroso	NQ-vi/tb		
NEÓGENO	Fm. Pampamarca	NQ-pa	Unidad Ocobamba	PN-oc
	Fm. Aniso	Nm-an	Unidad Totora	PN-to
	Fm. Alpabamba	Nm-al	Unidad Cotabambas	PN-cot
	Grupo Maure	Nm-ma	Unidad Lambrana	PN-lam
	Grupo Tacaza – Fm. Ichucollo	PN-ta/lbr	Unidad Progreso	PN-pro
		Nm-ich	Unidad Parco	PN-pa
PALEÓGENO		PN-ich	Unidad Coyllurqui	PN-coy
	Grupo Tacaza – Fm. Orcopampa	PN-or	Unidad Huasani	PN-hu
	Grupo Puno	P-pu	Unidad haquira	PN-h
			Plutón Anta Anta	PN-li-aa
			Plutón Pampa	PN-li-p
			Plutón Ferrobamba	PN-li-fe
			Plutón Cochasayhuas	PN-li-co
			Unidad Señayca	PN-sa
CRETÁCEO	Fm. Muñani	KsP- mu		
	Fm. Auzangate	KsP-au		
	Fm. Vilquechico	Ks-vi		
	Fm. Arcurquina	Kis-ar		
	Fm. Murco	Ki-mu		
	Fm. Hualhuani	Ki-hu		
JURÁSICO	Grupo Yura	Jm-yu		
	Fm. Socosani	Jm-so		
TRIÁSICO	Fm. Chocolate	Ji-cho		
	Grupo Pucará	TrJi-p	Ortogneis de Abancay	Ts-Ogn
PÉRMICO	Grupo Mitu	PsT-mi	Complejo Querobamba	PsTi-a
CARBONÍFERO	Grupo Copacabana	Pi-co	Intrusivo Ayapata	Ps-q
ORDOVÍCICO	Grupo Tarma	Cs-t		
	Grupo San José	Oim-sj		
CÁMBRICO	Grupo Ollantaytambo	CaOi-o		

Simbología

- Epitermales de alta sulfuración
- Epitermales de baja sulfuración
- Epitermales de intermedia sulfuración
- Pórfidos de Cu-Au
- Pórfidos de Cu-Mo
- Skarn
- Au (Pb-Zn-Cu) relacionados con intrusivos
- Vetas
- Diseminados
- Falla
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Regional

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

INGEMMET

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio metalogenético de la mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

MAPA GEOLÓGICO DE LA REGIÓN APURÍMAC

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
02	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750,000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

FUENTE: Carta Geológica Nacional escala 1:50 000 - INGEMMET

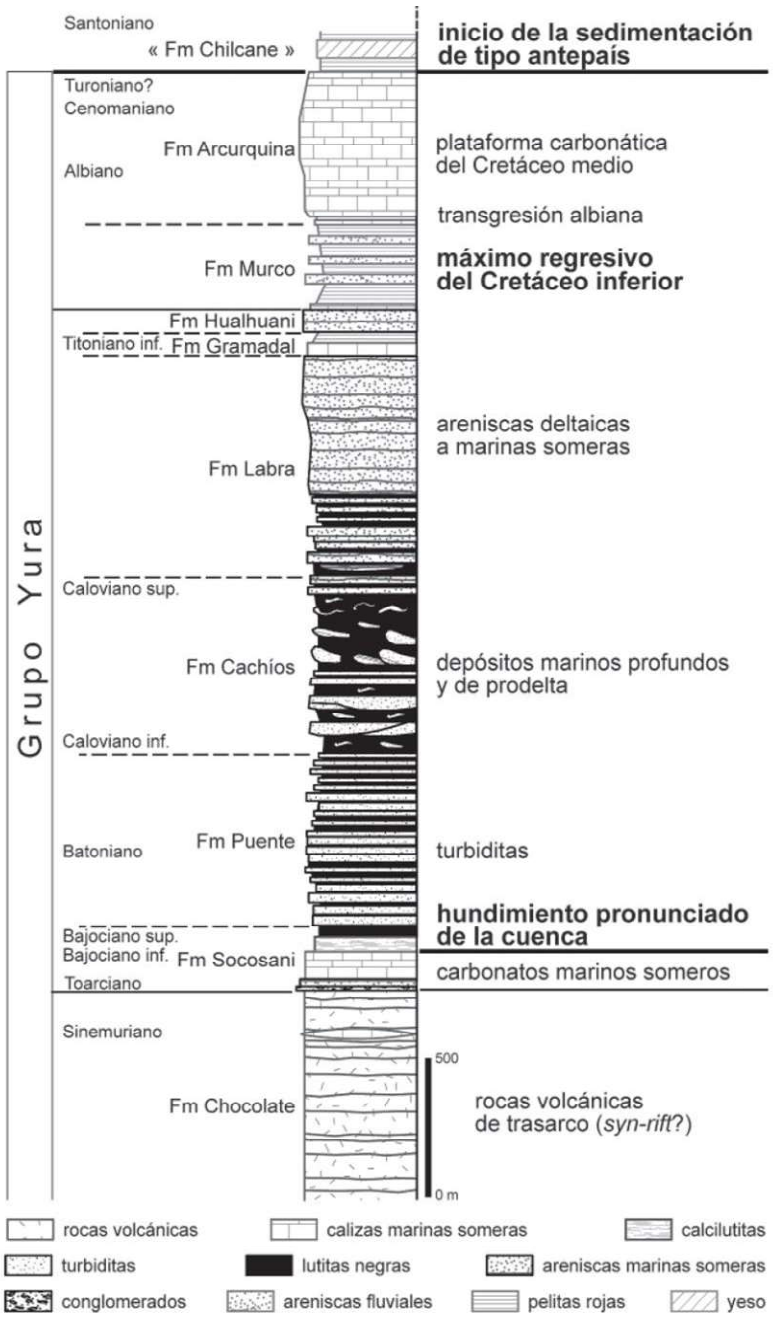


Figura 2.1- Columna estratigráfica del Grupo Yura (Sempere et al., 2004).

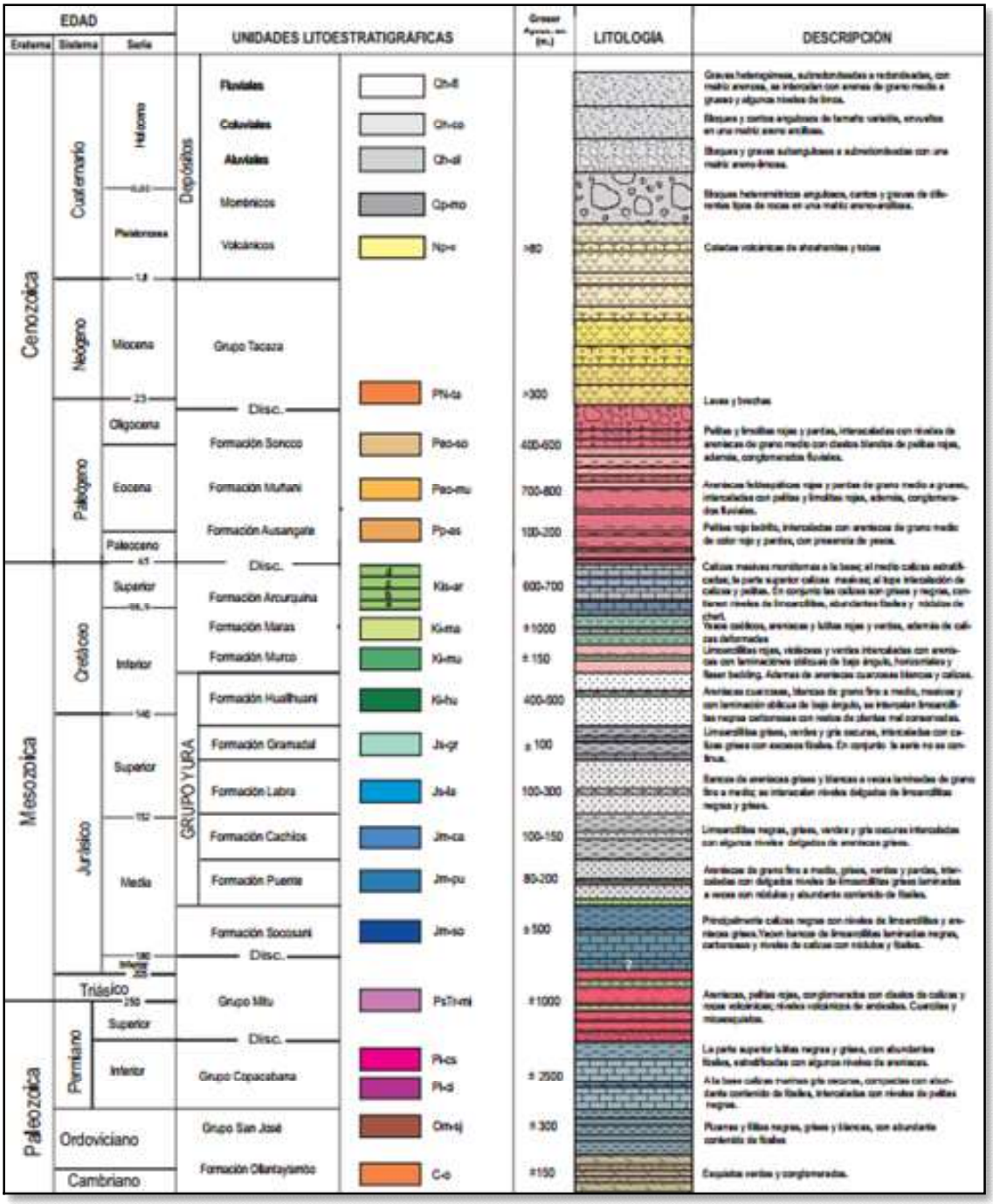


Figura 2.2.- Columna estratigráfica regional representativa de la Región Apurímac (Valdivia & Latorre, 2003).

2.2. Rocas intrusivas

El magmatismo está formado por múltiples inyecciones de cuerpos intrusivos pertenecientes al Batolito de Andahuaylas - Yauri. Este conjunto de rocas sigue la disposición estructural de los Andes y de las zonas con fallas regionales entre las ciudades de Andahuaylas (al noroeste) y Yauri (al sureste). Presenta una longitud aproximada de 300 Km y un ancho variable de 10 a 60 Km (Marruecos, 1977; Bonhome y Carlier, 1990; Carlotto, 1998). Los afloramientos ubicados en el occidente constituyen el mayor volumen (cuerpos de hasta 70 km de diámetro), mientras que al sureste se aprecia un conjunto de cuerpos menores que tienen alrededor de 10 km de diámetro (Ver mapa 02)

Los plutones de la región Apurímac están constituidos por grandes cuerpos de granodiorita, tonalita y diorita (constituyen el 20% del batolito), que a su vez han sido intruídas por rocas hipabisales de composición andesítica y monzonítica; siendo diferenciadas por sus características petrológicas en diferentes unidades denominadas Parco, Progreso, Lambrana, Ocobamba, Cotabambas y Coyllurqui (Lipa & Zuloaga, 2013).

2.2.1. Magmatismo del Eoceno medio - Oligoceno inferior (~ 48-30 Ma)

El emplazamiento del batolito se produjo en dos etapas (Perello et al., 2003), de las cuales, la etapa temprana formó intrusiones de gabro, gabro olivino, gabro-diorita y diorita. Los estudios petrográficos han demostrado que estas rocas son típicas de facies calco-alcalinas, que cristalizan en la base de cámaras magmáticas someras, con temperatura de emplazamiento alrededor de 1000°C y presiones entre 2 y 3 Kbar. Durante la etapa intermedia, se emplazaron rocas de composición intermedia como monzodioritas, dioritas con cuarzo, granodioritas y monzodioritas con cuarzo y constituyen la principal parte del batolito (Carlier et al., 1989; Bonhomme y Carlier, 1990; Carlotto, 1998).

MAPA 03.- MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DE APURÍMAC

650000 700000 750000 800000 850000

8500000 8450000 8400000 8350000

N

Morosayhuas

Ccalla

Cotabambas

Azulccacca

San Juan De Chácña

Pampachiri

La Yegua

Las Bambas

Los Chancas

Haquira

Aucapampa

Santa Rosa (Virundo)

Antilla

Utupara

Minaspata (Anabi)

Lahuani

Trapiche

Katanga

Constancia

Selene

Puca Corral

Azúca

Pallancata

Crespo

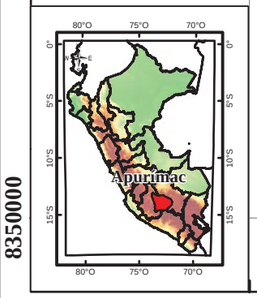
Inmaculada

Arcata

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice



LEYENDA

Unidades Litoestratigráficas

- Rocas volcánicas del Paleógeno - Neógeno
- Rocas carbonatadas del Cretáceo
- Rocas siliciclásticas del Cretáceo
- Rocas sedimentarias del Triásico-Paleozoico

Rocas Metamórficas

- Ortogneis (Triásico)

Rocas Intrusivas

- Rocas intrusivas ácidas-intermedias (Paleógeno-Neógeno)
- Rocas intrusivas intermedias-básicas (Paleógeno-Neógeno)

Simbología

- Epitermales de alta sulfuración
- Epitermales de baja sulfuración
- Epitermales de intermedia sulfuración
- Pórfidos de Cu-Au
- Pórfidos de Cu-Mo
- Skarn
- Au (Pb-Zn-Cu) relacionados con intrusivos
- Vetas
- Diseminados
- Falla
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Regional

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

INGEMMET

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio metalogenético de la mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

MAPA GEOLÓGICO SIMPLIFICADO DE LA REGIÓN APURÍMAC

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
03	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750,000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

FUENTE: Modificado de Carta Geológica Nacional escala 1:50 000 - INGEMMET

2.2.2. Magmatismo del Oligoceno superior

La actividad intrusiva de esta edad corresponde a un conjunto de pequeños stocks sieníticos de 28 Ma aproximadamente (Carlotto, 1998). Estas intrusiones son parte de una gran provincia magmática que también incluyen traquitas, basanitas, entre otras, con edades aproximadas de 26-29 Ma en la región Ayaviri (Carlier et al, 1996, 2000).

2.3. Geología estructural

La región Apurímac ha sido afectada por múltiples eventos tectónicos a través del Eoceno-Oligoceno (Carlotto, 1998); los cuales, deformaron los intrusivos del Batolito Andahuaylas-Yauri y produjeron el ascenso de fluidos hidrotermales por medio de fallas y fracturas. El resultado fue la formación de depósitos minerales de cobre, plata, oro y hierro.

A partir del análisis estructural, se determinaron cinco eventos de deformación: el primero, formó dos grandes fallas de dirección NO-SE del tipo cizalla sinestral, representado por las fallas de Cotabambas (perteneciente al sistema de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo) y Mollebamba (Ver Mapa 04). En la zona de cizalla se formaron tres sets de fracturas, denominados planos de Riedel (R y R') y planos P.

El segundo evento (R) es característico de fallas y fracturas de bajo ángulo respecto a la envolvente general de la zona de falla, paralelas entre ellas dentro de la zona de cizalla (escalonadas) y de dirección NE-E con importancia metalogenética por presentar depósitos minerales (Aucampampa y el clúster de Cotabambas) en la intercepción con las fallas del primer evento.

En el tercer evento (R') se desarrollaron estructuras de dirección NNE-SSO conjugadas con respecto a las fallas del segundo evento, las cuales presentaron muy poca relación con ocurrencias minerales. El cuarto evento (P) generó una

gran falla de dirección NO del tipo sinestral que corta y recorre el sector central de la región.

Las estructuras de tensión NE-SO, paralelas al esfuerzo principal generador de la cizalla (σ_1), suelen rellenarse de minerales que se incrementan en la dirección NO-SE (esfuerzo σ_3, de acuerdo al elipsoide de esfuerzos mostrado en la Figura 2.4). Estas estructuras de rumbo andino conforman el quinto evento y se caracterizan por tener relación con importantes depósitos como Utupara, Trapiche, Los Chancas, etc.

MAPA 04.- INTERPRETACIÓN ESTRCUTURAL DE LA REGION APURÍMAC

650000 700000 750000 800000

8500000 8450000 8400000 8350000

Morosayhuas

Falla Cotabambas

Cotabambas

San Juan De Chacna

Pampachiri

La Yegua

Las Bambas

Falla Mollebamba

Los Chancas

Haquira

Aucapampa

Santa Rosa (Virundo)

Antilla

Utupara

Minaspata (Anabi)

Lahuani

Trapiche

Selene

Azúca

Pallancata

Crespo

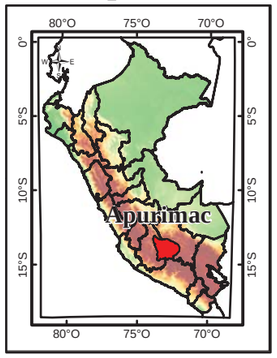
Inmaculada

Arcata

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice

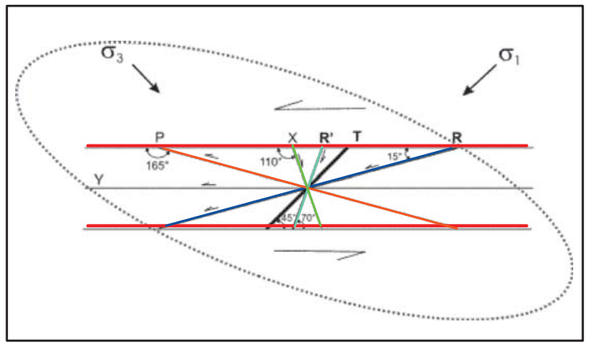


LEYENDA

ANÁLISIS CINEMÁTICO Y RELACIÓN TEMPORAL DE FALLAS

- 1er Evento
- 2do Evento
- 3er Evento
- 4to Evento
- 5to Evento

ELIPSOIDE DE DEFORMACIÓN



REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL DE LA REGIÓN APURÍMAC

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
04	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750 000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

3. METALOGENIA

El potencial minero de la región Apurímac se encuentra relacionado directamente al emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri, el cual, intruyó a los grupos Lagunillas y Yura y a las formaciones Murco, Arcurquina, Puquin, Quilque y Soncco (Figura 3.1). Este metalotecto tiene su mayor potencial económico en la segunda fase de emplazamiento (etapa tardía), por lo que estaría relacionado a los depósitos minerales más importantes de la región (principalmente pórfidos de Cu-Au, Cu-Mo, skarns y vetas polimetálicas).

En la región se encuentran cinco franjas metalogenéticas (Acosta et al., 2009) siendo las franjas XV y XXI las de mayor extensión con ocurrencias minerales (Figura 3.2). Las franjas III, XVII y XXIII son de menor relevancia en la región Apurímac, ya que son más extensas en el Cusco y Ayacucho.

3.1. Depósitos pórfido-skarn Cu-Mo (Au-Zn) y relacionados con intrusivos Cu-Fe-Au del Eoceno-Oligoceno (Franja XV)

La franja metalogenética de pórfidos-skarn de Cu-Mo (Au-Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno es la de mayor importancia. La mineralización está relacionada con rocas dioríticas a granodioríticas del Batolito Andahuaylas-Yauri. Estos intrusivos se emplazaron en condiciones transpresionales (Carlotto, 1999; Perelló et al., 2003), controlados por los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo, Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa y Abancay-Condoroma-Caylloma.

Los intrusivos de composición intermedia a ácida se relacionan con la mineralización de Cu-Mo (Au), generadores de los yacimientos tipo pórfido; mientras que los intrusivos básicos se relacionan con mineralizaciones de Fe-Cu-Au, presentándose en forma de cuerpos (en el contacto con las secuencias carbonatadas) y vetas (en intrusivos).

En esta franja, a partir del análisis estructural y litológico se ha diferenciado zonas con potencial de pórfidos y skarn (Ver Mapa 05):

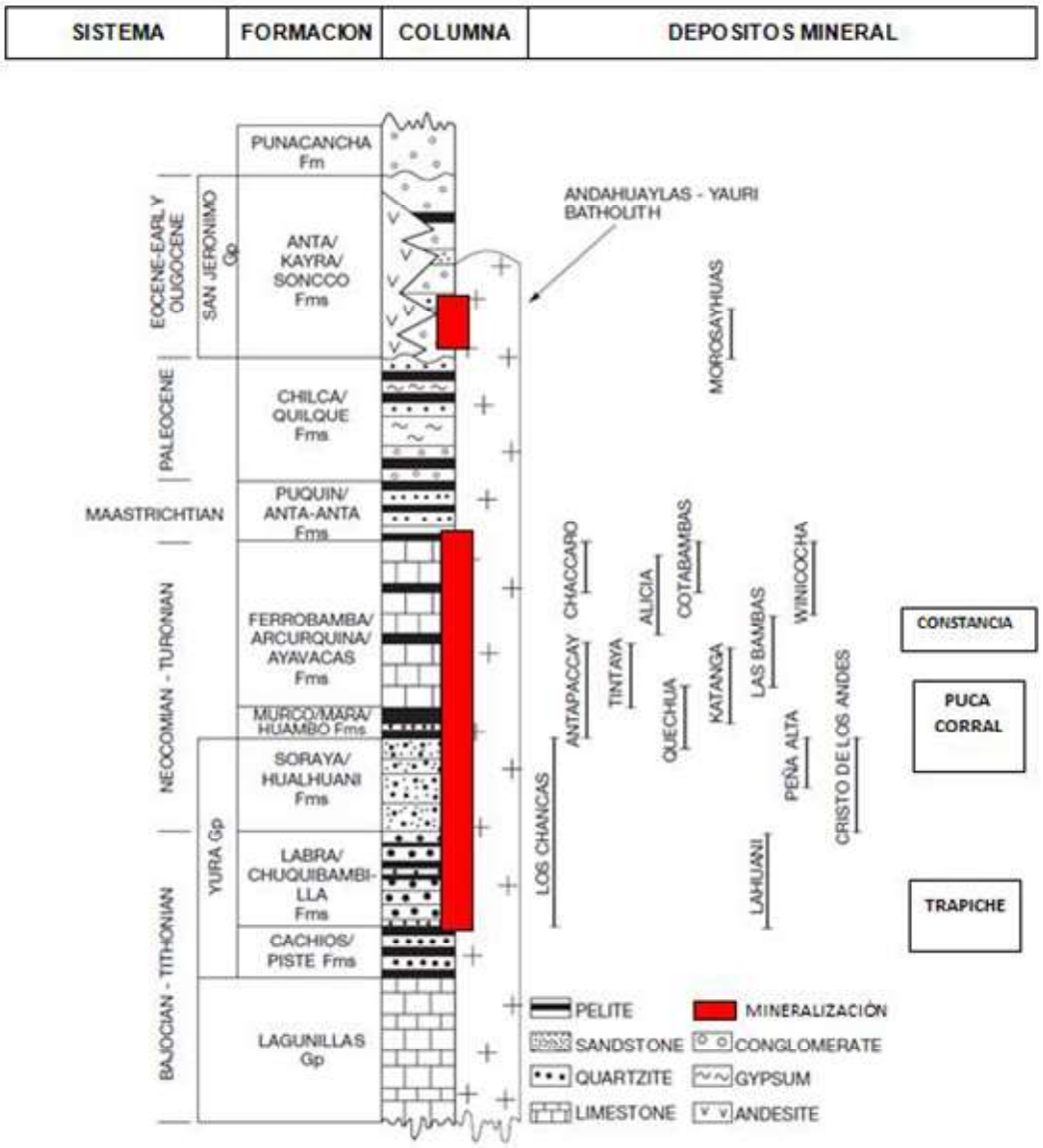


Figura 3.1- Columna sintética litoestratigráfica del Batolito Andahuaylas-Yauri junto con los principales depósitos minerales de Cu-Au-Mo (Perelló et. al., 2003).

- **Zonas con potencial de skarn.**

Estas áreas corresponden al contacto de rocas calcáreas (calizas, margas, etc.) con rocas intrusivas del Eoceno-Oligoceno, cuya distribución se focaliza en el

sector central-norte de la región. Como depósitos representativos se tienen a Las Bambas, Utupara, Pampachiri, San Juan de Chacña y Aucapampa.

- Zonas con potencial de pórfidos.

Estas zonas se encuentran en el contacto de rocas sedimentarias siliciclásticas (areniscas, limolitas, cuarcitas, etc.) con rocas intrusivas. Se presentan en menor distribución que las zonas con potencial de skarn, cuyos depósitos más representativos son: Cotabambas, Haquira, Los Chancas, Antilla y Trapiche con edades de mineralización de 42 y 30 Ma.

3.1.1 Producción histórica de cobre

La producción histórica acumulada de cobre en el Perú (1900 al 2012), ha sido 28 Millones de toneladas métricas de cobre fino. El 82% de la producción ha provenido de 3 franjas metalogenéticas (Figura 3.2), de las cuales la franja del Eoceno-Oligoceno, donde se encuentra la mina Tintaya (actualmente cerrada), ha producido más de 2 Millones de toneladas de cobre (Acosta et al., 2013). Actualmente se encuentran en operación las minas Antapacay y Constancia.

3.1.2 Reservas y recursos de cobre

Las reservas y recursos de cobre reportadas en el Perú ascienden a 218 Millones de toneladas métricas, de las cuales 192 Millones de toneladas se encuentran distribuidas en las franjas de Paleoceno, Eoceno-Oligoceno y Mioceno. El cobre que se encuentra en las principales franjas representa el 88% de cobre a nivel nacional y está distribuido en 63 Millones de toneladas en el Paleoceno, 44 Millones de toneladas en el Eoceno-Oligoceno y 85 Millones de toneladas en el Mioceno (Figura 3.3).

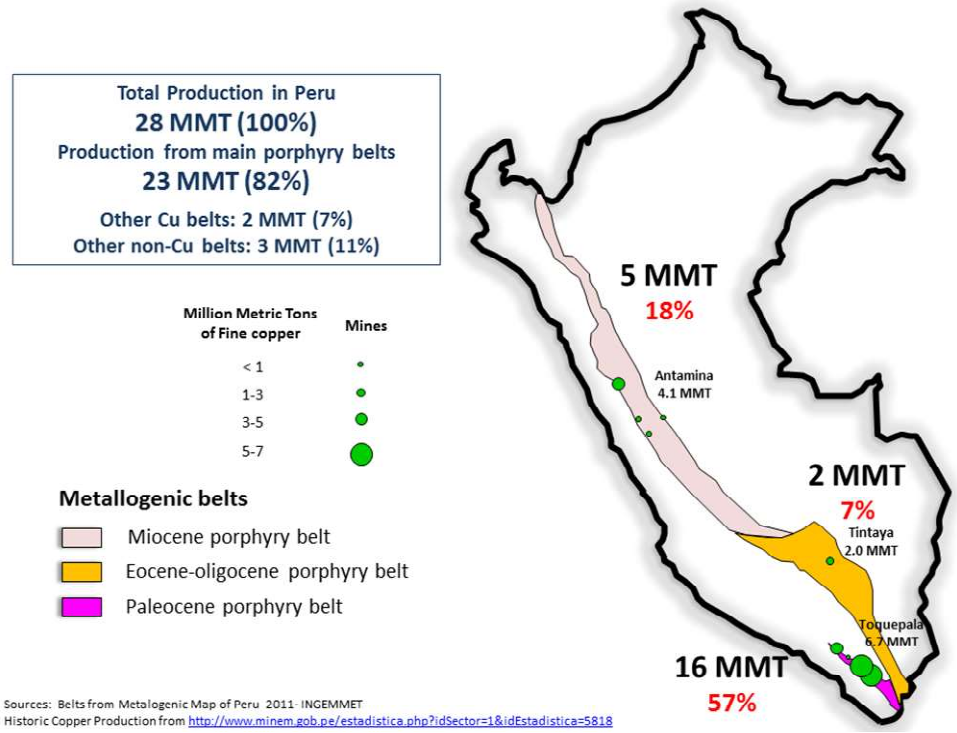


Figura 3.2.- Distribución de la producción histórica de cobre en el Perú en las principales franjas metalogenéticas (Acosta et al,. 2013).

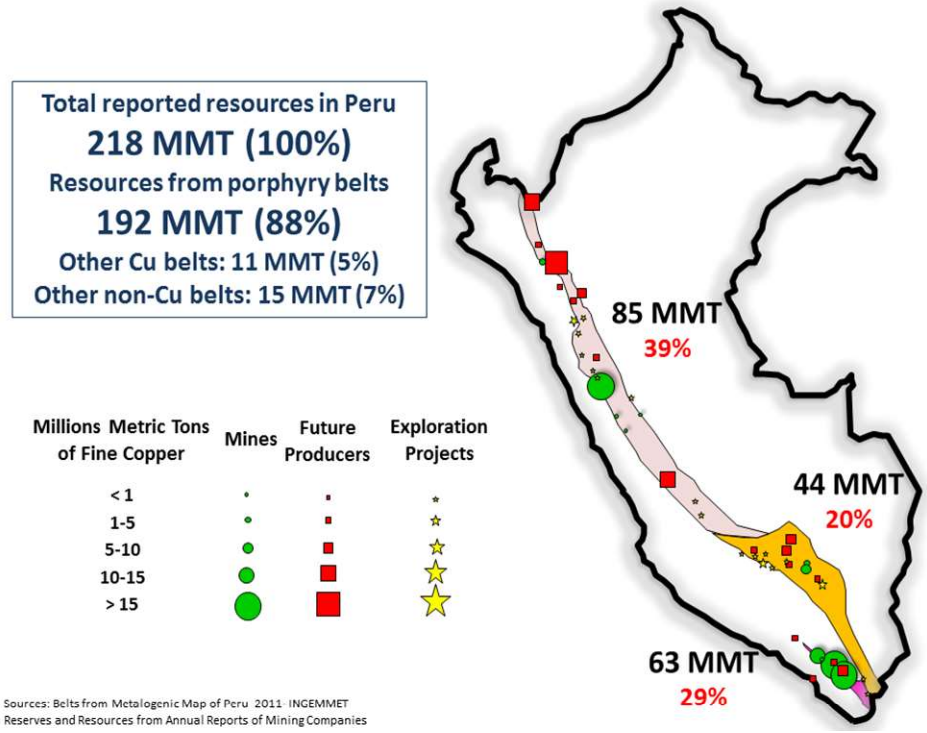


Figura 3.3.-Distribución de las reservas y recursos de cobre en el Perú (Acosta et al,. 2013).

3.2 Depósitos epitermales de Au-Ag y polimetálicos con superposición epitermal (Franja XXI)

La franja de depósitos epitermales de Au-Ag hospedada en rocas volcánicas del Mioceno, se ubica en el sector sur de la región y está controlada por fallas NO-SE de los sistemas Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Las minas representativas son Selene, con una edad de mineralización de 16 y 14 Ma (Palacios et al., 2008) y las unidades mineras de Pallancata e Inmaculada (Ayacucho).

3.2.1 Reservas y recursos de oro y plata

Las reservas y recursos totales de oro en el Perú ascienden a 192 Moz, de las cuales 130 Moz se encuentran en tres franjas que representa el 67% de oro a nivel nacional (Figura 3.4). Una parte se encuentra en la franja de pórfidos del Eoceno-Oligoceno, la cual aloja 17 Moz de oro que se encuentra como subproducto junto con el cobre y molibdeno (Acosta, 2014a; Acosta et al., 2015a)

En el caso de la plata en el Perú, las reservas y recursos totales de plata ascienden a 7,012 Moz, donde el 69% se encuentra distribuido en dos franjas que representan 4,812 Moz de plata (Figura 3.5). En la franja del el Eoceno-Oligoceno se encuentran 407 Moz (Acosta, 2014b; Acosta et al., 2015b)

MAPA 05.- FRANJAS METALOGENÉTICAS DE LA REGION APURÍMAC.

650000 700000 750000 800000 850000

8500000 8450000 8400000 8350000

III-a

III

III-a

XVII

Morosayhuas

Ccalla

Azulccacca

Cotabambas

San Juan De Chacña

Pampachiri

La Yegua

XV

Las Bambas

Los Chancas

Haquira

Aucapampa

Santa Rosa (Virundo)

Antilla

Utupara

Minaspata (Anabi)

Lahuani

Trapiche

Katanga

Constancia

Selene

Puca Corral

Azuca

XXI-b

Pallancata

Crespo

XXIII

XXI-c

Inmaculada

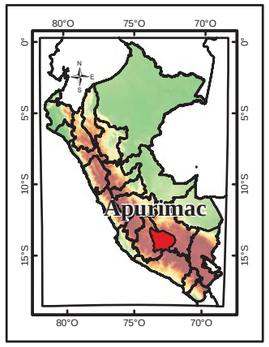
Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Arcata

XV

Mapa índice



Franjas Metalogenéticas

- uU-W-Sn-Mo,Au-Cu-Pb-Zn — Depósitos de uU-W-Sn-Mo,Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos y pórfidos skarn Cu-Ag del Pérmico Triásico.
- III — Pórfidos Skarns Cu-Mo-Zn y depósitos de Au-Cu-Pb relacionados con intrusivos del Pérmico
- XV — Pórfidos-Skarn de Cu-Mo (Au,Zn) y depósitos de Cu-Fe-Au relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno
  - Zona potencial de skarn
  - Zona potencial de pórfidos
- XVII — Epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno.
- XXI-b — Epitermales de Au-Ag y depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno
- XXIII — Epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno

Simbología

- Epitermales de alta sulfuración
- Epitermales de baja sulfuración
- Epitermales de intermedia sulfuración
- Pórfidos de Cu-Au
- Pórfidos de Cu-Mo
- Skarn
- Au (Pb-Zn-Cu) relacionados con intrusivos
- Vetas
- Diseminados
- Falla
- Falla Inferida
- Falla Inversa
- Falla Normal
- Sobreescurrimiento
- Falla Regional

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

FRANJAS METALOGENÉTICAS DE LA REGIÓN APURÍMAC

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
05	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750 000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

FUENTE: Mapa Metalogenético del Perú - INGEMMET

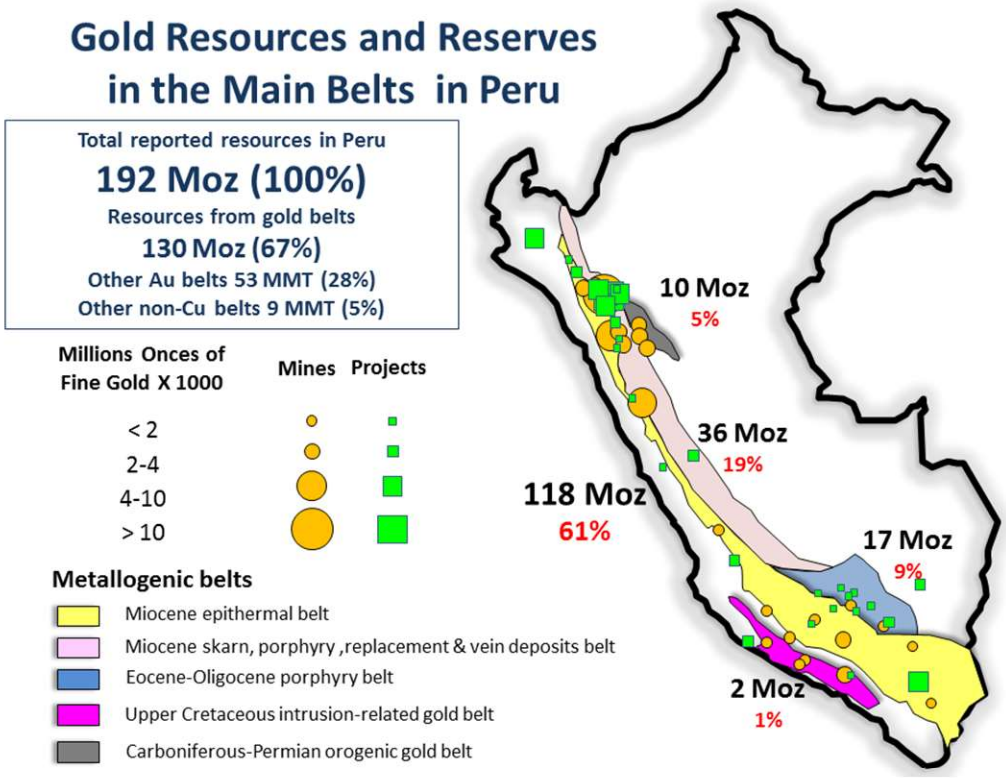


Figura 3.4: Distribución de las reservas y recursos de oro en el Perú (Acosta et al., 2015).

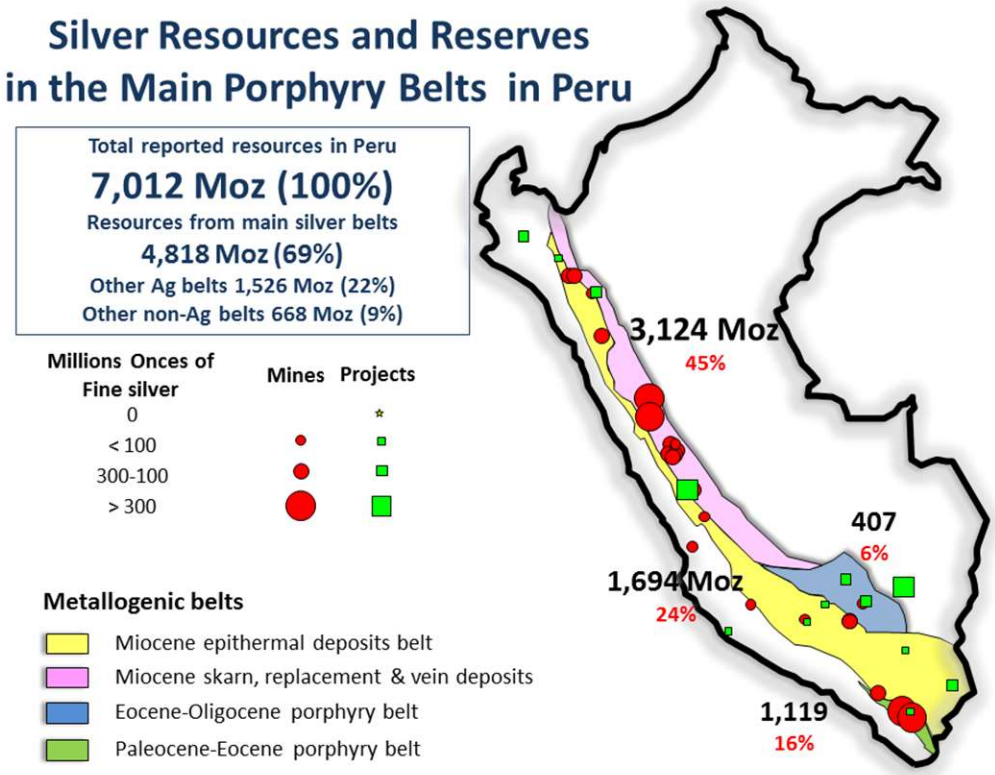


Figura 3.5: Distribución de las reservas y recursos de plata en el Perú (Acosta et al., 2015).

4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

Esta sección incluye datos e información tomada de las campañas de campo realizadas en el presente Convenio de Cooperación Internacional INGEMMET-KIGAM – 2015 a las operaciones mineras de Constancia, Las Bambas, Pallancata, Inmaculada y el proyecto Trapiche.

De igual manera, incluye información geológica recopilada por INGEMMET el año 2010, en el marco del Convenio de Cooperación Internacional KIGAM, para evaluar el potencial de los yacimientos metálicos en el Batolito Andahuaylas - Yauri. Ese año se reconocieron varios prospectos y ocurrencias minerales como: Angostura, Yuringa, Atacancha, San Diego, Utupara y otros.

4.1. Proyectos y operaciones mineras reconocidas en las campañas de campo.

4.1.1. Constancia

- Ubicación

La mina Constancia se ubica a 100 km al sur de la ciudad de Cusco, en los distritos de Livitaca y Velille, provincia de Chumbivilcas, región de Cusco (Figura 4.1.1), las coordenadas centrales son 850,190E / 8´396,273N (UTM – WGS84, zona 18S) a una altitud de 4000 a 4500 m.s.n.m. Metalogenéticamente forma parte de la franja de pórfidos-skarn de Cu-Mo-Au del Mioceno relacionadas al magmatismo del Batolito Andahuaylas-Yauri.

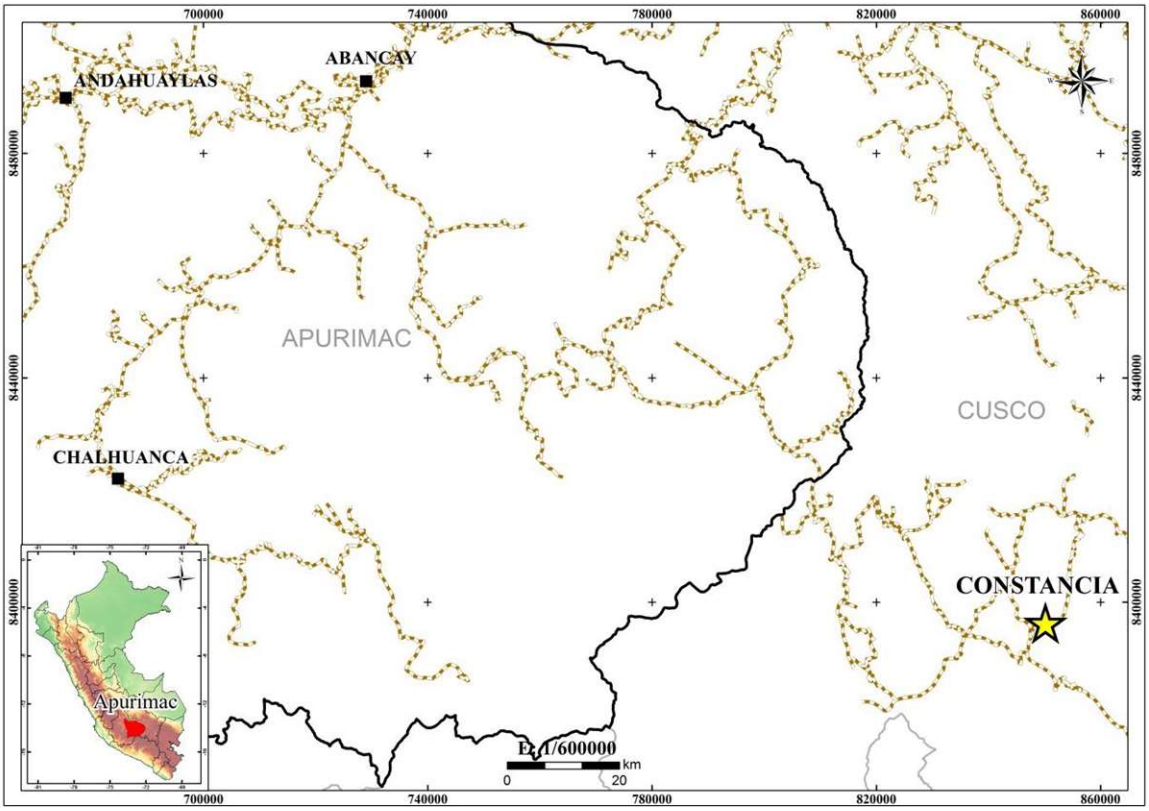


Figura 4.1.1.- Plano de ubicación de la mina Constancia.

- Litología

La litología está formada por múltiples fases de monzonita y pórfidos monzoníticos, los cuales intruyen a las secuencias sedimentarias del Cretáceo, compuestas por las formaciones Murco (areniscas y lutitas) y Arcurquina (calizas). Estas formaciones hospedan la mineralización económica del depósito (Figura 4.1.2).

- **Arenisca:** De color blanco, rojo, violeta y gris, textura de grano medio, intercaladas con capas de limolitas rojizas; hospedan la mineralización de óxidos cobre.

- **Caliza:** De color gris con textura micrítica, cuando se encuentran en contacto con una roca intrusiva, éstas se metamorfizan a mármol o se genera un skarn con o sin sulfuros.

- **Diorita:** No forma parte de los intrusivos asociados a la mineralización, pero conforma la base del depósito Constancia.

- **Pórfido Monzonítico:** Presenta fenocristales de plagioclasa (40-50%) > 3mm, hornblenda constituye 5-7% con cristales alargados > 6mm, además se presentan pequeñas magnetitas y cristales de ortoclasa. Hospeda la mayor cantidad de mineralización.

- **Pórfido Micro-monzonítico:** Caracterizado por presentar una textura porfirítica con cristales de plagioclasa (60-70%) >2mm, biotita (1-3%) y magnetita (<1%), distribuidos en una matriz afanítica gris claro.

- **Pórfido Monzonítico con cuarzo:** Dique de color negro de textura porfirítica con abundante plagioclasa tabular (40-60%), fenocristales de hornblenda (7%) y pequeñas cantidades de “ojos de cuarzo” (1-2%). Estos diques no se encuentran asociados a la mineralización.

- **Andesita:** Dique de color negro-gris con textura afanítica y fenocristales de plagioclasa y hornblenda (Figura 4.1.4).

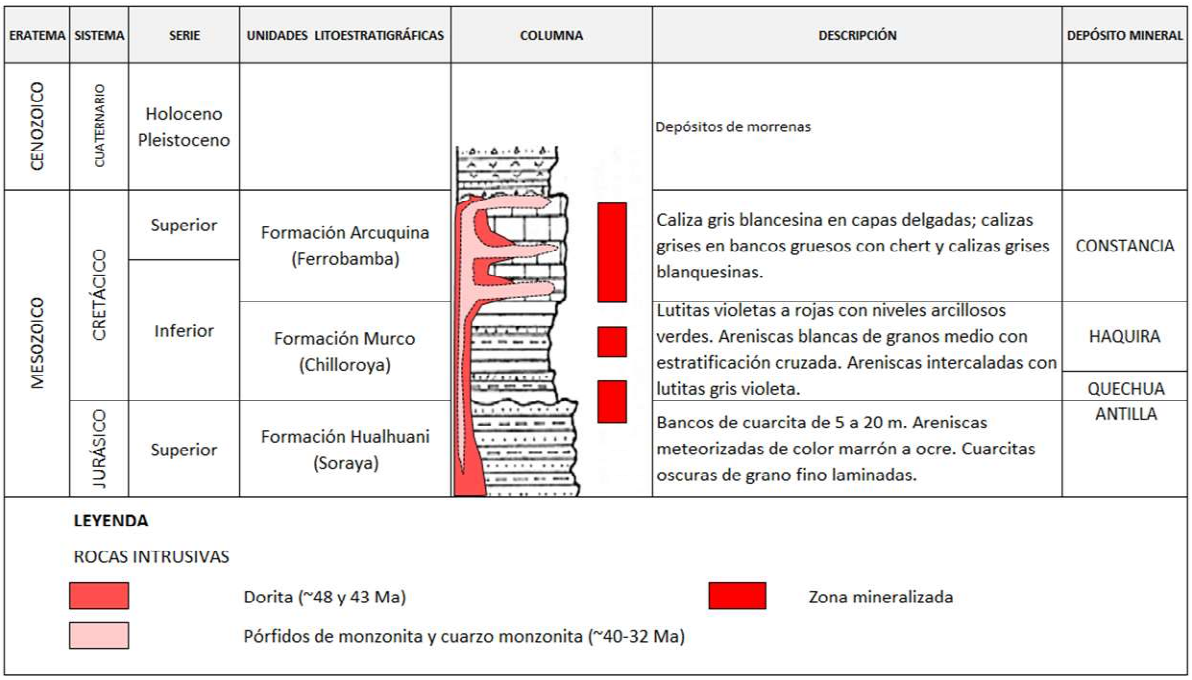


Figura 4.1.2.- Columna estratigráfica generalizada de la mina Constancia.

- Estructuras

El sistema principal de estructuras mineralizadas en el área tiene rumbo NE-SO y está representado por la falla "Barita". También hay sistemas N-S y NO-SE, como la falla Yanak, las cuales generaron amplias zonas de fracturamiento y brechas.

- Alteración

- **Potásica:** Presenta un ensamble mineralógico de feldespato potásico secundario, cantidades variables de biotita hidrotermal (reemplazando minerales ferromagnesianos) y magnetita. Se presentan emplazamientos de vetillas del tipo A y B con minerales de calcopirita-bornita-molibdenita-pirita.

- **Propilítica:** Alteración transicional a la alteración potásica, extendiéndose más de un kilómetro desde el contacto del intrusivo; presenta un ensamble mineralógico de epidota-clorita-calcita-pirita-

rodocrosita. Se desarrollaron vetas y vetillas de esfalerita-galena en forma de halo distante a la mineralización Cu-Mo (3 km).

- **Fílica:** Esta alteración rodea y sobreimprime algunas veces a la alteración potásica en forma de caparazón; presenta un ensamble mineralógico sericita-cuarzo-pirita. Se emplazan algunas vetillas "D" con calcopirita.

- Mineralización

La mineralización en Constancia, es típica de un pórfido de Cu-Mo que incluye mineralización de cobre en skarn. La mayor parte de la mineralización está asociada con la alteración potásica y vetillas de cuarzo que ocurren como calcopirita-bornita-molibdenita, mineralización en venillas y también como reemplazamiento de minerales ferromagnesianos o rellenando fracturas. En el yacimiento se pueden diferencias 5 tipos de mineralización:

- Hipógena, presentando una mineralización diseminada, stockwork de vetillas de cuarzo y fracturas con mineralización de calcopirita-molibdenita.
- Mineralización en Skarn, presentando calcopirita hipógena, rara bornita, galena y esfalerita.
- Supérgena digenita-covelita-calcosina principalmente hospedado en el intrusivo.
- Transicional, incluyendo sulfuros de cobre secundarios en la monzonita.
- Ocurrencia local de mineralización de óxidos de cobre.

Pampacancha, es otro sistema pórfido-skarn ubicado aproximadamente a 3 km al sureste del tajo Constancia. La geología de este depósito está relacionada a un basamento no mineralizado que corresponde a la diorita del Oligoceno, la cual ha sido intruida por un pórfido diorítico (fuente de la

mineralización). De la misma manera, estos pórfidos de diorita están cortados por intrusiones de monzonitas que localmente aumentan las leyes de Cu-Au.

Actualmente este depósito viene siendo trabajado por mineros informales (Figura 4.1.3).

Figura 4.1.3.- Vista panorámica del pórfido-skarn Pampacancha. Nótese la actividad minera artesanal e informal desarrollada en la zona.

Figuras 4.1.4.- a) Afloramiento de intrusivo de textura porfirítica, con fenocristales de anfíboles, plagioclasas y feldespato potásico. b y c) Dique andesítico y de textura porfirítica cortando intrusivo de diorita. d) Intrusivo diorítico con cuarzo de textura granular media**.**

Tabla 4.1.1.- Recursos minerales de Constancia.

(Meagher, C. and Humphries M., 2012)

Category	Tonnage (Mt)	Cu %	Ag ppm	Mo ppm	Au ppb
Measured	537.38	0.31	3	88.4	41.4
Indicated	408.17	0.21	2.1	57.7	33.9
Measured + Indicated	945.55	0.27	2.61	75.15	38.16
Inferred	221.11	0.19	1.8	48.6	31.8

4.1.2. Las Bambas

- Ubicación

El depósito pórfido-skarn de Las Bambas está localizado a 72 km al suroeste de la ciudad de Cusco en los distritos de Chalhuahuacho y Coyllurqui, provincias de Cotabambas y Grau, región de Apurímac; las coordenadas centrales son 787074E / 8447490N (UTM - WGS84, zona 18s), comprendida entre las altitudes de 3700 a 4650 m.s.n.m. (Figura 4.1.5). Este depósito se divide en tres sectores: Ferrobamba, Chalcobamba y Sulfobamba, distribuidos a lo largo de 15 km.

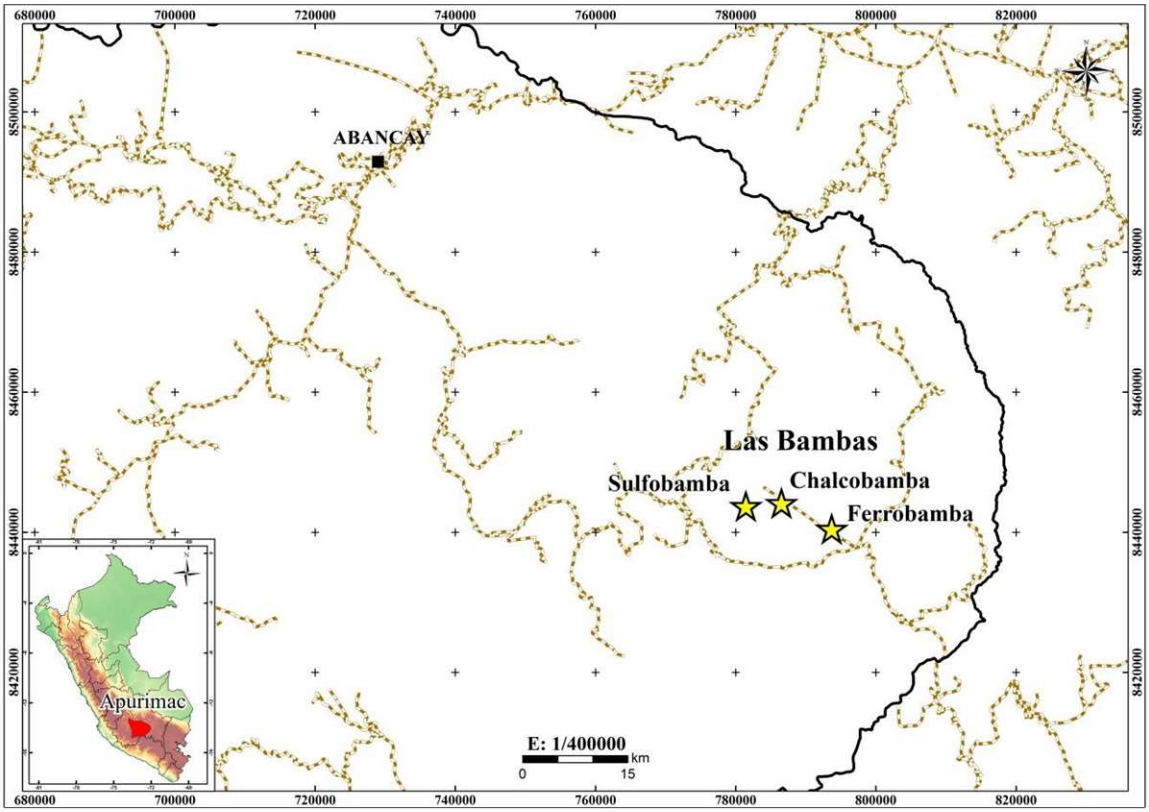


Figura 4.1.5.- Mapa de ubicación de Las Bambas

- Litología

La cuenca de Arequipa (al oeste**; Vicente et al., 1982**), correspondiente a la Cordillera Occidental, contiene una secuencia sedimentaria de 4500 m de espesor del Jurásico Medio al Cretáceo Tardío. El borde nororiental de

esta cuenca, coincide con la región de Andahuaylas - Yauri e incluye los grupos de Lagunillas y Yura (Marocco, 1978), compuesto por calizas del Jurásico. La parte superior de la secuencia contiene calizas masivas micríticas y sílex nodular de la Formación Arcurquina (Marruecos, 1978; Pecho, 1981).

El depósito está localizado en rocas de naturaleza sedimentaria de composición carbonatada del Cretáceo inferior (Fm. Arcurquina), las cuales fueron intruídas por diferentes pórfidos de composición monzonítica del Eoceno-Oligoceno (Ver Mapa 06).

- **Calizas:** Pertenecen a la Formación Arcurquina del Cretáceo inferior (anteriormente Ferrobamba), se presentan de color gris negruzco, cortadas por algunas venillas de calcita. Los afloramientos se extienden por toda el área formando grandes anticlinales y sinclinales.

- **Mármol:** Se ha formado por la recristalización de las calizas de color gris a pardo debido al metamorfismo de contacto con los diferentes cuerpos ígneos.

- **Pórfido monzonítico con biotita (MZB):** Considerado como el primer evento mineralizador del depósito. Presenta una textura porfirítica con cristales subhedrales de plagioclasa y feldespato potásico, la biotita está predominando dentro del grupo de los minerales máficos con fenocristales bien desarrollados (Figura 4.1.9). Este pórfido presenta una ligera alteración potásica cortada por vetillas cuarzo-calcopirita-bornita (el de mayor ley).

- **Pórfido monzonítico con biotita fina (MBF):** Segundo evento mineralizador, similar al MZB pero con la diferencia de presentar cristales de biotita más pequeños o finos. Probablemente pertenece al mismo grupo

de cuerpos ígneos del MZB con una variación de facies de cristalización más distal (Figura 4.1.9).

- **Pórfido monzonítico Máfico (MZM):** Tercer evento mineralizador. Tiene textura fanerítica equigranular. Presenta un mayor porcentaje de hornblenda y biotita (melanócrata) con respecto a los otros pórfidos. Tiene alteración potásica con vetillas paralelas de calcopirita-molibdenita.

- **Pórfido monzonítico con hornblenda (MZH):** Cuarto evento mineralizador de textura porfirítica. Se caracteriza por presentar un mayor contenido de cristales bien desarrollados de hornblenda. Este pórfido posee una baja ley de cobre (0.2%).

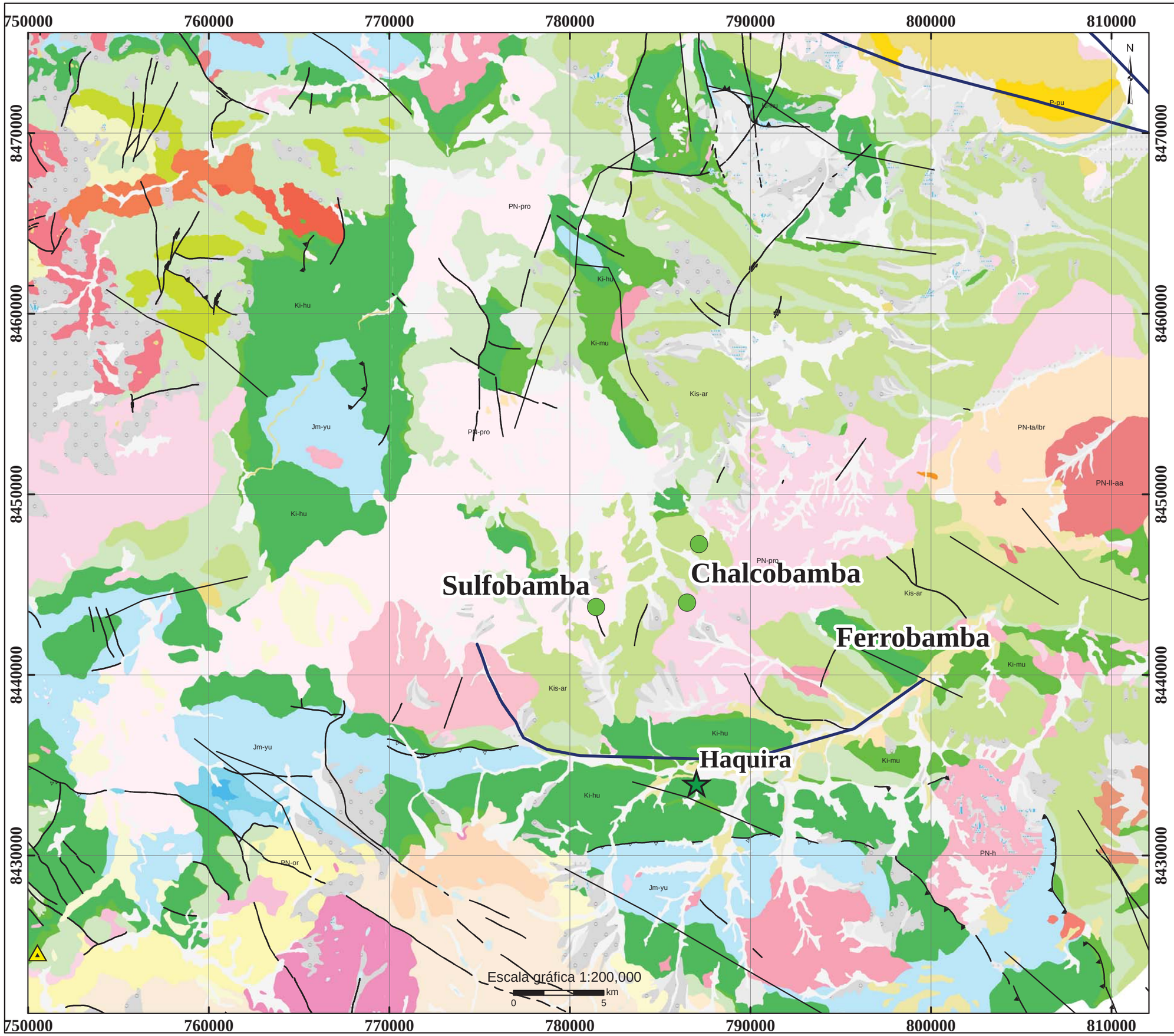
- **Dique monzonítico con cuarzo (MZQ):** Último evento mineralizador del sistema pórfido-skarn. Tiene textura porfirítica con presencia de "ojos de cuarzo" de 4-5 mm de diámetro. Estos diques sub-verticales intruyen a los cuerpos ígneos descritos, por lo que son considerados tardíos y no económicos. No obstante, se ven algunas trazas y vetillas de calcopirita (Figura 4.1.8).

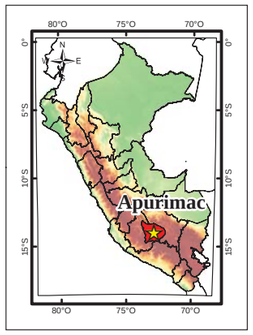
- Estructuras

La región se ha visto afectada por varios eventos tectónicos del Cretáceo Tardío al Plioceno **(Marocco, 1975; Pech, 1981; Cabrera et al., 1991; Carlotto et al., 1996),** de los cuales el más importante varía del Eoceno al Oligoceno temprano (incaico) y del Oligoceno al Mioceno (quechua).

La franja metalogenética se caracteriza por la distribución espacial de los pórfidos de cobre en los bordes de las principales intrusiones del Batolito Andahuaylas-Yauri. Esto sucede con el *cluster* Las Bambas, donde se reconocen sistemas NO-SE en Sulfobamba y NE-SO en los alrededores de Chalcobamba y Ferrobamba, los cuales cortan la secuencia carbonatada e intrusivos y están relacionadas con la mineralización.

MAPA 06.- GEOLOGÍA REGIONAL DE LAS BAMBAS.





LEYENDA

SISTEMA	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS		ROCAS INTRUSIVAS	
CUATERNARIO	Depósitos Coluviales	Qh-co		
	Depósitos Aluviales	Qh-al		
	Gpo. Barroso	NQ-vi/t,po		
NEOGENO	Fm. Alpabamba	Nm-al	U. Haquira	PN-h
	Grupo Maure	Nm-ma	U. Progreso	PN-pro
PALEOGENO	Grupo Tacaza	PN-ta/lbr	P. Anta Anta	PN-ll-aa
	Fm. Orcopampa	PN-or	P. Ferrobamba	PN-ll-fe
	Grupo Puno	P-pu	P. Chalcobamba	PN-pro
CRETÁCEO	Fm. Auzangate	KsP-au	P. Cochasayhuas	PN-ll-co
	Fm. Vilquechico	Ks-vi		
	Fm. Arcurquina	Kis-ar		
	Fm. Murco	Ki-mu		
	Fm. Hualhuani	Ki-hu		
JURÁSICO	Grupo Yura	Jm-yu		
	Fm. Socosani	Jm-so		

Simbología

- Pórfidos de Cu-Mo
- Skarn
- Falla
- Falla inferida
- Falla inversa
- Falla regional

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

Geología regional de Las Bambas

MAPA Nº: 06	ELABORADO POR: Moisés Ortega O.	REVISADO POR:
ESCALA: 1: 200,000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONE 18 South

FUENTE: Carta Geológica Nacional escala 1:50 000 - INGEMMET

- Alteración

La alteración hidrotermal está desarrollada débilmente en los pórfidos monzoníticos de manera penetrativa. La alteración calco-silicatada es una de las más importantes, ya que está asociada con la mineralización del depósito.

- **Potásica:** Es la alteración hidrotermal más importante del depósito, directamente asociada con la mineralización. Consiste de cuarzo, biotita secundaria, que ha reemplazado a los minerales ferromagnesianos, y feldespato potásico. Se puede reconocer en vetillas multidireccionales de cuarzo tipo A, las cuales aportan mineralización significante de calcopirita y bornita en los depósitos de Ferrobamba y Chalcobamba.

- **Sericita-clorita-arcillas:** Esta asociación mineralógica de color verde pálido está superpuesta a la alteración potásica. Se reconoce en las plagioclasas, las cuales fueron reemplazadas por sericita e illita.

- **Propilítica:** Consistente de clorita, epidota, calcita y pirita, encontrándose dentro de las zonas mineralizadas de cobre en los pórfidos tardíos y diques.

- **Calco-Silicato:** Alteración asociada con la mineralización del depósito, conformado por granates, diópsidos, epidota y actinolita producto de un evento de progradación. Típicamente presenta calcopirita diseminada.

- Mineralización

La mineralización está alojada en la Formación Arcurquina y es de tipo pórfido-skarn. Estos pórfidos están asociados a las fases monzoníticas y monzonitas con cuarzo, debido a la diferenciación magmática escalonada. Tienen edades que varían de 42 a 40 Ma en Ferrobamba y 38 a 36 Ma. en Chalcobamba. Los recursos y reservas de la mina se pueden observar en la tabla 4.1.2.

- **Depósito Ferrobamba:**

  Presenta mineralización tipo skarn y ocurre en capas lenticulares de 10 a 100 metros de espesor, generada por el contacto de múltiples diques y pórfidos monzoníticos (con importante mineralización) con las secuencias calcáreas de la Formación Arcurquina (Figura 4.1.7). Los pórfidos presentan una ligera alteración potásica con sobreimposición de clorita-arcillas en determinadas áreas. También presentan vetillas cuarzo-calcopirita-bornita y cuarzo-pirita hasta de 1.5 cm de ancho. En la figura 4.1.6 se muestra una vista panorámica de este depósito.

- **Depósito Chalcobamba:**

  Presenta una zona mineralizada aproximada de 900 x 350 m de extensión. En Chalcobamba se generaron diversas intrusiones de pórfidos y diques monzoníticos junto con dioritas, los cuales, inyectaron la mineralización a esta unidad. El skarn mineralizado se presenta en grandes bandas de reemplazamiento en diferentes niveles de las secuencias calcáreas; donde se produce dos fases. La primera de skarn de granates, diópsido y piroxenos con una débil diseminación de calcopirita, sobreimpuesta por la segunda fase de reemplazamiento de magnetita con bornita y calcopirita, posiblemente generada por un intrusivo diorítico.

- **Depósito Sulfobamba:**

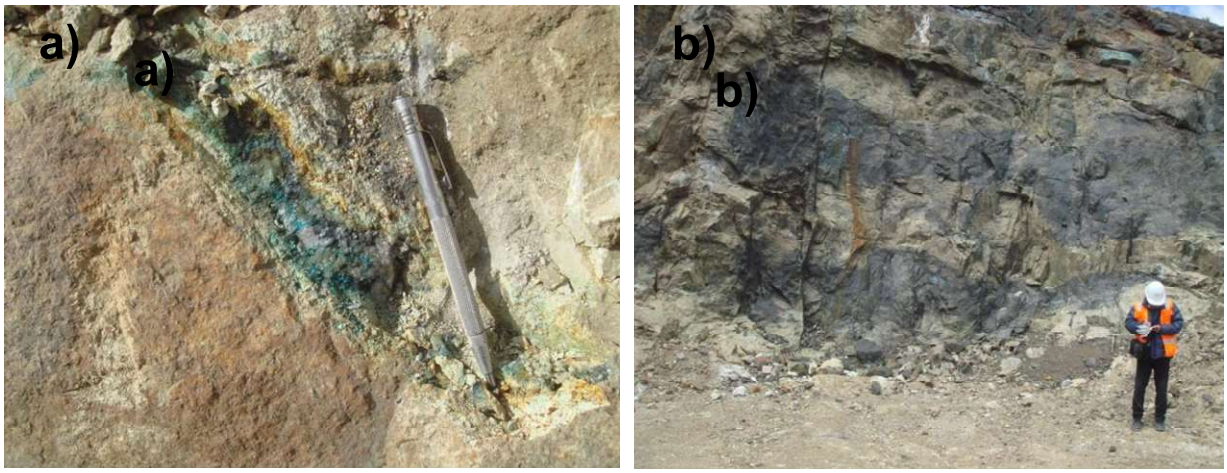
  Sub-unidad de amplia y alargada zona NE-SO de 500 x 1300m de extensión, con mineralización tipo stockwork y skarn. No se llegó a continuar con trabajos de exploración debido a problemas sociales.

Tabla 4.1.2.- Recursos y reservas de Las Bambas.
(GlencoreXstrata - Resources & Reserves Report 2013)

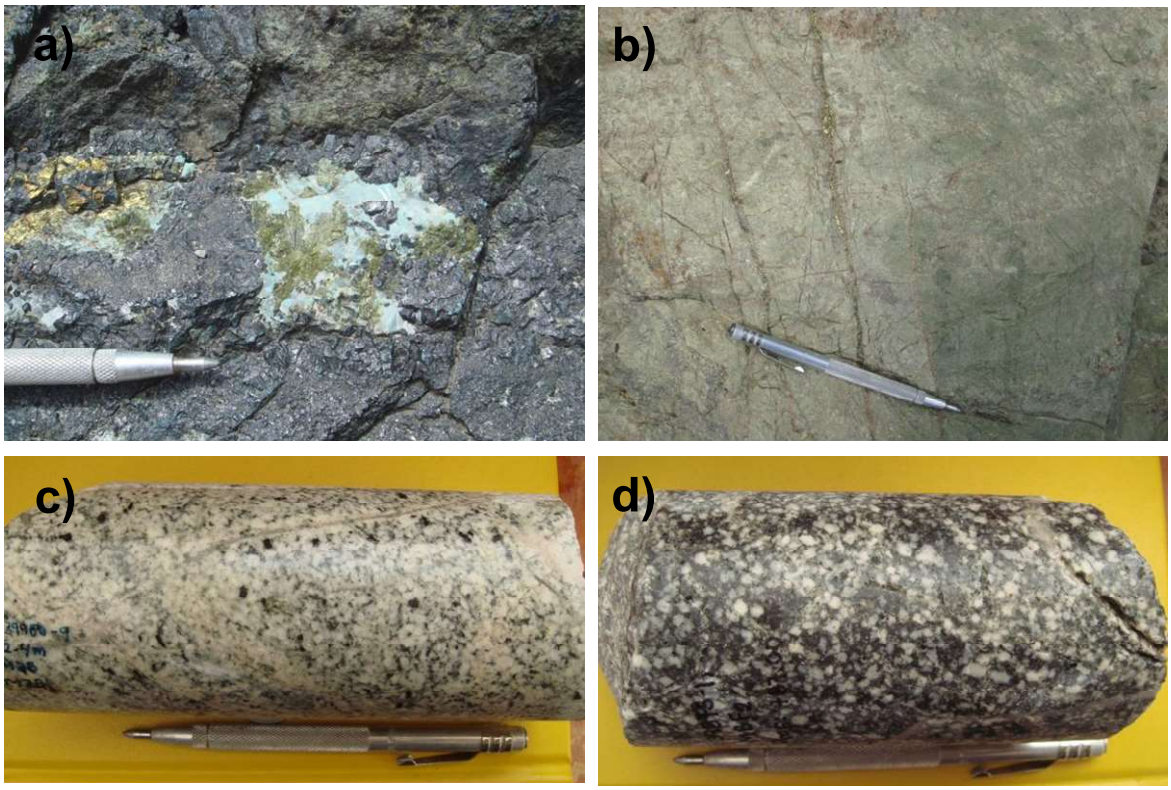
Las Bambas	Medido	Indicado	Medido + indicado	Inferido
Mt	490	720	1210	500
Cu (%)	0.64	0.68	0.66	0.5
Mo (ppm)	174	172	173	149
Ag (g/t)	3	3.5	3.3	2.4
Au (g/t)	0.06	0.05	0.05	0.03

Figura 4.1.6.- Vista panorámica hacia el NO del depósito Ferrobamba

Figura 4.1.7.- Contacto entre el pórfido monzonítico (MZB) y las calizas del tajo de Ferrobamba.



Figuras 4.1.8.- a) Vetilla de cuarzo-calcopirita-malaquita emplazada en el dique de monzonita con cuarzo (MZQ) del depósito Ferrobamba; b) Skarn de magnetita-bornita-calcopirita (color negro) y granates marrones-verdosos en bandas del depósito Chalcobamba.



Figuras 4.1.9. a) Magnetita con parches de calcopirita y epidota; b) Venillas de calcopirita cortando skarn de granates; c) Pórfido monzonítico con biotita (MZB) con alteración potásica y cortada por vetillas cz-cp; d) Pórfido monzonítico con biotita fina (MBF) con diseminación de cp-py.

4.1.3. Pallancata

- Ubicación

La mina Pallancata se ubica aproximadamente a 520 km al sureste de Lima y a 50 km. al sur de la ciudad de Chalhuanca, en el distrito de Coronel Castañeda, provincia de Parinacochas, región de Ayacucho; las coordenadas centrales son 696050E / 8369060N (UTM - WGS84, zona 18s), comprendida entre las altitudes de 4000 a 4300 m.s.n.m. (Figura 4.1.10). El acceso es por vía terrestre, siguiendo la ruta Lima-Nazca-Puquio-Izcahuaca con un total de 770 km., de allí se continúan 45 km en trocha carrozable.

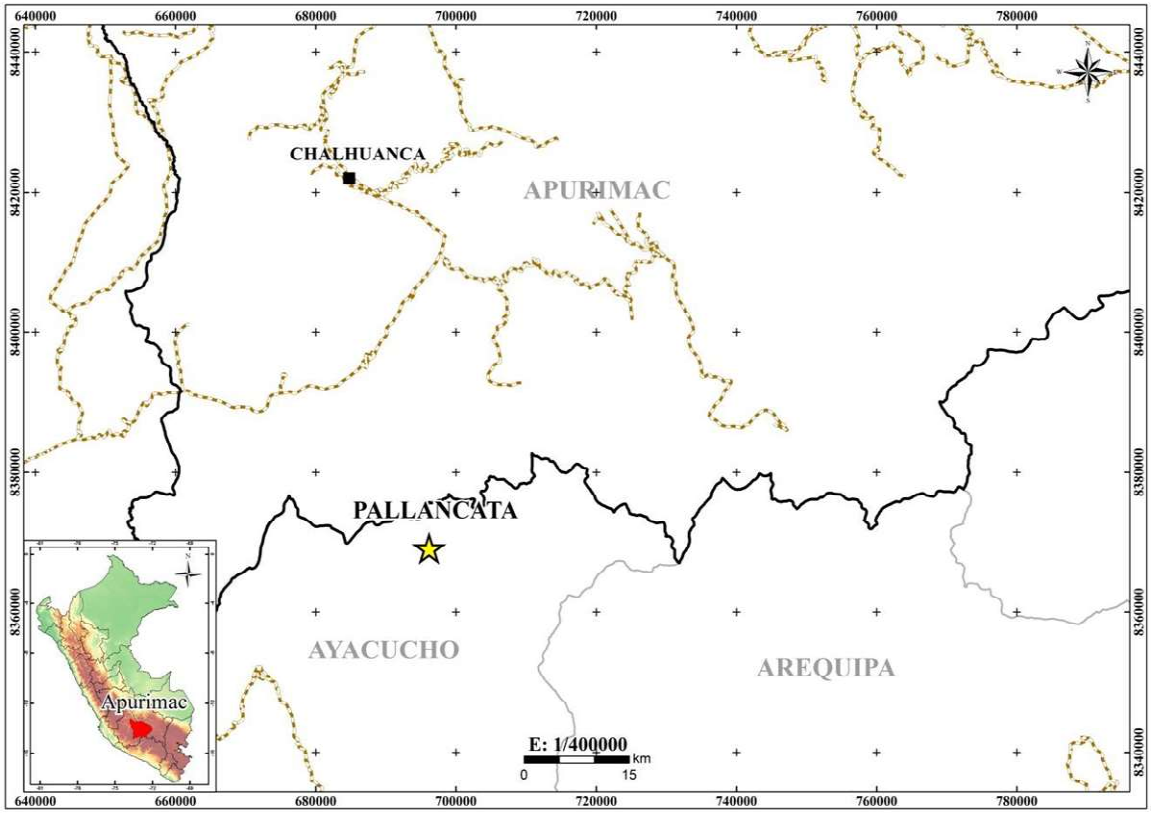


Figura 4.1.10.- Mapa de ubicación de la mina Pallancata.

- Litología

La mina Pallancata se encuentra en un ambiente volcánico, conformado por rocas volcano-sedimentarias de las formaciones Aniso y Alpabamba. Las

unidades se dividen en tres miembros (inferior, medio y superior); tomando como referencia a una toba ignimbrítica de composición riolítica que constituye el marcador estratigráfico (Figura 4.1.11).

- **Unidad inferior:** En la base se presenta una secuencia de rocas volcano-clásticas de toba-lapilli de grano grueso muy ricas en pómez, de composición dacítica a riodacítica, las mismas que gradan hacia el techo a tobas de cristales. Este miembro se correlacionaría con la Formación Alpabamba de acuerdo a lo descrito por INGEMMET.

- **Unidad media:** Esta unidad se compone de tobas de cenizas de composición dacítica a riolítica, la cual forma grandes afloramientos de color blanco. Los fragmentos de pómez y ceniza son abundantes en esta toba, además es común encontrar cristales rotos de cuarzo bipiramidal. Esta unidad aflora discordante sobre el miembro inferior y se correlaciona con la Formación Aniso.

- **Unidad superior:** Esta unidad se compone de coladas andesíticas con textura afanítica y ligeramente porfirítica. Presenta fenocristales de plagioclasa y hornblenda. Presenta una textura bandeada de flujo y se correlaciona con los volcánicos Saycata.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	HOLOCENO			Bloques, gravas, arenas y limos inconsolidados.	
		PLEISTOCENO			Bloques, gravas, arenas, limos algo inconsolidados débilmente estratificado de origen glaciar, fluvioglaciar.	
	NEÓGENO	PLIOCENO	Formación Saycata		Coladas andesíticas de color oscuro, débilmente porfirítica, con bandeamiento de flujo.	200
		M I O C E N O	Formación Aniso		Toba dacítica a riolítica de color blanquecino, rica en pómez con moderada foliación de soldadura.	500
			Formación Alpabamba		Secuencia volcánica sedimentaria con areniscas con areniscas, lutitas tobáceas y conglomerados volcánicos canalizados.	1000
					Coladas andesíticas afaníticas con autobrechas de color rojizo, intercaladas con secuencias volcaniclásticas y volcánico sedimentarias.	
					Secuencia volcaniclástica a la base de tobas de lapilli a tobas de cristales de color gris verdoso.	

LEYENDA

ROCAS INTRUSIVAS

Riolita

Andesita

Zona mineralizada

Figura 4.1.11.- Columna estratigráfica de Pallacanta (modificado de Gamarra, J., 2008 & Dávila, D., 1991).

- Estructuras

La mina Pallancata se encuentra dentro de un distrito minero ubicado en el arco magmático Miocénico del sur de los andes peruanos. Hace 17 Ma. (Mioceno medio) aproximadamente, la fase Quechua I (Steinmann 1929; McKee et al. 1982; Megard et al. 1985) afectó el oeste peruano, seguida por una erosión (hiatus) y la subsecuente deposición de la secuencia Sillapaca de edad Mioceno inferior a medio (16-8 Ma). Esta secuencia recubre con discordancia angular el Grupo Tacaza y comprende dos facies: una volcánica dominante llamada Formación Alpabamba y otra volcánica-sedimentaria denominada Formación Aniso (Mapa 07).

Se pueden apreciar tres controles estructurales generadoras del emplazamiento de vetas; el sistema NO-SE, NE-SO y E-O. La veta Pallancata está asociada a una gran falla sinuosa de rumbo E - ESE, que corta a la veta en forma paralela y otras ligeramente en diagonal. Se le considera una falla del tipo sinestral, ya que presenta una apariencia "en rosario" con zonas de gran potencia que alcanzan hasta 30 m de espesor (dilatacionales) y otras donde se adelgaza (estrechamientos) hasta tener solo un metro (Figura 4.1.12).

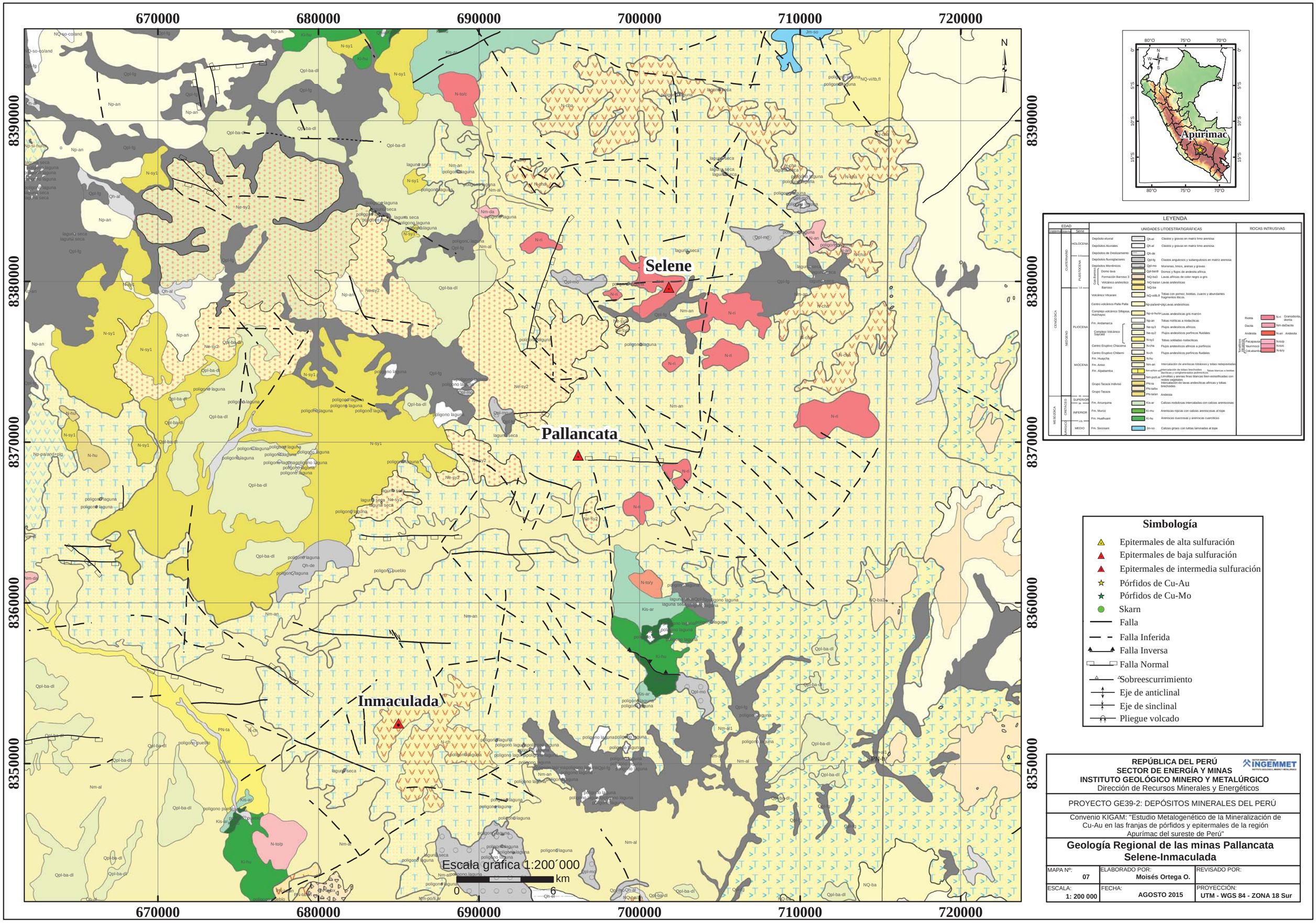
Es claro que esta falla tuvo un papel importante en la mineralización, controlando los espesores de la veta y por ende, la concentración de metales en la misma.

- Alteración

Las alteraciones hidrotermales observadas en la veta Pallancata se presentan en forma de halos restringidos a la zona de veta, teniendo hacia el contacto con la estructura de cuarzo masivo un primer halo en el que se observa una intensa silicificación, menor clorita e illita y fuerte diseminación de pirita, además presenta finas venillas irregulares de sílice cristalina en forma de stockwork.

El segundo halo consiste principalmente de illita y esmectita (dan el color verde a la roca) junto a pirita diseminada. Finalmente se tiene un extenso halo propilítico de coloración verdosa con minerales de clorita-calcita-pirita.

MAPA 07.- GEOLOGIA REGOINAL DE LAS MINAS INMACULADA Y PALLANCATA


670000
680000
690000
700000
710000
720000
8390000
8380000
8370000
8360000
8350000
Selene
Pallancata
Inmaculada
Escala gráfica 1:200´000
km
0
6
N
Apurimac
80°O
75°O
70°O
0°
5°S
10°S
15°S
LEYENDA
EDAD
Sistema
Sistema
Serie
UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS
ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICA
CUATERNARIO
HOLOCENA
PLEISTOCENA
NEÓGENO
PLIOCENA
MIOCENA
MESOZOICA
CRETACEO
SUPERIOR
INFERIOR
MEDIO
Depósito eluvial
Depósitos Aluviales
Depósitos de Deslizamiento
Depósitos fluvioglaciares
Depósitos Morrénicos
Domo lava
Formación Barroso 3
Volcánico andesítico
Barroso
Volcánico Vilcarani
Centro volcánico Palla Palla
Complejo volcánico Sillajasa, Huichayoc
Fm. Andamarca
Complejo Volcánico Saycatá
Centro Eruptivo Chacoma
Centro Eruptivo Chibemi
Fm. Huaycha
Fm. Aniso
Fm. Alpabamba
Grupo Tacaza Indiviso
Grupo Tacaza
Fm. Arcurquina
Fm. Murco
Fm. Huaihuani
Fm. Socosani
Qh-el
Qh-al
Qh-de
Qpl-fg
Qpl-mo
NQ-ba3
NQ-ba/an
NQ-ba
NQ-vi/tb,fl
Np-an
Np-si-hu/o
Np-pa/and+plg
Ne-sy3
Ne-sy2
Ne-sy1
Nm-an
Nm-al
Nm-al1
Nm-da
Nm-pa/lt,ar
Nm-pa/lt,ar
PN-ta
PN-ta/tx
PN-ta/an
Kis-ar
Ki-hu
Ki-mu
Ki-hu
Jm-so
Rolita
Dacita
Andesita
Tonalitas
Tonalitas
Pacapausa
Yaurimoco
Colcabamba
N-ri
Granodiorita, diorita
Nm-da/Dacita
N-an
Andesita
N-to/p
N-to/c
N-to/y
Simbología
Epitermales de alta sulfuración
Epitermales de baja sulfuración
Epitermales de intermedia sulfuración
Pórfidos de Cu-Au
Pórfidos de Cu-Mo
Skarn
Falla
Falla Inferida
Falla Inversa
Falla Normal
Sobreescurrimiento
Eje de anticlinal
Eje de sinclinal
Pliegue volcado
REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
INGEMMET
PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ
Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"
Geología Regional de las minas Pallancata Selene-Inmaculada
MAPA Nº: 07
ELABORADO POR: Moisés Ortega O.
REVISADO POR:
ESCALA: 1: 200 000
FECHA: AGOSTO 2015
PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

- Mineralización

La mineralización es de geometría vetiforme, correspondiente a un sistema epitermal de baja sulfuración con asociación mineralógica característico de cuarzo-adularia-pirita, del cual se extrae básicamente plata.

En la veta Pallancata se reconocieron diferentes eventos de mineralización; siendo el de mayor ley e importancia aquel constituido por bandas irregulares de sílice gris con sulfuros, intercalada con bandas de cuarzo blanco. Esta etapa inicia con formación de argentita (que reemplaza a la proustita, galena y esfalerita), caracterizado por rellenar oquedades y espacios abiertos de seudomorfos de calcita laminar (figuras 4.1.13 a 4.1.15).

En los niveles inferiores de las vetas Luisa y Yurica se reconocieron minerales de platas rojas (proustita-pirargirita) diseminados en la zona de brecha, formada en el contacto de la veta de cuarzo masivo con la roca caja de tobas de cristales de composición andesítica.

La mina Pallancata presenta recursos minerales de 80.7 Millones de onzas de plata y reservas de 18.7 Moz Ag calculadas al diciembre del 2014. En la Tabla 4.1.4 se muestra la producción anual de plata y oro (Hochschild Mining PLC., 2014).

)

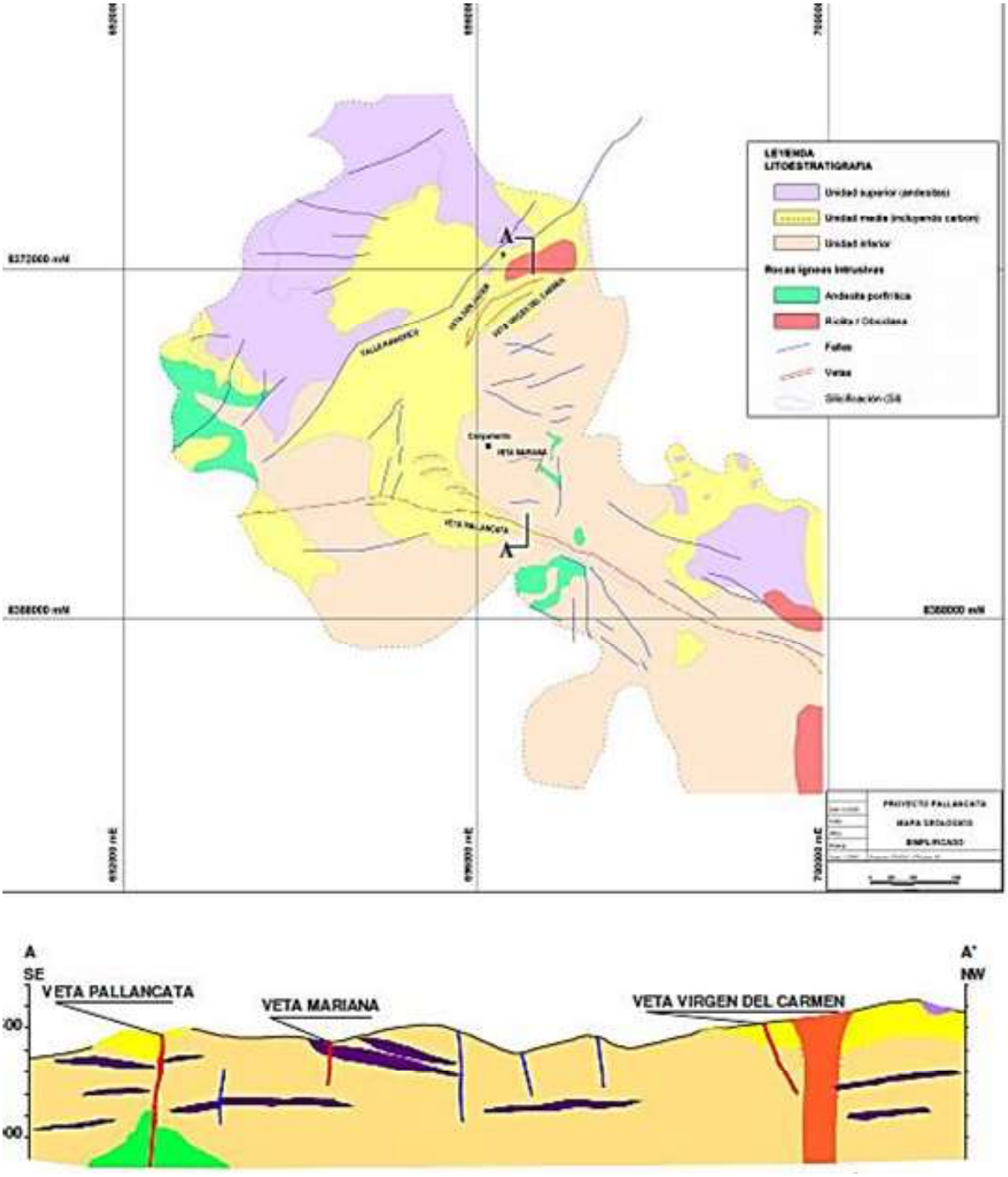


Figura 4.1.12.- Geología local de Pallancata (tomado de Gamarra, J. 2008)

Tabla 4.1.3.- Principales texturas de relleno vetiforme relacionada con los diferentes eventos hidrotermales en Pallancata (tomado de Gamarra, J. 2008).

Principales texturas de vetas	Estadio 0	Estadio 1	Estadio 2	Estadio 3	Estadio 4	Estadio 5	Estadio 6	Estadio 7	Estadio 8
Cuarzo de grano medio a grueso en stwk y stwk bx	Qz 0	Qz 1							
Cuarzo blanco de grano medio grueso con textura oquerosa reemplazando a calcita			Qz 1						
Cuarzo blanco de grano medio + Adul en seudomorfos de calcita laminar			Qz 1		Qz 2				
Brecha de silice gris oscura con clastos de cuarzo blanco con Pirita y Marcasita				Qz 2					
Qz gris cristalino en venillas y brechas con sulfuros de plata diseminados					Qz 2				
Silce gris oscura - negra bandeada con abundantes sulfuros rellenando oquedades						Qz 2			
Qz cristalino en vllas Textura en Peine							Qz 2	Qz 3	
Calcedonia tardía								Qz 3	
Boxwork de Pirita y texturas fantasmas por reemplazamiento supergénico									Qz 3
Brechas									
Mineralización									

Tabla 4.1.4.- Cuadro de producción anual de Mina Pallancata (Hochschild Mining PLC., 2014).

	Year ended 31 December 2014	Year ended 31 December 2013	% change
Ore production (tonnes)	**1,051,068**	1,088,712	(3)
Average head grade silver (g/t)	**238**	264	(10)
Average head grade gold (g/t)	**1.03**	1.13	(9)
Silver produced (koz)	**6,527**	7,628	(14)
Gold produced (koz)	**24.34**	27.83	(13)
Silver equivalent produced (koz)	**7,988**	9,298	(14)
Silver sold (koz)	**6,502**	7,567	(14)
Gold sold (koz)	**24.02**	26.67	(10)

Figura 4.1.13.- Vista panorámica de la Mina Pallancata mostrando las diferentes secuencias volcánicas, foto tomada hacia el oeste.

Figura 4.1.14.- Afloramiento de la veta Pallancata con inflexiones, dando la apariencia "tipo Rosario"

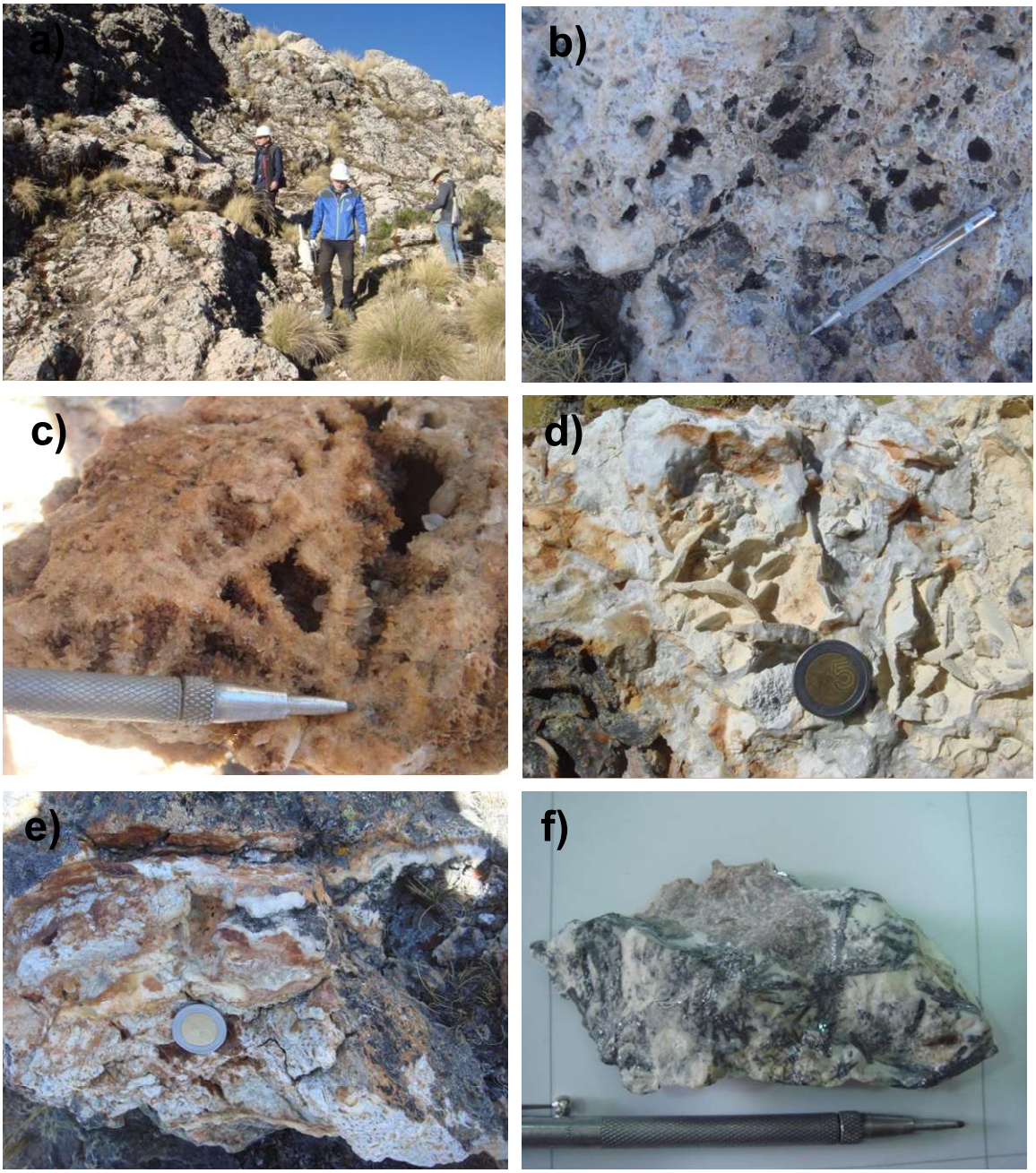


Figura 4.1.15.- a) Veta Pallacanta en superficie; b) Veta de cuarzo blanco oqueroso; c) Geodas con relleno de cuarzo cristalizado con de óxidos de hierro; d) Cuarzo gris con textura en hojas (*bladed)*, e) Textura coloforme de cuarzo y gris bandeado f) Platas rojas (pirargirita-proustita).

4.1.4. Inmaculada

- Ubicación

La mina Inmaculada se ubica aproximadamente a 570 km al sureste de Lima y a 80km. al sur de la ciudad de Chalhuanca, en los distritos de Coronel Castañeda, Oyolo, San Javier de Alpabamba, San Francisco de Ravacayco y Pacapausa, provincia de Parinacochas y Paucar del Sara Sara, región de Ayacucho; las coordenadas centrales son 685000E / 8352480N (UTM - WGS84, zona 18s), comprendida entre las altitudes de 3900 a 4800 m.s.n.m. (Figura 4.1.16).

El acceso es por vía terrestre, siguiendo la ruta Lima-Nazca-Puquio-Izcahuaca con un total de 905 km.

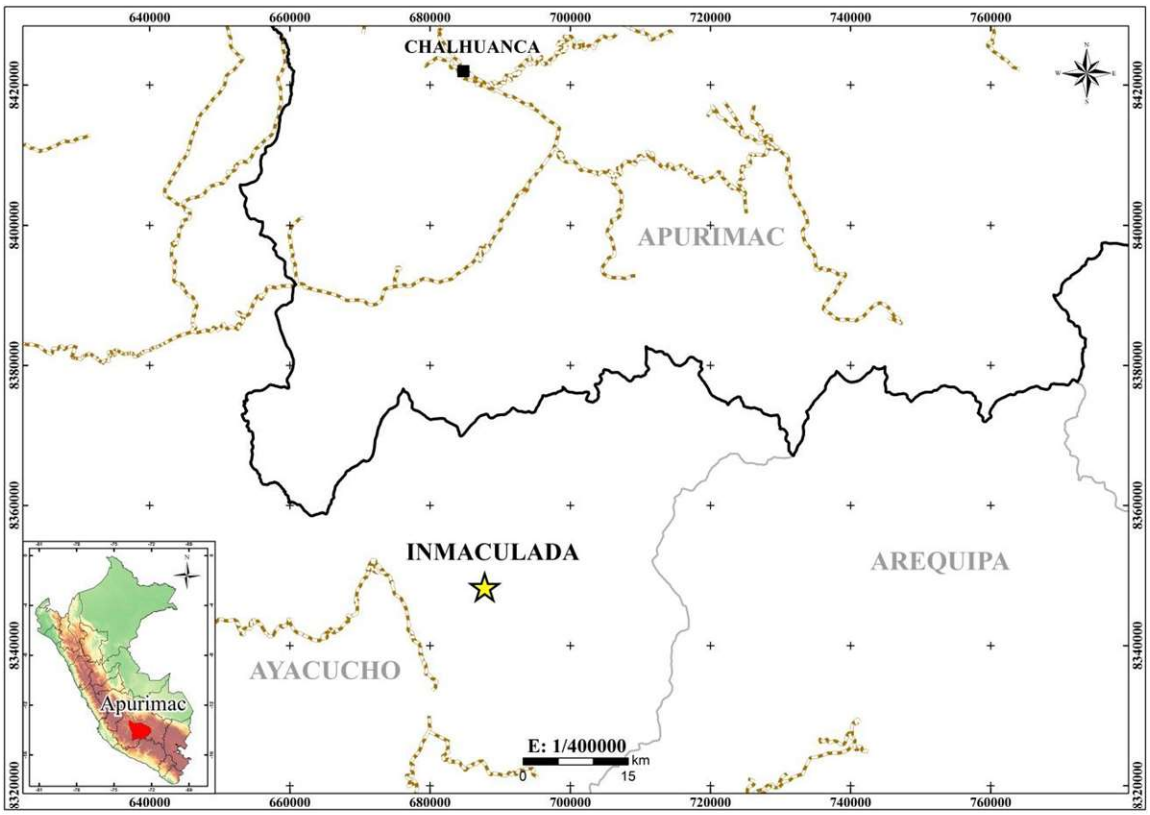


Figura 4.1.16.- Mapa de ubicación de la mina Inmaculada.

- Litología

El depósito está hospedado en las formaciones Aniso y Saycata, la cual está constituida por rocas piroclásticas y coladas de lava Cenozoicas (Figura 4.1.17).

- **Flujos piroclastos andesíticos:** Esta unidad es parte del estrato-volcán de Huarmapata, las cuales están conformadas por flujos de textura clasto soportada, con clastos de volcánicos andesíticos, intercalados con horizontes de coladas de lavas andesíticas de textura porfirítica. Esta unidad es la roca huésped de las vetas de cuarzo en Quellopata (Inmaculada).

- **Flujos de lavas andesíticas:** Unidad perteneciente al Grupo Barroso, se localizan hacia la parte central del área de estudio, donde afloran coladas de lava, las cuales se caracterizan por presentar fenocristales de plagioclasa, dentro de una matriz verdosa afanítica.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO			Cobertura	
	NEÓGENO	PLIOCENO	Formación Saycata		Lava andesítica, textura porfirítica de color gris verdosa, a la base debris flow y/o brecha volcánica de composición andesítica.	200
		MIOCENO	Formación Aniso		Tobas de lapilli y ceniza, color blanco verdoso.	500
			Formación Alpabamba		Piroclastos gruesos de composición andesítica-dacítica con niveles de areniscas tobáceas.	1000
			Grupo Tacaza		Lavas andesíticas gris verdosas con intercalación de brechas y aglomerados volcánicos.	800

Figura 4.1.17.- Columna estratigráfica de Inmaculada (modificado de Dávila, D., 1991)

.

- Estructuras

En el contexto regional, los mayores lineamientos estructurales son de azimut NO-SE; las cuales son cortadas a su vez por lineamientos NE (controlan la mineralización de la mina) y NS (Ver Mapa 07).

- Mineralización y alteración

La mina Inmaculada presenta dos estilos de mineralización epitermal. El primero corresponde al estilo de baja a intermedia sulfuración representado por las vetas de cuarzo (Figura 4.1.18), y el segundo correspondería a un estilo de alta sulfuración que ocurre en el sector de Minascucho y Tararunqui.

En el sector de la Mina Inmaculada afloran un total de nueve vetas de cuarzo con azimut NE-SO y buzamientos al SE, todas con componente dextral, expuestas en la quebrada Quellopata y ocurriendo en forma de ventana geológica. La distribución espacial de las vetas (este a oeste) es la siguiente: Veta Martha, Teresa, Lourdes, Ángela (actualmente en extracción), Roxana (sigmoide cerrado, parte de Ángela), Lucy, Shakira, Juliana y Sara (Figura 4.1.19). Estas vetas se formaron en un contexto de tectónica extensional como relleno de fallas normales, presentando en conjunto anchos de 0.3 m a 5 m y longitudes que van desde los 350 m a 2200 m, con evidencias de continuidad por debajo de las coberturas coluviales (Figura 4.1.20). Las estructuras filonianas pueden ser diferenciadas en dos grupos principales en función a las fases de mineralización:

- **Primera Fase:** Vetas epitermales de Ag, Zn y Pb de baja sulfuración con sulfuros base, compuestas de cuarzo blanquecino y calcedonia gris, con brechamiento, texturas bandeadas, coloformes, crustiformes, granulares y masivas; entre los minerales que albergan estas veta se tienen: pirita (abundante en forma granular y cúbica fina), calcopirita, esfalerita, galena y patinas de óxidos de Fe, Mn y carbonatos de Cu. Las rocas cajas presentan silicificación incipiente, seguida de argilización y propilitización hacia la periferia; las vetas pertenecientes a esta fase de mineralización son Lourdes, Teresa y Juliana (Figura 4.1.21).

- **Segunda Fase:** Vetas epitermales de Au y Ag de baja sulfuración, compuestas de cuarzo blanco con texturas de reemplazo en

carbonatos, bandeamiento, drusas en oquedades, puntos de pirita cúbica fina, sulfuros negros y pátinas ligeras de óxidos de hierro. La caja por lo general presenta débil silicificación (menor a 1 m. para ambos lados), seguida de propilitización con esmectita, clorita y pirita. A este grupo pertenecen las vetas Martha, Angela, Roxana (Sigmoide cerrado de Ángela), Lucy, Shakira y Sara (Figura 4.1.22).

La mina Inmaculada presenta recursos minerales de 149.7 Millones de onzas de plata y reservas de 81.1 Moz Ag calculados a diciembre del 2014 (Hochschild Mining PLC. 2014).

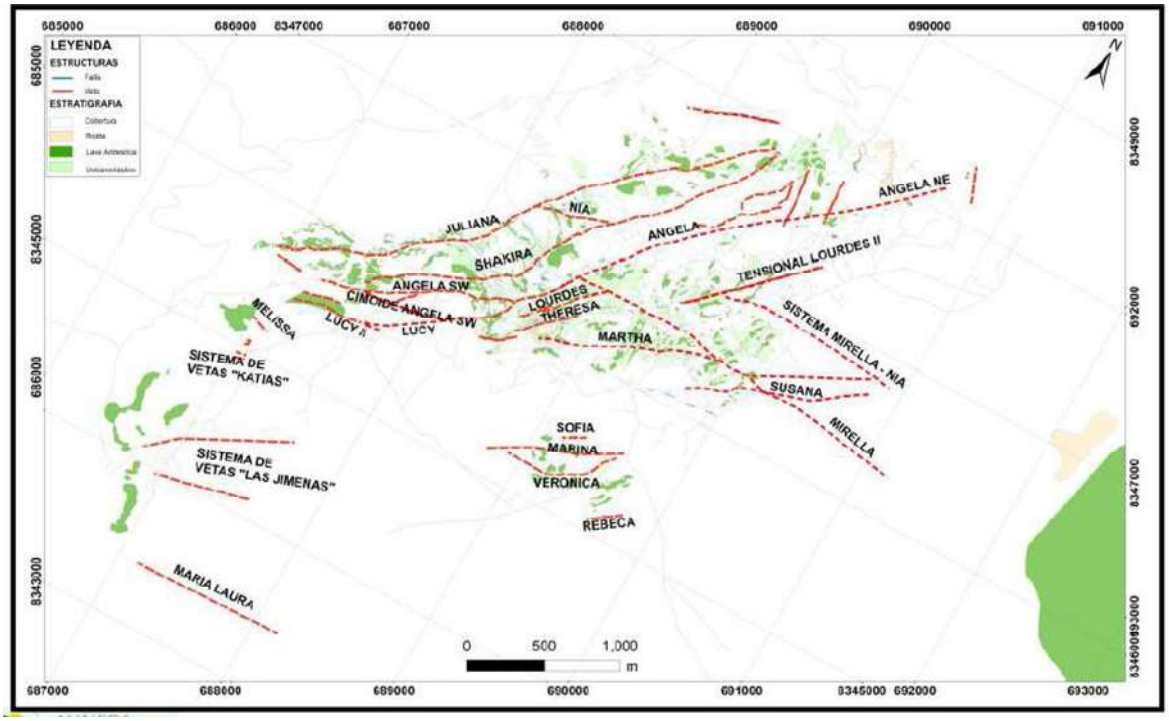
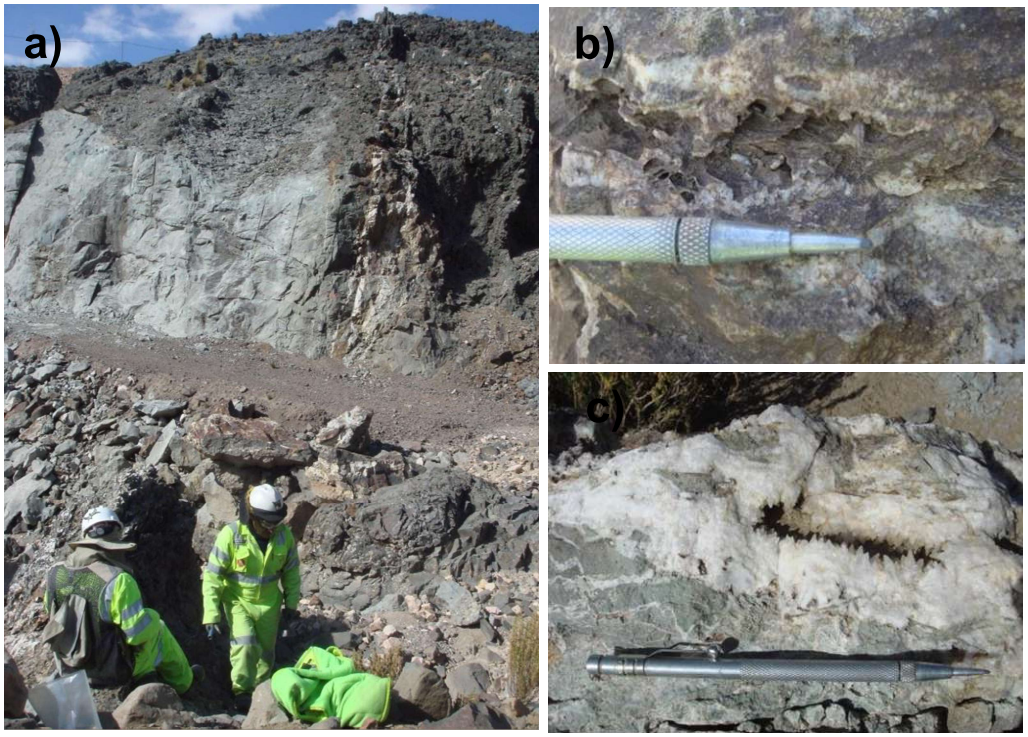


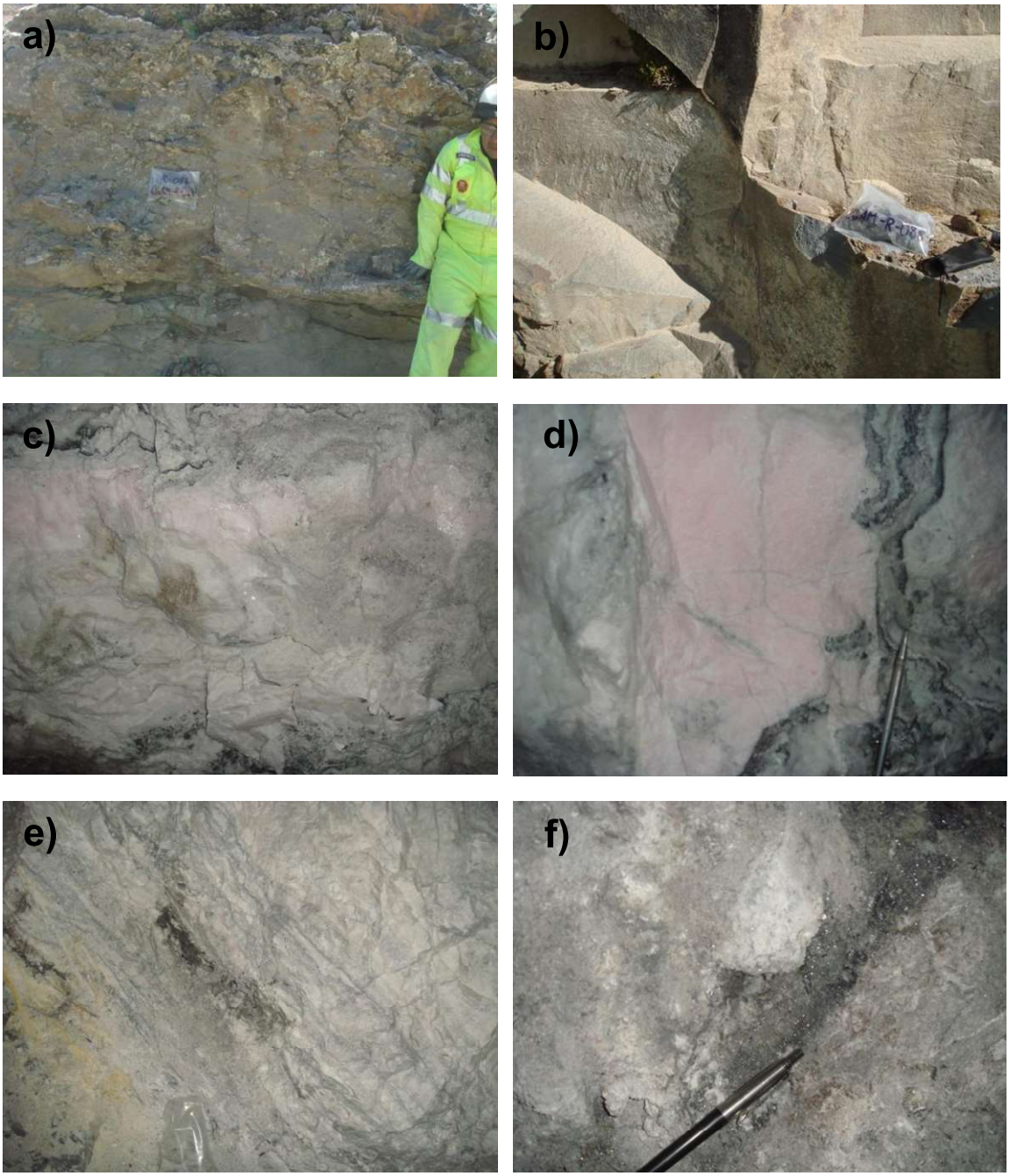
Figura 4.1.18.- Mapa geológico local de Inmaculada, mostrando las vetas de cuarzo (Minera Suyamarca, 2013).

Figura 4.1.19.- Vista panorámica de la Mina Inmaculada, observando la veta Ángela y Shakira, foto tomada hacia el NO.

Figura 4.1.20.- Vista panorámica de las secuencias volcánicas circundantes al sistema de vetas.



Figuras 4. 1.21.- a) Veta Teresa emplazada en piroclastos andesíticos; b y c) Diferentes texturas y formas de cristalización del cuarzo.



Figuras 4. 1.22.- a) Piroclastos andesíticos cortados por vetillas y vetas de cuarzo blanco (roca caja); b) Lava andesítica ligeramente cloritizada b y c) Veta Ángela de 3 m de ancho, presenta bandas de cuarzo blanco con sulfuros; d) Interior de la Veta Ángela, se observa a estructura de cuarzo acompañado de rodocrosita y calcita con algunas bandas de sulfuros negros; e) Vetilla de esfalerita-galena, emplazada en veta de cuarzo.

4.1.5. Trapiche

- Ubicación

El proyecto Trapiche se localiza a 100 km al sur de la ciudad de Abancay, en el distrito de Juan Espinoza Medrano, provincia de Antabamba, región de Apurímac (Figura 4.1.23), las coordenadas centrales son 729,858E – 8´396,292N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 3,900 a 4,700 m.s.n.m. Metalogenéticamente forma parte de la franja de pórfidos-skarns de Cu-Mo-Au del Mioceno relacionadas al magmatismo del batolito de Andahuaylas-Yauri, en la figura 4.1.25 se observa una vista panorámica del depósito Trapiche.

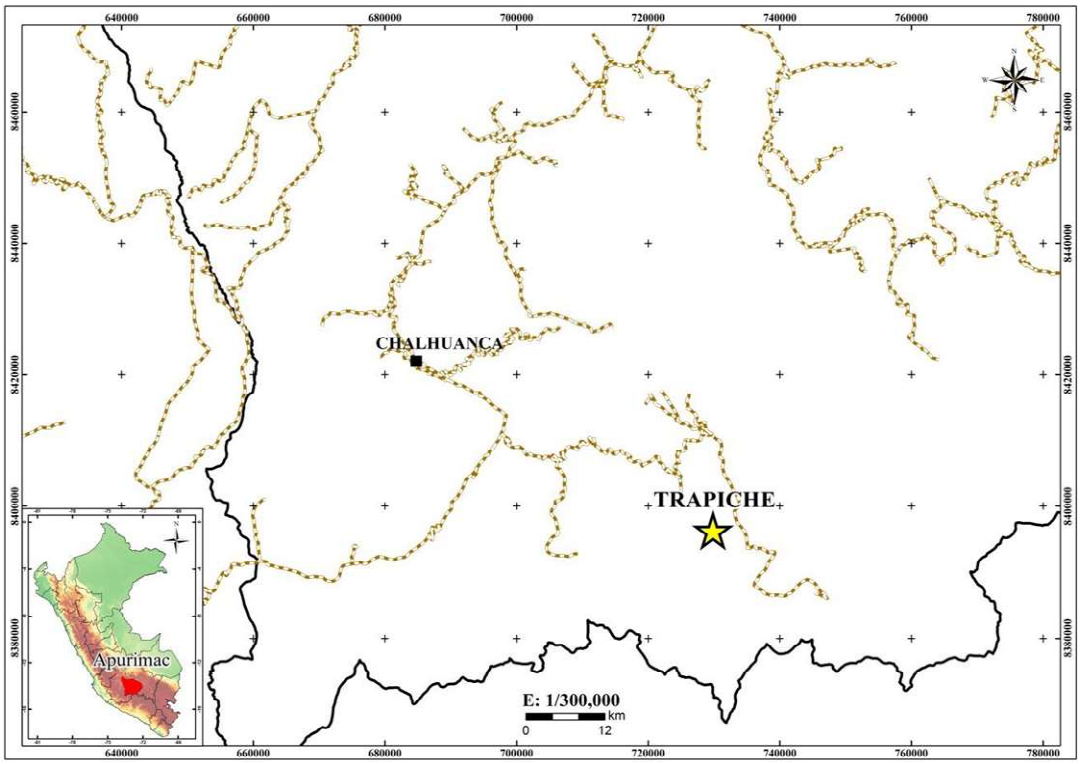


Figura 4.1.23.- Plano de ubicación del proyecto Trapiche.

- Litología

El basamento se conforma por rocas de naturaleza sedimentaria del grupo Yura, que consisten en limolitas y lutitas de color negro carbonoso intercaladas más del 80% con calizas y areniscas; con cuarcitas hacia el tope **(LLoza & Valencia, 2001).** Estas unidades litoestratigráficas se encuentran bordeando el lado oeste, norte y este del depósito. Las rocas

Intrusivas están conformadas por granodioritas, pórfidos dacíticos con cuarzo y “cuarzos feldespáticos” de posible edad Eocena Superior, pertenecientes al Batolito Andahuaylas-Yauri. Así mismo se han identificado brechas hidrotermales en los límites del pórfido “cuarzo feldespático”, pórfido dacítico con cuarzo y rocas sedimentarias (Figura 4.1.24).

- **Granodioritas:** Es el intrusivo más antiguo; presenta textura fanerítica compuesta de fenocristales de cuarzo, ortosa y biotita, con escasa diseminación de pirita, trazas de calcopirita y molibdenita, además de escasos megacristales de ortosa, está relacionada en la fase prógrada de los cuerpos de skarn.

- **Pórfido monzonítico con cuarzo:** Es el principal responsable de la alteración y mineralización, presenta textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa, ortosa y biotita en matriz cuarzo feldespática; con una datación de 28.95 Ma. Presenta mineralización diseminada y en venillas del tipo A y B, con sulfuros de calcopirita, pirita, bornita y molibdenita. Su emplazamiento parece ser una fase transicional de granodiorita antigua (Figura 4.1.26).

- **Pórfido dacítico con cuarzo:** Corresponde a un subvolcánico alterado con mineralización diseminada de pirita y calcopirita en trazas. Ha sido datado en 28.53 Ma.

Posteriormente ocurre el emplazamiento de la brecha pipe, diferenciándose tres tipos: Brecha cuarzo magnetita, cuarzo calcopirita-molibdenita y cuarzo turmalina. Finalmente se emplazan intrusivos tardíos representados por pórfidos menores de monzonita con cuarzo y diques estériles de composición dacítica y andesítica.

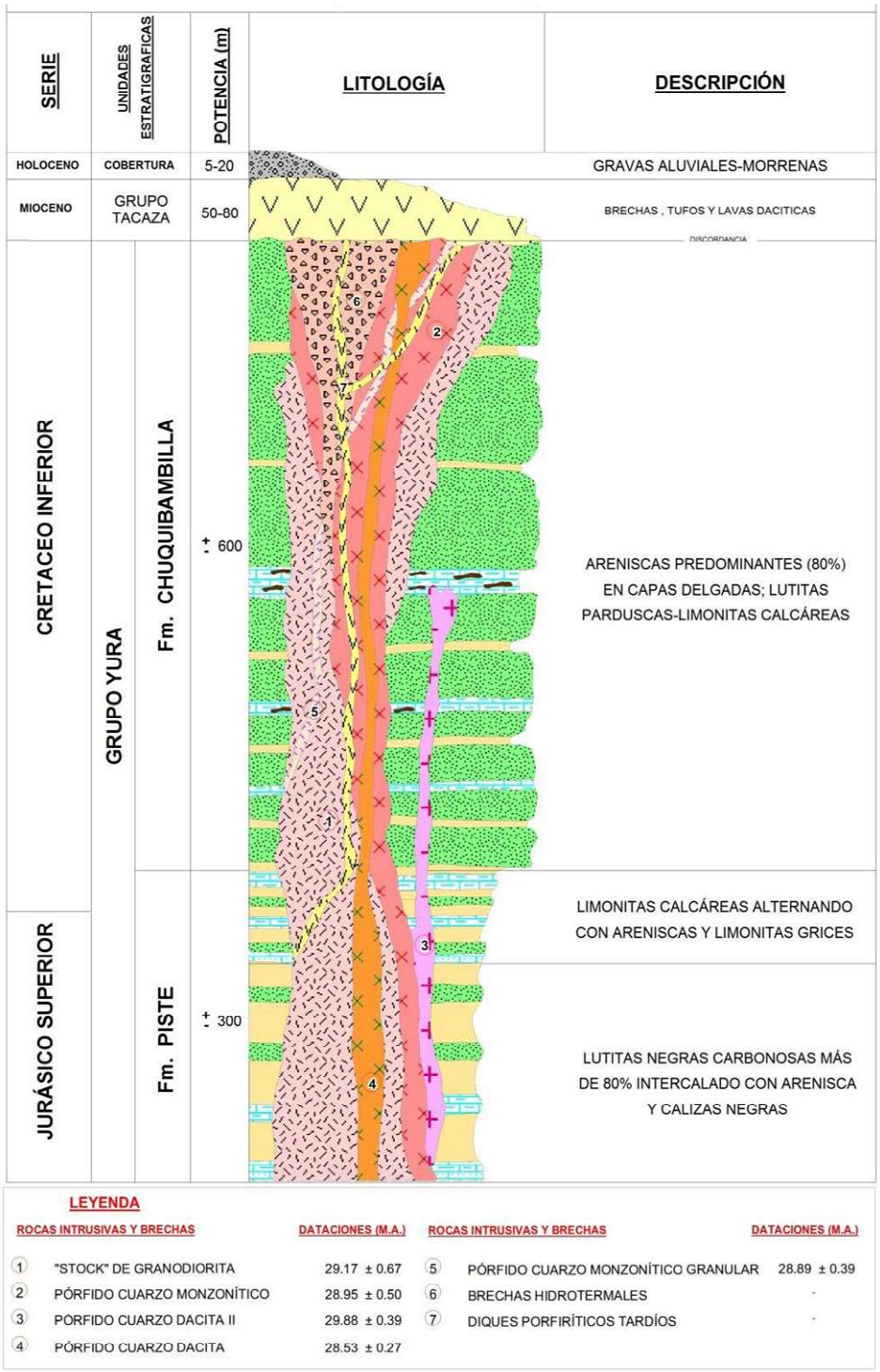


Figura 4.1.24.- Columna estratigráfica del proyecto Trapiche (tomado de Llosa et al, 2013).

- Estructuras

El marco estructural está caracterizado por la ocurrencia de tres sistemas importantes de fracturamiento y fallas: Sistema Andino NW-SE, representado por las fallas Cerro Colorado y Arpa Orco; el sistema NE, representado por las fallas El Abra y Central, y el sistema E-W, representado por las fallas Trapiche y Campamento.

- Alteración

La alteración hidrotermal en el distrito se distribuye en un área de 2.5 km de largo por 2.0 km de ancho, generada principalmente por los pórfidos activos y la "brecha pipe", produciendo en los bordes del sistema hornfels y zonas de skarn.

- **Calcosódica:** Esta alteración ocurre en la zona central profunda del depósito con un ensamble mineralógico de cuarzo-magnetita-clorita-actinolita.

- **Potásica:** Se desarrolla sobre la alteración calcosódica con un ensamble mineralógico de cuarzo, ortosa, anhidrita, biotita secundaria; conteniendo un buen volumen de mineralización económica.

- **Fílica:** Se desarrolla en la parte superior de la alteración potásica en sobreimpuesta a ésta, con un ensamble mineralógico de cuarzo-sericita-illita.

- **Argílica intermedia:** Desarrollada en el sector Trapiche Este, ligada a la alteración fílica, con un ensamble mineralógico de cuarzo-clorita-illita; la cual contiene el mayor volumen de mineralización.

- Mineralización

La mineralización es principalmente de cobre y molibdeno, constituida por sulfuros primarios (pirita, calcopirita, bornita) y secundarios de cobre, (calcosina, covelita y digenita), subordinada molibdenita y en menor proporción óxidos de cobre (tenorita, cuprita, malaquita, azurita y crisocola). El mayor volumen de sulfuros se localiza en la “brecha pipe”, seguido por el pórfido monzonítico con cuarzo y finalmente por los óxidos (generado en sedimentos). La mineralización de la “brecha pipe” se desarrolla principalmente en la matriz, como diseminada, parches y con presencia de venillas en los clastos; en cuanto al pórfido, el desarrollo es diseminado y en moderado vetilleo.

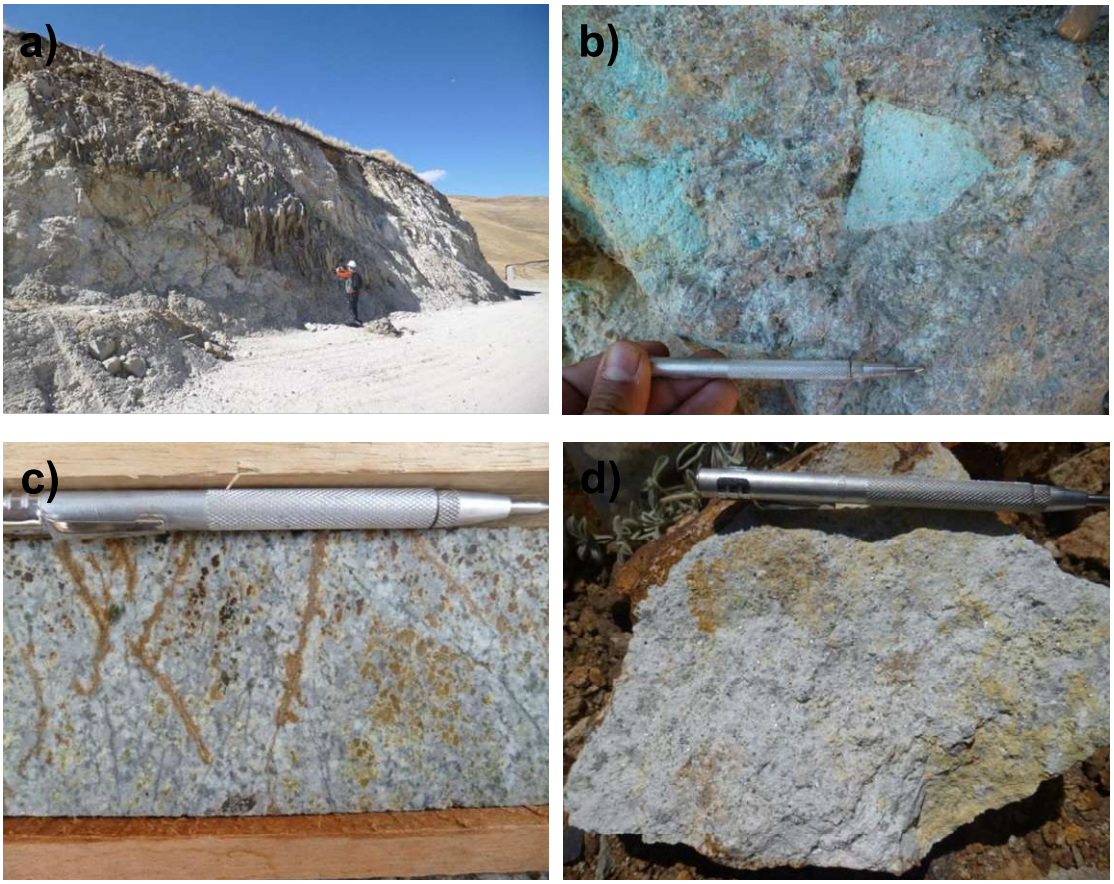
En el sector de óxidos, el cobre se presenta como impregnaciones en fracturas, ocurriendo mayormente al oeste y norte de la brecha como resultado de la lixiviación y transporte de los sulfuros.

Los procesos de lixiviación y enriquecimiento secundario han jugado un rol importante para la formación de zonas sub-horizontales y con mejores leyes en el depósito. La distribución espacial de los tipos de mineralización es atípica, de arriba hacia abajo en la brecha y pórfido; subdividiéndose en las siguientes zonas: lixiviada, enriquecida, transicional y primaria.

Tabla 4.1.5.- Zonas mineralizadas y características del Proyecto Trapiche (Tomado de Llosa et al., 2013).

Zona Mineralizada	Minerales Característicos
Zona Lixiviada	Goethita, hematita, jarosita
Zona de Enriquecimiento Secundario	Calcosina, Covelita, digenita
Zona Transicional	Calcopirita y sulfuros supérgenos de cobre
Zona Primaria	Pirita, calcopirita, bornita, molibdenita, pirrotita, magnetita
Zona de Óxidos de Cu	Tenorita, cuprita, malaquita, azurita, crisocola y neotocita
Zona Mixta	Mezcla de óxidos de y sulfuros de cobre.

Figura 4.1.25.- Vista panorámica del depósito Trapiche (vista mirando al sur).



Figuras 4.1.26.- a) Dique andesítico de textura porfirítica cortando intrusivo diorítico; b) Brecha monomíctica con clastos del pórfido monzonítico con cuarzo (PQM). Se observa mineralización de óxidos de cobre, pirita y calcosina. c) Pórfido dacítico con cuarzo y pirita diseminada. d) Pórfido monzonítico con cuarzo y venillas de calcopirita.

4.1.6. Puca Corral

- Ubicación

El prospecto Puca Corral está ubicado a 120 km al sur de Abancay, en el distrito de Antabamba, provincia de Antabamba, región de Apurímac; las coordenadas centrales son 742100E - 8379750N (UTM – WGS84, zona 18s), con una altitud promedio de 4900 m.s.n.m. (Figura 4.1.27)

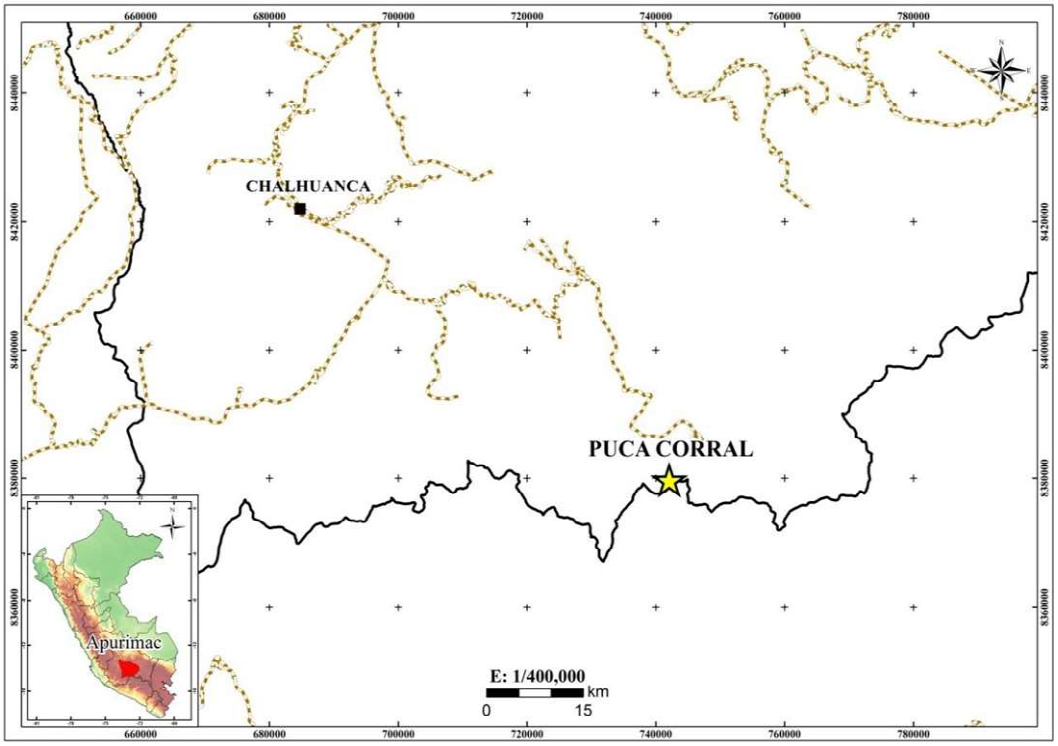


Figura 4.1.27.- Plano de ubicación del prospecto Puca Corral.

- Litología

El prospecto Puca Corral está albergado en un ambiente netamente sedimentario, conformado por areniscas, cuarcitas y calizas de la Formación Arcurquina y grupo Yura (Figura 4.1.28).

- **Cuarcitas:** Se presentan de color negro, de grano fino intercaladas con areniscas marrones, perteneciente al Grupo Yura (Jurásico superior). Se localizan en el nivel inferior de la columna estratigráfica.
- **Areniscas:** De color blanco y grano medio con estratificación cruzada, intercaladas con lutitas grises violáceas pertenecientes a la

Formación Murco (Cretáceo inferior). Estas areniscas hospedan la mineralización de cobre-molibdeno en fracturas y vetillas.

- **Calizas:** Afloramiento de color gris-blanco intercalado con cherts y calizas grises, presenta una potencia de 200 m de espesor y pertenecen a la Formación Arcurquina (Cretáceo superior). En esta unidad es donde se emplaza la mineralización tipo skarn.

- **Diorita:** Presenta una textura porfirítica con cristales de plagioclasa englobados en una matriz afanítica. Generalmente, estas rocas presentan una moderada alteración hidrotermal, razón por la cual es dificultoso reconocerlos en el depósito; sin embargo, hospedan gran parte de la mineralización económica.

- Estructuras

El control estructural está caracterizado por dos sistemas de fallas y fracturas: el sistema andino NO-SE y el NE-SO.

- Alteración

- **Silicificación:** Relacionada a la presencia de vetillas de cuarzo, las cuales alteran la roca caja (intrusivos y sedimentarios). En algunos casos la sílice inunda la matriz de la roca de forma penetrativa.

- **Cuarzo-clorita (QC):** Esta alteración se caracteriza por presentar abundante clorita y sílice (moderada) con diseminaciones de pirita y molibdenita en fracturas y en algunas vetillas de cuarzo. Fue reconocida en el pórfido diorítico y en algunas areniscas.
-

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS	COLUMNA	DESCRIPCIÓN	ESPESOR (m)
CENOZOICO	NEÓGENO	Mioceno	Formación Alpabamba		Secuencias locales variables entre facies subaéreas a lacustres. Brechas, conglomeados, tobas, arcillas y areniscas.	400
			Grupo Tacaza		Tobas e ignimbritas ácidas gris violáceas que varían a facies sedimentarias arenosas y facies lávicas andesíticas a dacíticas y andesítica basáltica con estructuras piramidales. Brechas locales. En el tope las facies riolíticas presentan tonos rojizos. Aglomerados brechas y tobas con lavas.	500-700
MESOZOICO	CRETÁCICO	Superior	Formación Arcuquina		Caliza gris blancesina en capas delgadas; calizas grises en bancos gruesos con chert y calizas grises blanquesinas.	200
		Inferior	Formación Murco		Lutitas violetas a rojas con niveles arcillosos verdes. Areniscas blancas de granos medio con estratificación cruzada. Areniscas intercaladas con lutitas gris violeta.	200
	JURÁSICO	Superior	Grupo Yura		Bancos de cuarcita de 5 a 20 m. Areniscas meteorizadas de color marrón a ocre. Cuarcitas oscuras de grano fino laminadas.	

LEYENDA

ROCAS INTRUSIVAS

Gabros y dioritas de ~48 y 43 Ma

Granodioritas y cuarzo monzodioritas de ~40-32 Ma

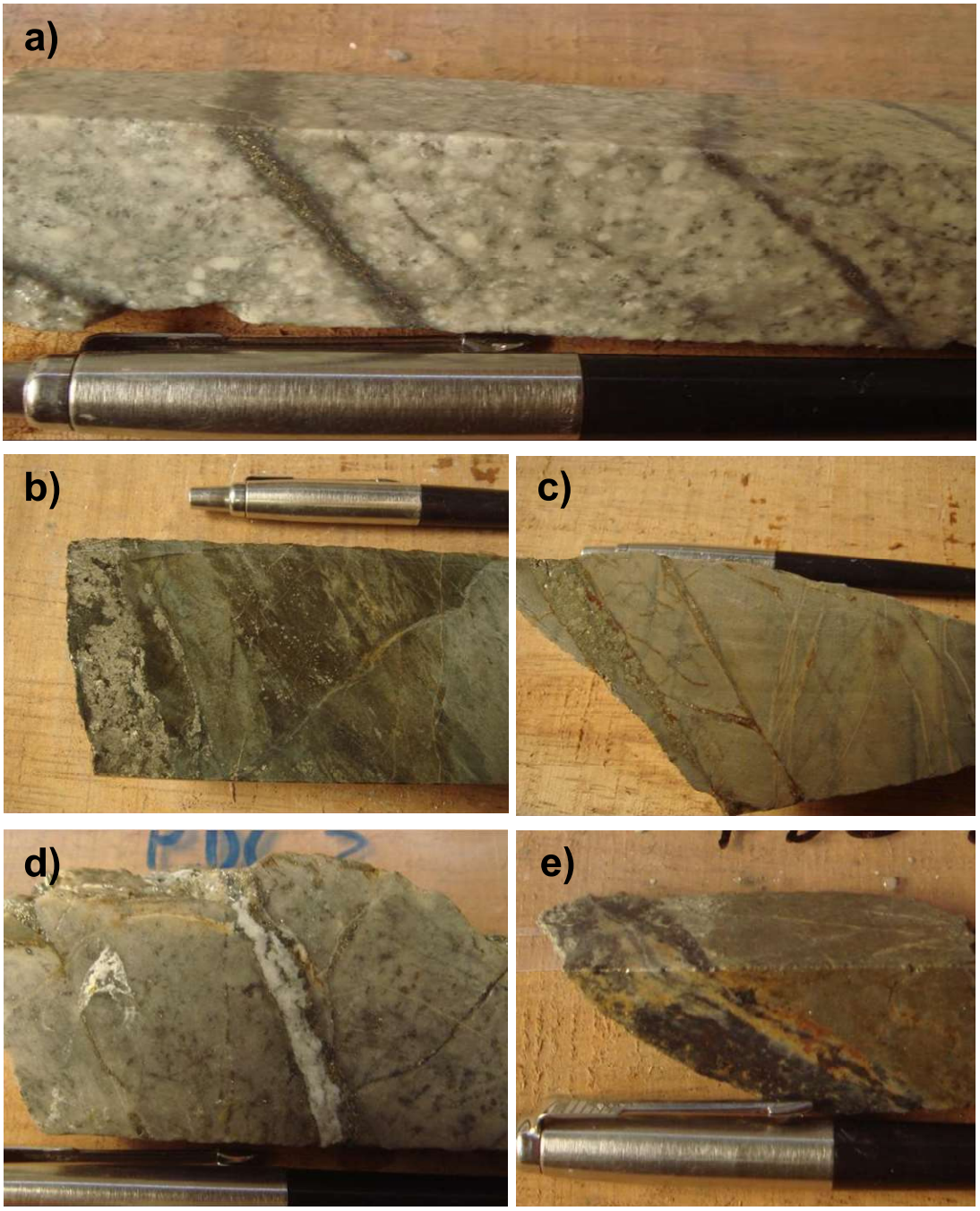
Zonas con potencial de mineralización

Figura 4.1.28.- Columna estratigráfica del prospecto Puca Corral (Modificado de Palacios, O. 1994)

- Mineralización

La mineralización es principalmente de molibdeno y cobre, constituido por sulfuros primarios de pirita, calcopirita y molibdenita (Figura 4.1.29). En los pórfidos y rocas sedimentarias la mineralización se desarrolla de forma diseminada y principalmente en vetillas de cuarzo-pirita-molibdenita.

El prospecto Puca Corral se encuentra en proceso de exploración, por lo que aún no se le puede dar una clasificación precisa del tipo de depósito al que pertenece, por lo que es considerado probablemente del tipo pórfido-skarn.



Figuras 4.1.29.- a) Arenisca cloritizada cortada por vetillas de cuarzo-pirita-molibdenita. b y c) Areniscas cloritizadas cortadas por vetillas de pirita. d) Pórfido diorítico cortado por vetilla cuarzo-pirita; e) Pórfido diorítico cortado por vetilla de pirita-molibdenita.

4.2. Pequeña minería, otros proyectos y prospectos, ocurrencias y anomalías

Pequeña minería

4.2.1. San Diego

- Ubicación

El área se localiza a 8 km. al suroeste de la ciudad de Mollebamba, en el distrito de Juan Espinoza Medrano, provincia de Antabamba, región de Apurímac, las coordenadas centrales son 717370E / 8399270N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 4606 m.s.n.m. (Figura 4.2.1).

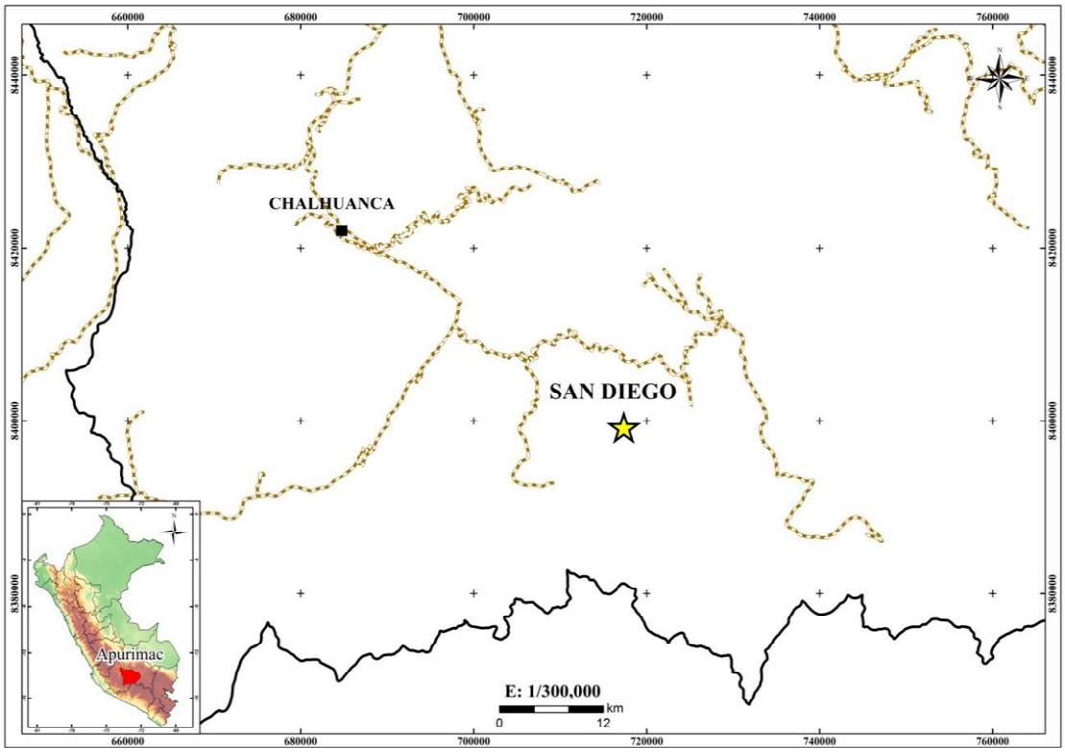


Figura 4.2.1.- Plano de ubicación de la mina San Diego.

- Litología

Caliza: Afloramientos de coloración gris oscuro con textura fina micrítica y venillas de calcita. En algunos sectores se encuentra brechada por fallamiento.

- **Mármol:** Presenta coloración gris a gris oscura, se origina por el metasomatismo producido entre los intrusivos dioríticos y monzogranitos con las calizas. El grado de recristalización es moderado.

- **Monzogranito:** Intrusivo de color gris con tonalidad rosada de textura fanerítica de grano medio, presenta un predominio de plagioclasas (<2mm) y feldespato potásico (<3mm); cuarzo en menores proporciones.

- **Diorita:** Intrusivo de color gris claro de textura fanerítica de grano medio, presenta una mayor cantidad de plagioclasas (<3mm) y feldespato potásico subordinado. El principal mineral accesorio es la hornblenda.

- Estructuras

Estructuralmente se han identificado tres sistemas cuyos rumbos son N70°E/70°SE, NS/60°E, N60°O/45°SO. Las vetas están controladas por el sistema N70°-80°E con buzamiento 60°-70° al SE, también se identificó fallamiento de rumbo de tipo dextral con orientación NS (Figura 4.2.2).

- Alteración

- **Silicificación:** Está relacionada a la presencia de vetas, las cuales alteran moderadamente la roca hospedante (intrusivo) produciendo un reemplazamiento de cristales.

- **Calco-silicatada:** Existen dos tipos de alteración calco-silicatada con paragénesis, el tipo prógrado y retrógrado. Estas alteraciones están relacionadas al contacto entre el intrusivo diorítico con las calizas.

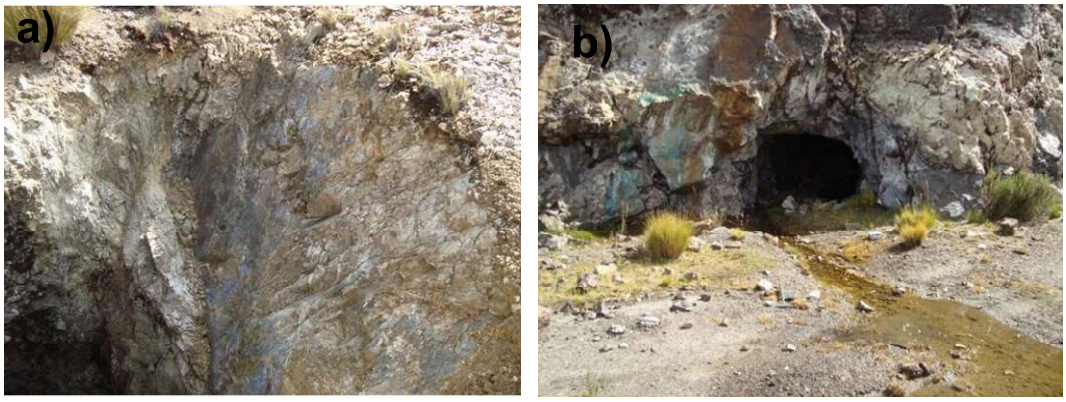
- Mineralización

La mineralización está controlada por vetas de rumbo N70°E con buzamiento 70°SE, presenta texturas de relleno, pudiéndose identificar las siguientes paragénesis:

1er evento: cuarzo-molibdenita - calcopirita - pirita
2do evento: hematita (especularita)
3er evento: calcopirita-pirita-bornita-calcita
4to evento: calcita - cuarzo hialino en cristales

- Conclusión

La presencia de por lo menos cuatro eventos de mineralización nos indica la existencia de múltiples fases de relleno en las vetas, siendo el más importante desde el punto de vista económico el tercer evento, puesto que trae consigo mineralización importante de cobre (calcopirita-pirita-bornita-calcita). También es importante mencionar que estas estructuras generan un halo en su respectiva roca hospedante con alteración calco-silicatada (piroxenos, granates y actinolita) sin mineralización identificada hasta el momento.



Figuras 4.2.2.- a) Chimenea en labor antigua de mina mostrando el plano de falla con calcopirita, molibdenita y Óxidos de cobre. b) Bocamina antigua.

4.2.2. Santa Rosa de Virundo

- Ubicación

La mina se localiza a 19 km. al suroeste de la ciudad de Vilcabamba, en el distrito de Turpay, provincia de Grau, región de Apurímac, las coordenadas son 751783E / 8423436N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud promedio de 4018 m.s.n.m. (Figura 4.2.3)

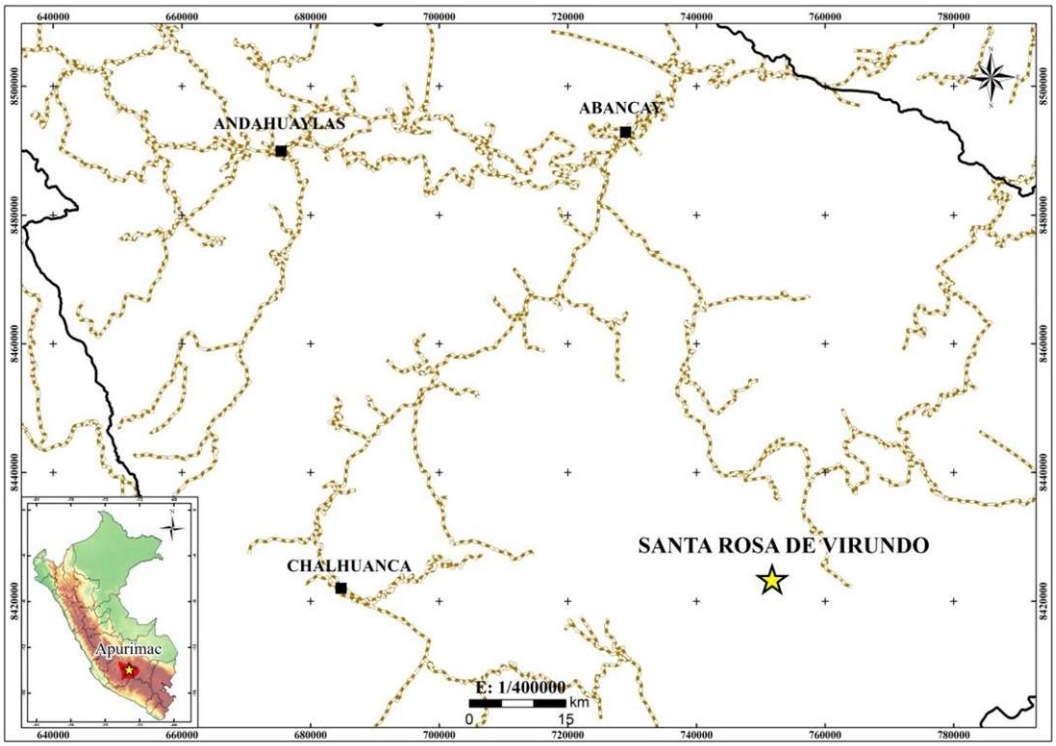


Figura 4.2.3.- Plano de ubicación de la mina Santa Rosa de Virundo.

- Litología

El área está dominada por calizas y en menor proporción rocas intrusivas y piroclásticas.

- **Calizas:** De color gris a gris oscura, textura fina micrítica con venillas milimétricas de calcita.
- **Pórfido dacítico:** "Stock" de coloración gris clara con cristales de plagioclasa y feldespato potásico (<5mm) englobados en una matriz fina con raros ojos de cuarzo. La roca presenta moderada propilitización.

- **Toba de lapilli:** De color blanco-amarillo, presenta fragmentos polimícticos y matriz riodacítica. La roca posee una textura obliterada por intensa alteración.

- Estructuras

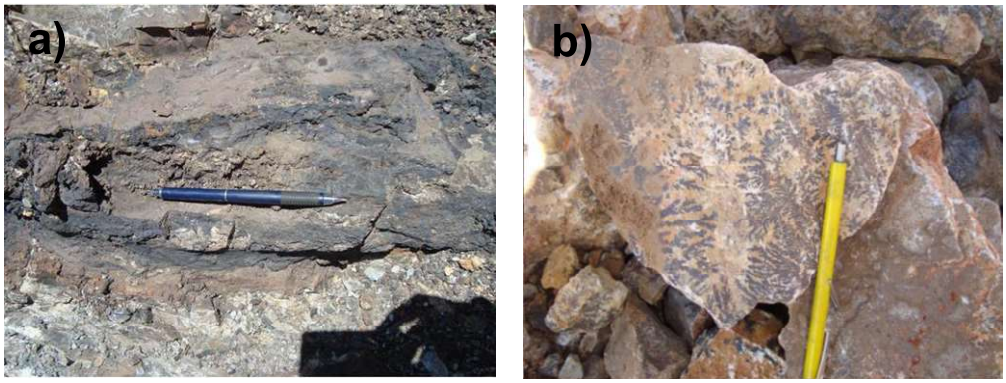
El área está dominada por tres sistemas estructurales cuyas orientaciones son N70°E/55°NO, N20°E/70°SE, N60°O/85°NE. Las estructuras de óxidos de hierro y brechas relacionadas a la mineralización siguen el rumbo N70°-80°E (Figura 4.2.4).

- Alteración

- **Silicificación:** De débil intensidad, se encuentra afectando principalmente a la toba de fragmentos líticos.
- **Argilización:** El caolín se encuentra reemplazando los minerales de la matriz y obliterando la textura original de la toba de fragmentos líticos.

- Mineralización

La mineralización está asociada a estructuras de rumbo N70-80E con óxidos de hierro (hematita, goethita, limonita), óxidos de manganeso (pirolusita), jarosita, pirita, calcopirita y galena subordinada. Además es común encontrar en fracturas óxidos de cobre como malaquita y azurita.



Figuras 4.2.4.- a) Estructura brechada con óxidos de manganeso y hierro asociado a hematita-goethita-limonita-pirolusita con rumbo N70°O cortando calizas marmolizadas. b) Agregados dendríticos de pirolusita recubriendo fracturas en mármol.

4.2.3. Yuringa

- Ubicación

El área se localiza a 11 km. al noroeste de la ciudad de Vilcabamba, en el distrito de Curpahuasi, provincia de Grau, región de Apurímac, las coordenadas son 747264E 8448029N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 4434 m.s.n.m. (Figura 4.2.5)

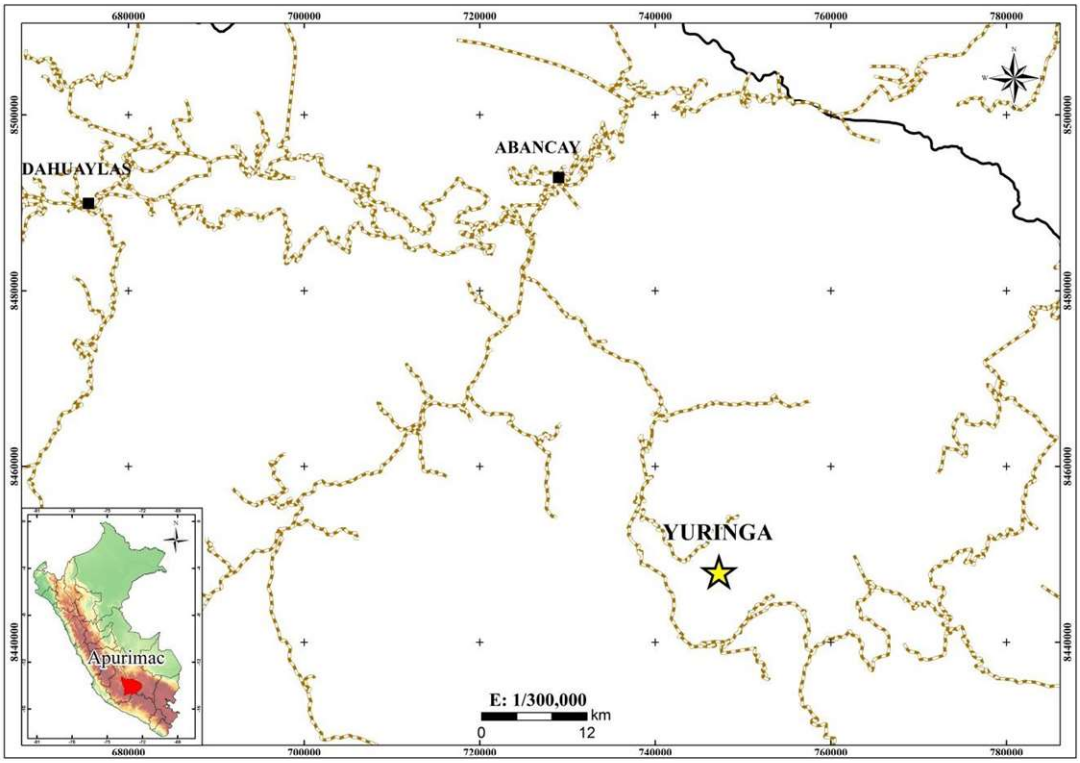


Figura 4.2.5.- Plano de ubicación de la mina Yuringa.

- Litología

- **Caliza:** Afloramientos de color gris a gris oscuro, textura fina micrítica con presencia de venillas y fracturas sigmoides rellenas por calcita.
- **Diorita:** De color gris claro, textura fanerítica de grano medio con predominio de fenocristales de plagioclasa (< 5mm), hornblenda (< 3mm).
- **Tonalita:** De color gris claro, textura fanerítica de grano medio. Tienen como minerales esenciales a la plagioclasa (50%) y el cuarzo (15 %) con tamaños de grano menores a 5mm.
- **Mármol:** Se caracteriza por presentar un color gris a blanco, en algunas casos se puede apreciar textura bandeada.

- Estructuras

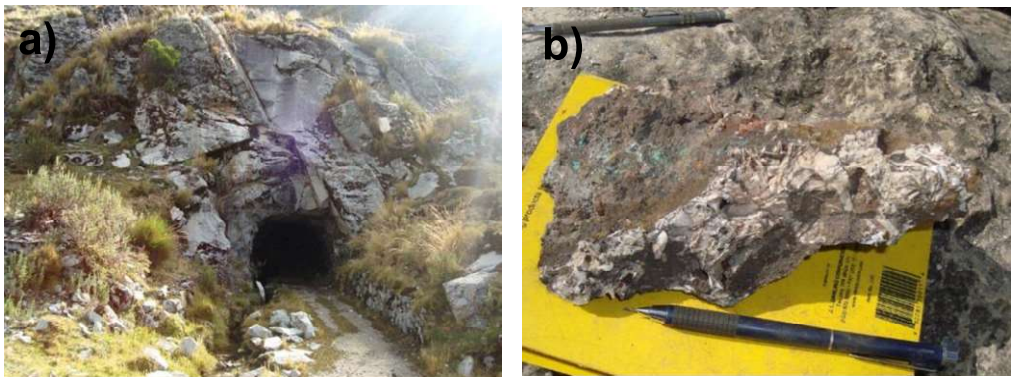
Estructuralmente existen tres sistemas principales cuyos rumbos son: N70°E/40°NO, N10°E/65°SE, N25°E/58°SE. Se ha identificado fallamientos de rumbo del tipo dextral con orientación N25°E y fallamiento normal con orientación N10°E y N75°E. Las vetas siguen la siguiente orientación N70°E/40°NO.

- Alteración

- **Silicificación:** Su presencia está restringida a las vetas, es de intensidad moderada y se manifiesta en las rocas hospedantes como forma de halo.

- Mineralización

La mineralización está relacionada a vetas con paragénesis de sulfosales de plata asociada a pirita-baritina-siderita (Figura 4.2.6). Las estructuras están muchas veces brechadas y relacionadas a zonas de fallas de tipo normal con orientación N70°E/40°NO. Estas estructuras están parcialmente oxidadas generando presencia de óxidos de hierro como goethita, limonitas, jarosita. También se puede identificar óxidos de cobre como crisocola.



Figuras 4.2.6.- a) Bocamina de Yuringa en rocas intrusivas (tonalitas). b) Sulfosales de plata intercrecidas con cristales de baritina y asociadas con óxidos de hierro.

4.2.4. Choquehuaraca

- Ubicación

Esta mina se ubica en el distrito de Colcabamba, provincia de Aymaraes, región de Apurímac, las coordenadas son 681361E / 8459066N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 4392 m.s.n.m. (Figura 4.2.7) El acceso se realiza desde la ciudad Abancay por carretera asfaltada de 65 km hasta el desvío a Tintay, luego se continúa por aproximadamente hasta la localidad de Lucre, para finalmente seguir por 15 km un camino de herradura.

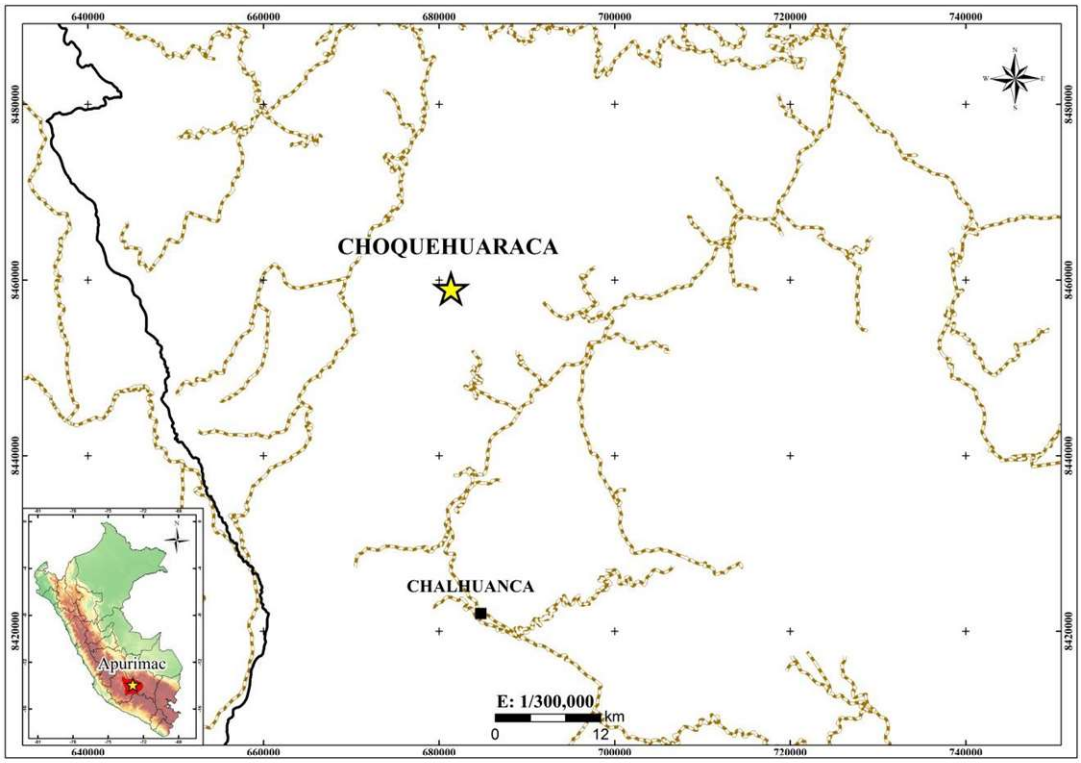


Figura 4.2.7.- Plano de ubicación de la mina Choquehuaraca.

- Litología

Las rocas hospedantes de este depósito son calizas de la Formación Arcurquina del Cretáceo medio a superior. Estas calizas son detríticas y contienen granos redondeados de cuarzo con abundantes fósiles silicificados, en algunos sectores se intercala con dolomitas. Los estratos presentan una dirección de N60° y buzamiento de 28°SE.

- Estructuras

Las estructuras relacionadas a la mineralización tienen una dirección de N10°E y buzamiento de 19°SE.

- Alteración

Las calizas presentan un ligera marmolización y en algunos sectores silicificación.

- Mineralización

La mineralización es básicamente de plata; teniendo como principal mineral de mena a la galena argentífera, en cuanto a minerales secundarios se tiene malaquita y azurita, y como minerales de ganga, baritina, calcita y óxidos de hierro (Figura 4.2.8).

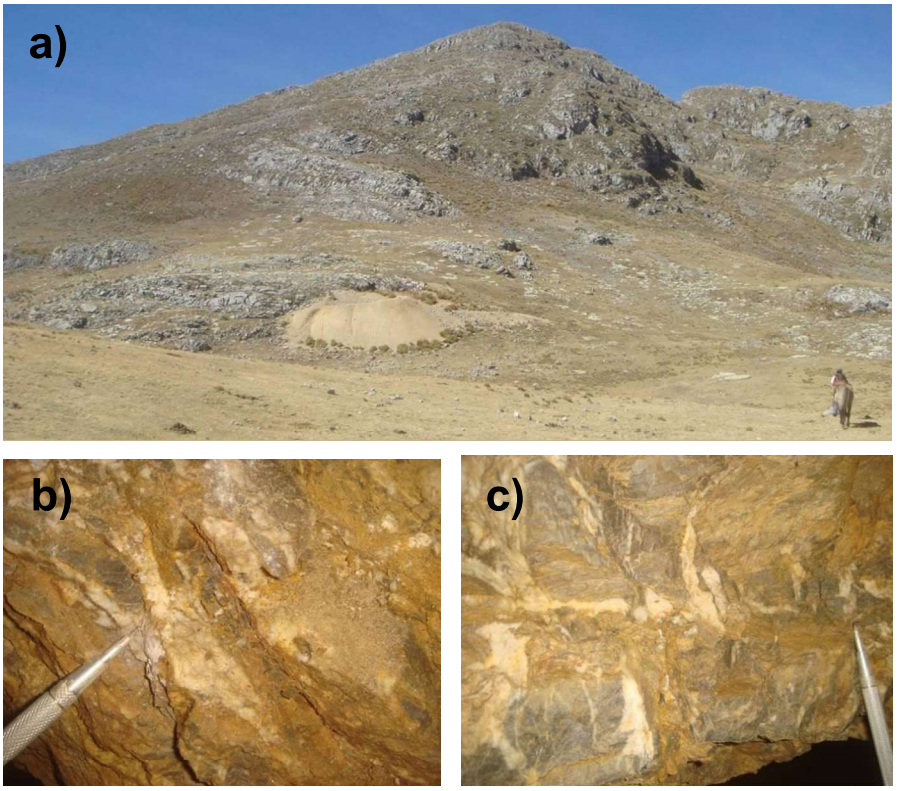


Figura 4.2.8.- a) Vista panorámica de la labor minera abandonada Choquehuaraca. b y c) Calizas marmolizadas con vetillas de calcita y óxidos de hierro.

4.2.5. Socosani (El Porvenir)

- Ubicación

El depósito se ubica a la margen derecha del río Antabamba, en el distrito de Tapairihua, provincia de Aymaraes, región de Apurímac (Figura 4.2.9), las coordenadas son 702375E 8424076N (UTM – WGS84, zona 18s) a una altitud de 2791 m.s.n.m. El acceso se realiza mediante un camino afirmado de 70 km desde Chalhuanca siguiendo por Yanaca hasta Saraica, desde esta localidad se continúa por camino de herradura.

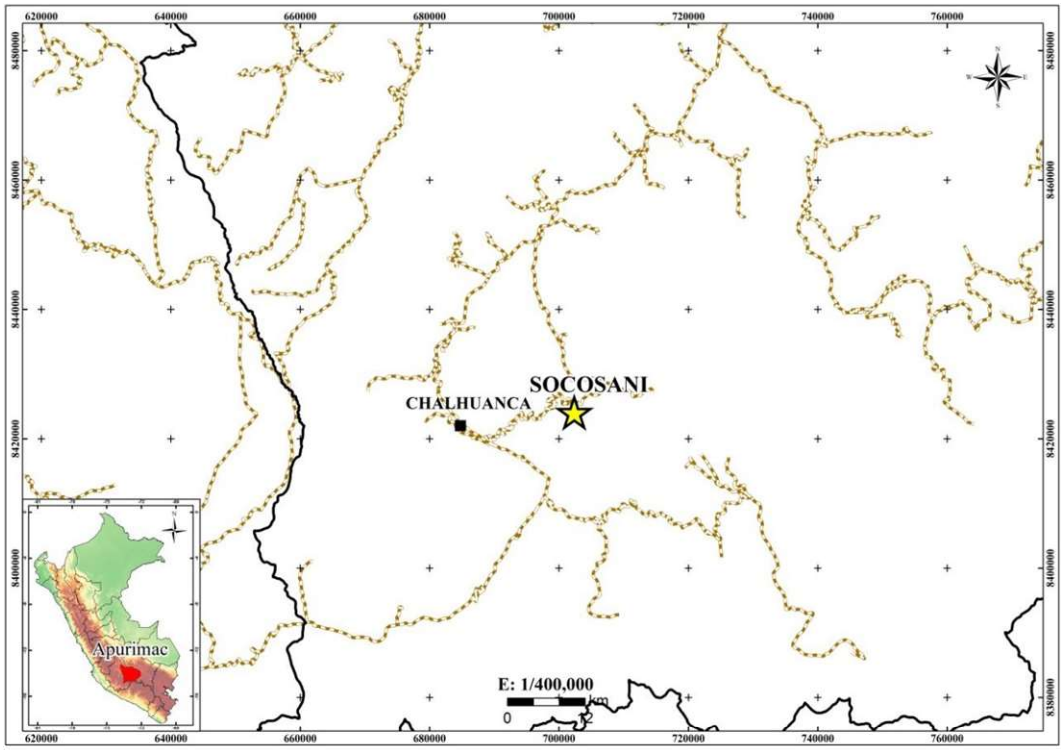


Figure 4.2.9- Plano de ubicación de la mina Socosani.

- Litología

En las cercanías de la labor minera se aprecian secuencias sedimentarias, consistentes en areniscas cuarzosas grises y lutitas negras fisibles de la Formación Chuquibambilla (Jurásico superior).

Las rocas intrusivas están representadas por dos cuerpos sub-volcánicos de composición andesítica y dacítica (Paleógeno-Neógeno).

- Estructural

Las estructuras relacionadas a la mineralización (brechas) tienen una dirección N350° y buzamiento de 60°NE,

- Alteración

La alteración hidrotermal predominante es la silicificación, el cual está acompañado de una fuerte oxidación con lixiviación de sulfuros.

En las cercanías de la veta principal se observan venillas de cuarzo-calcopirita-pirita y siderita-calcita-pirita.

- Mineralización

Este depósito presenta una mineralización de Ag-Pb-Zn-Cu, cuyos principales minerales de mena son: galena argentífera, esfalerita, calcopirita (en venillas y diseminada en la veta) y pirita. Las leyes de plata llegan hasta las 43 Oz/T (Figura 4.2.10).

Figura 4.2.10.- a) Vista panorámica de la unidad minera Socosani. b) Veta de siderita-cuarzo-calcopirita, pirita-galena y esfalerita. c) Roca caja alterada con venillas de cuarzo-calcopirita-pirita.

4.2.6. Los Chancas

- Ubicación

El proyecto se localiza en los distritos de Tapairihua y Pocohuanca provincia de Aymaraes, región de Apurímac (Figura 4.2.11), las coordenadas centrales son 703214E 8433914N (UTM – WGS84, zona 18s) a una altitud promedio de 3900 m.s.n.m. en la figura 4.2.12 se muestra una vista panorámica del proyecto Los Chancas.

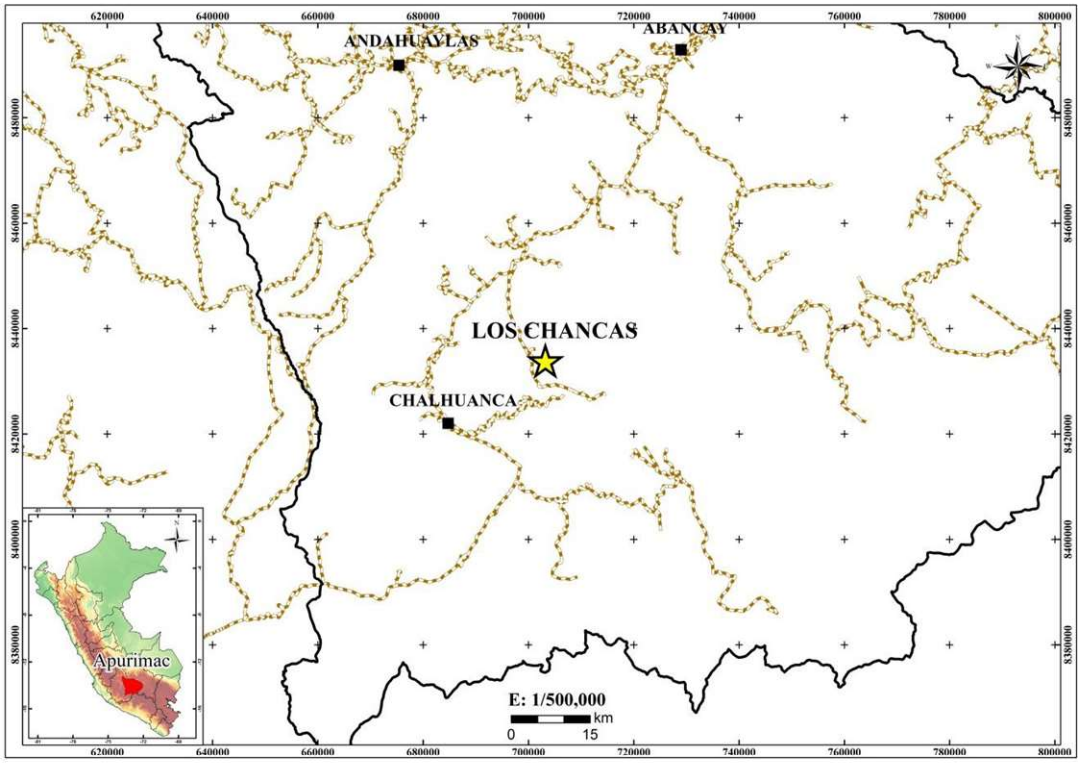


Figura 4.2.11.- Plano de ubicación del Proyecto Los Chancas.

- Litología

El área está conformado en su totalidad por rocas de naturaleza sedimentaria del Grupo Yura, constituida litológicamente por areniscas, intercaladas con cuarcitas, lutitas y calizas (Jurásico superior), seguido de una secuencia de cuarcitas blancas (Cretáceo inferior).

- Estructuras

La estructura más resaltante expuesta en el área es un anticlinal de rumbo NO-SE, el cual ha sido erosionado a lo largo de su eje; además se reconocieron tres sistemas de fallas relacionadas al yacimiento, siendo la estructura NO-SE la controladora de la mineralización.

- Alteración

Las alteraciones hidrotermales presentan una distribución zonal y se relacionan al sistema porfirítico. En la parte central se encuentra la alteración potásica de modo penetrativo (feldespato potásico, cuarzo-biotita) con microvenillas de cuarzo y sulfuros.

- Mineralización

Entre los principales minerales se tiene a la calcosina, covelita, digenita y bornita, con un estimado en reservas de 128 Mt @ 0.48% Cu, 0.03% Mo y 0.12 g/t Au.

Figura 4.2.12.- Vista Panorámicas del Proyecto los Chancas.

4.2.7. Utupara

- Ubicación

El proyecto se localiza a 4.5 km. al este de la ciudad de Antabamba, en el distrito de Huaquirca, provincia de Antabamba, región de Apurímac (Figura 4.2.13), las coordenadas centrales son 734029E 8410265N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud promedio de 4300 m.s.n.m.

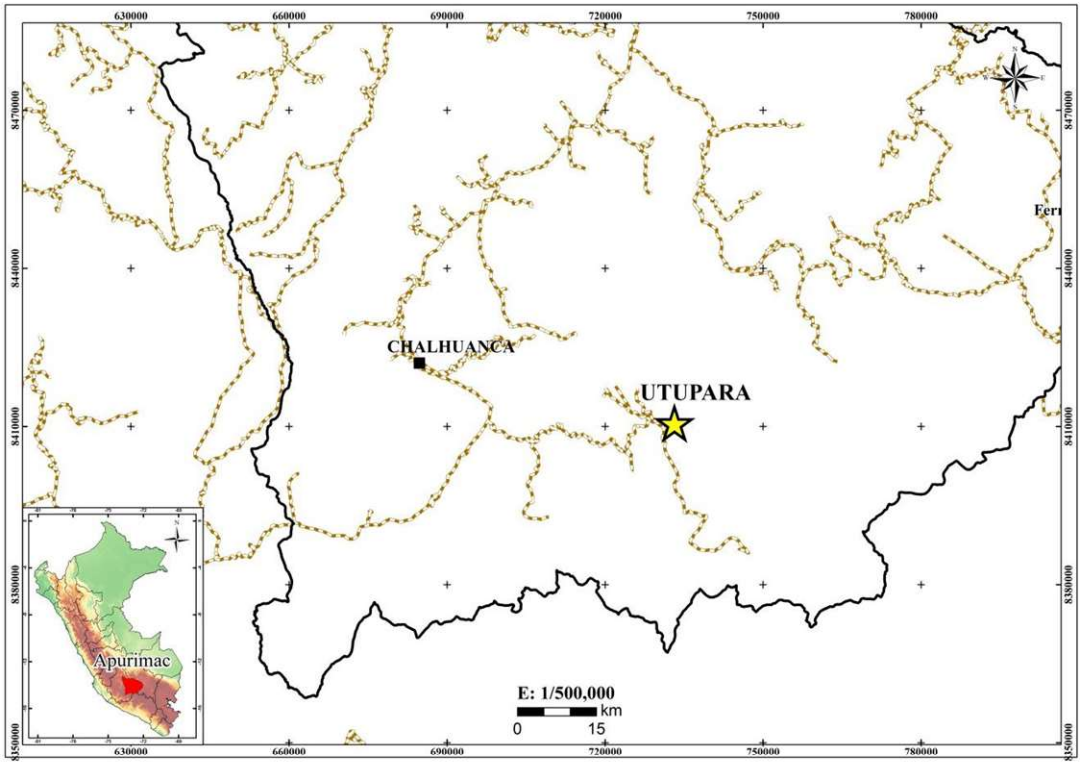


Figura 4.2.13.- Plano de ubicación del Proyecto Utupara.

- Litología

- **Lamprófido con biotita:** Roca leucócrata de coloración gris oscura a negra, constituida en un 85 % de megacristales de biotita hasta de 8 cm. Los cristales están bien desarrollados siendo fácilmente exfoliables, la matriz es escasa y está compuesta por magnetita 10% y feldespato potásico 5 %. Está cortado por vetillas centimétricas a decimétricas de feldespato potásico.
- **Diorita:** Roca melanócrata, holocristalina de grano medio, textura fanerítica equigranular. Está compuesta por cristales subhedrales de plagioclasa de tamaños <4 mm y hasta en un 55 %, clinopiroxenos <

3 mm 25%, anfíboles (hornblenda) < 4mm y 15%, biotita 3%, magnetita 1%. Es la roca con mayor extensión de afloramiento en el área.

- **Pórfido diorítico:** Roca melanócrata, caracterizada por presentar cristales bien desarrollados y prismáticos de anfíboles (hornblenda) < 2 cm. hasta 25 %, también cristales de biotita con tamaños hasta de 1 cm., la matriz está compuesta por plagioclasas en un 60%. Otros minerales identificados en la matriz son magnetita en un 5 %, hornblenda y biotita. Probablemente se trate de la roca intrusiva más antigua del área, a raíz de las observaciones de campo.

- **Monzonita:** *Roca l*eucócrata, holocristalina de grano medio, la textura es equigranular, compuesta principalmente por cristales alargados de ortosa <3 mm hasta 35 %, plagioclasa subhedrales 45%, los minerales máficos están en menor proporción y representados por anfíboles (hornblenda) de tamaño < 3mm en un 10%, biotita 5 %, otros 5%.

- **Dique pórfido monzonítico con biotita:** Presenta una coloración gris clara con tonalidad verdosa, está caracterizado por presentar cristales euhedrales de ortosa < 6 cm. y 20%, cristales centimétricos de biotita de 3 - 5 cm. en un 10%. La matriz se caracteriza por ser equigranular compuesta mayormente por plagioclasa subhedral <4 mm., hornblenda en cristales alargados < 1 cm. y en menor proporción magnetita 1%. Los cristales de biotita se encuentran reemplazados por epidota a manera de nidos.

- **Dique Andesítico:** Presenta una coloración gris media a gris oscura, textura afanítica a microporfirítica, cristales euhedrales de plagioclasa de tamaño < 3 mm y hasta 30%. La matriz está constituida por plagioclasa de grano fino hasta 60%. Los máficos están constituidos por cristales alargados de anfíboles (hornblenda) <4 mm hasta 5 %, biotita subordinada < 1 %, magnetita 2%.

- **Diques félsicos:** Roca leucócrata constituída principalmente por feldespato potásico (ortosa). Se pueden identificar megacristales centimétricos de ortosa.

- **Dique pórfido monzonítico** (Figura 4.1.14)**:** *Roca l*eucócrata, color gris con tonalidad rosada de textura porfídica, está compuesta por cristales euhedrales de ortosa < 5mm, cristales subhedrales de plagioclasa constituyendo principalmente la matriz de la roca <2 mm y hornblenda en cristales idiomórficos alargados < 3 mm., biotita 3%, magnetita <1%.

- **Cuarcitas** Los granos de cuarzo están recristalizados, producto del metamorfismo. Afloran principalmente en el cerro Utupara en bancos de rumbo N 45°-70°O y se encuentra buzando 30°-35° al NE.

- Estructuras

Regionalmente el área de estudio está situada en el límite meridional de la Deflexión de Abancay **(Marocco, R., 1978)** y está caracterizada por la presencia de fallas y pliegues de orientación E-O, NO-SE que afectan a las rocas del Mesozoico y Cenozoico. La tectónica, antecede a los "stocks", porque las fallas de los anticlinales no se manifiestan en las rocas intrusivas. Los esfuerzos compresionales NNO-SSE originaron un sistema de fracturamiento E-O, el cual se evidencia principalmente en las cuarcitas del Grupo Yura.

- Alteración

- **Alteración potásica temprana (bt-mt-FK-py):** Es el tipo de alteración con mayor área expuesta en superficie y está afectando a los cuerpos de diorita y pórfido diorítico. La biotita secundaria es el principal mineral, reemplazando a los piroxenos y anfíboles. Está asociada a la magnetita, feldespato potásico y pirita.

- **Alteración potásica principal (FK-ab-bt-py):** Se manifiesta afectando principalmente a los “stocks” monzoníticos, monzodioríticos, dioríticos y a la brecha intrusiva. Tiene un control estructural siguiendo zonas de fracturamiento y brechamiento. Los fenocristales de plagioclasa han sido reemplazados parcial o totalmente por feldespato potásico, la matriz de la roca muchas veces ha sido totalmente obliterada por la alteración.

- **Alteración potásica tardía (FK- ab -py):** Esta fase es controlada mayormente por fracturas y afecta indistintamente a cualquier tipo de los intrusivos. El feldespato potásico está asociado a la albita, presentándose mayormente en vetillas, en otros casos a manera de parches, por lo que oblitera parcialmente la textura original de la roca. La pirita está subordinada y no siempre está presente.

- **Alteración Propilítica (CLOs-ep-cac-py):** Se caracteriza por estar sobre-impuesta a la alteración potásica. Las cloritas reemplazan las biotitas.
  En superficie se evidencia el área de contacto de la brecha intrusiva con el pórfido diorítico, apreciándose el reemplazamiento de los cristales de biotita por epidota y clorita.

- **Alteración sericítica (ser-py-cz):** Ha sido identificada en la zona de brechas intrusivas afectando principalmente la matriz. Está asociada a cloritas, arcillas (caolín) y pirita, la presencia de sílice es restringida. También se presenta sobre-impuesta a la alteración potásica que afecta a las distintas fases intrusivas, en este caso se puede apreciar un reemplazamiento del feldespato potásico, plagioclasas y biotita por sericita.

- **Alteración Argílica:** Su presencia es bastante restringida, generalmente relacionada a las rocas hospedantes de las estructuras. Se presenta asociada a zonas de fracturamiento con limonitas. Es

penetrativa y está reemplazando a las plagioclasas por caolín, en muchos casos llegando a obliterar totalmente la textura original de la roca.

- **Alteración calco-silicatada:** Se manifiesta en las zonas de contacto entre rocas carbonatadas y el intrusivo Utupara, controlada por estructuras. Se han identificado asociaciones mineralógicas de alteraciones prógradas y retrogradas muchas veces sobre-impuestas.

- Mineralización

- **Zona de Brecha Intrusiva:** La mineralización en la brecha es principalmente diseminada y de relleno. Diseminaciones de pirita y calcopirita fueron reconocidos en los clastos y matriz de la brecha asociadas a magnetita y hematita. La mineralización se manifiesta en forma de vetillas de pirita, calcopirita y magnetita.

- **Zona de Skarn:** Consiste de una serie de cuerpos de magnetita de forma elongada y de bajo buzamiento, la mineralización ocurre a lo largo de estos cuerpos con diseminación de pirita, calcopirita, pirrotita y magnetita. La asociación pirrotita-magnetita está caracterizada por presentar texturas de reemplazamiento, en cambio la pirita y calcopirita están en menor proporción de manera diseminada y en venillas. La mineralización está asociada a minerales de la fase retrógrada.

- **Zona de Mantos (estructuras de cuarzo):** Los mantos se caracterizan por estar emplazados en las cuarcitas, con asociaciones minerales de pirrotita, pirita, calcopirita y oro. En general, la textura es brechada.

- **Zona de Vetas:** Son estructuras de menor espesor, consistentes en vetas de cuarzo con óxidos de hierro, pirita y magnetita, las texturas son mayormente brechadas y de aspecto cavernoso. En otros casos

la mineralización es polimetálica con asociaciones de pirita, calcopirita, galena, óxidos de hierro y manganeso. En ambos casos la roca hospedante es una diorita.

Figuras 4.2.14.- a) Estructura de cuarzo blanco con sulfuros en cuarcitas. Nótese la roca caja alterada a sericita. Interior mina antigua Utupara. b) Brecha magmática heterolitica y matriz biotitizada, c) Zona de óxidos en skarn, crisocola, malaquita. Área Chapi-Chapi. d) Dique pórfido monzonítico

Ocurrencias y anomalías

4.2.8. Angostura

- Ubicación

El área se ubica a 4.7 km. al noroeste de la ciudad de Vilcabamba, en el distrito de Curpahuasi, provincia de Grau, región de Apurímac, las coordenadas centrales son 753924E 8445927N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 3527 m.s.n.m. (Figura 4.2.15).

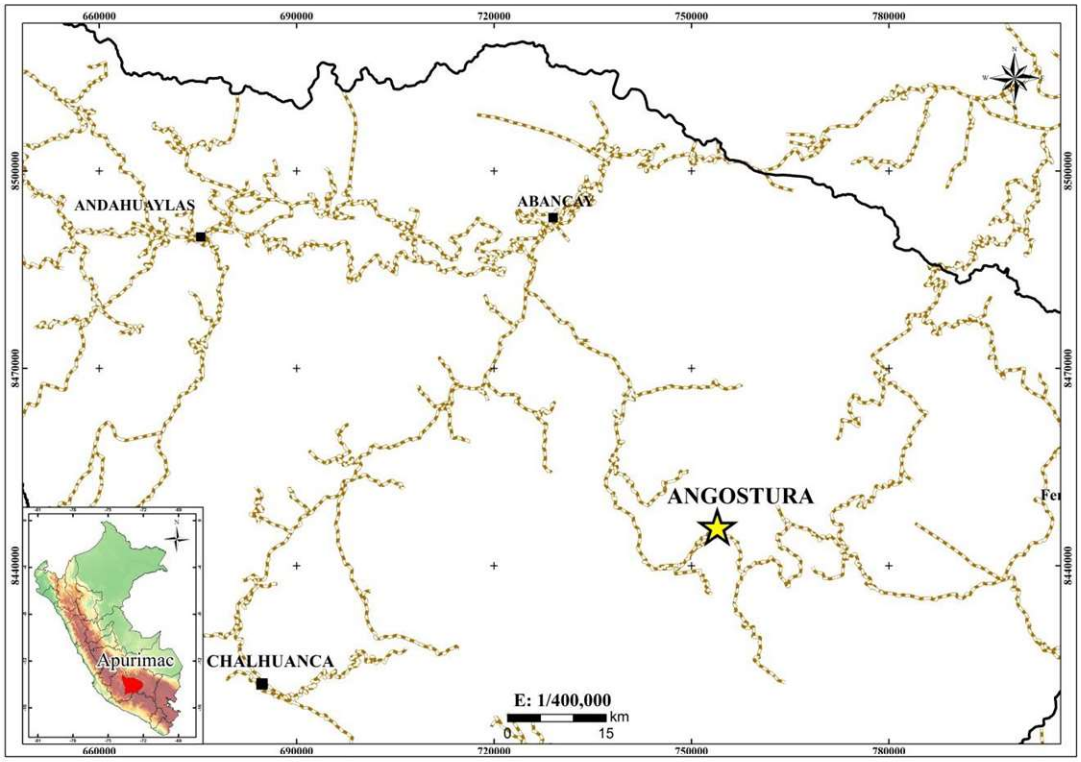


Figura 4.2.15.- Plano de ubicación de la ocurrencia Angostura.

- Litología

En el área afloran los siguientes tipos de rocas:

- **Diorita:** Se caracteriza por presentar coloración mesócrata, textura fanerítica de grano medio con fenocristales de plagioclasa < 3mm en un 70%, hornblenda 10% y cuarzo subordinado < 3%.
- **Caliza:** Presenta un color gris de textura fina, incipiente recristalización con venillas milimétricas de calcita. Los estratos están plegados.

- **Mármol:** De coloración blanca a gris clara con recristalización característica de la calcita, textura gruesa, asociado a minerales calcosilicatados como la wollastonita. Se encuentra restringida al contacto con las estructuras de óxidos de hierro e intrusivo.

- Estructuras

El área está dominada por tres sistemas estructurales cuyas orientaciones son N80°E/80°NO, N35°E/55°SE y N30°E/85°NO. Las estructuras de óxidos de hierro y brechas relacionadas a la mineralización siguen el rumbo N75°E/80°NO.

- Alteración

Las alteraciones hidrotermales no presentan grandes extensiones, solamente se restringen a las zonas de contacto del intrusivo diorítico con las calizas y a las estructuras brechadas.

- **Silicificación:** De débil intensidad y relacionada a las estructuras brechadas con óxidos de hierro.

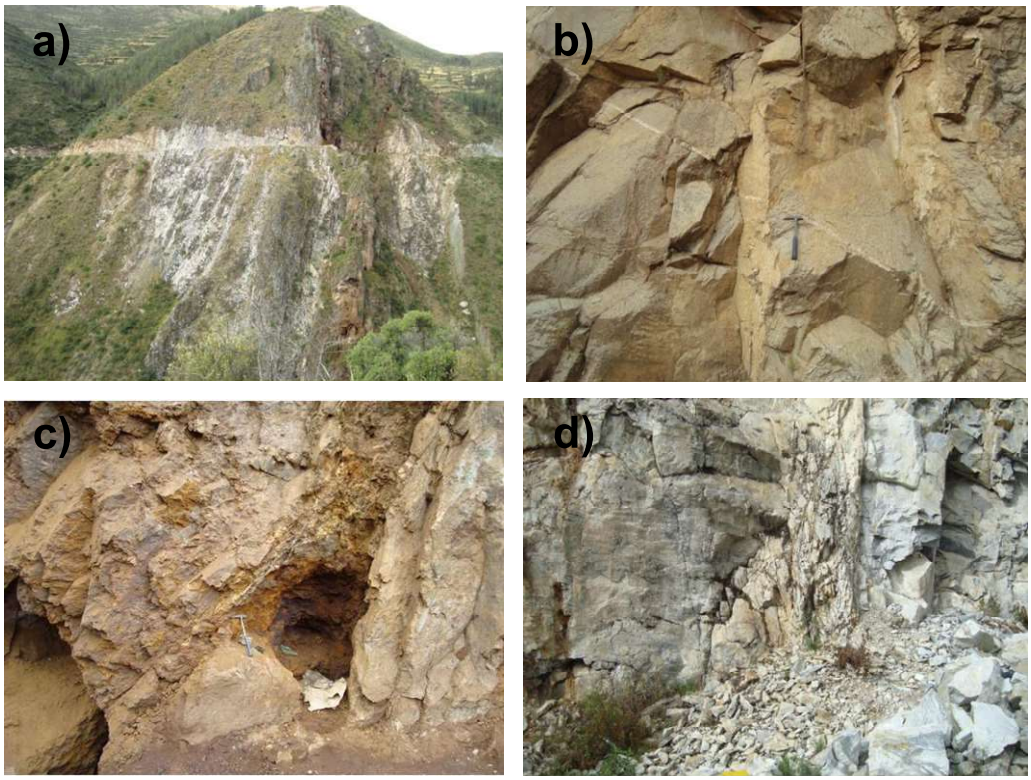
- **Propilitización:** De débil a moderada intensidad, afectando al intrusivo diorítico. Está caracterizada por la presencia de cloritas y epidotas, las cuales reemplazan a las hornblendas.

- Mineralización

La mineralización principalmente está asociada a las brechas (zonas de cizalla) formadas en las calizas cuya orientación dominante es N70°-80°E. Estas estructuras presentan óxidos de hierro (limonita, hematita, magnetita), óxidos de manganeso (pirolusita), las cuales asociadas al oro y de manera subordinada se tiene sílice, pirita y calcopirita.

- Conclusión

Las estructuras mineralizadas corresponderían a brechas tectónicas que se encuentran afectando a las calizas marmolizadas y a su vez están en contacto con los intrusivos dioríticos. Todo ello define el potencial aurífero del área (Figura 4.2.16).



Figuras 4.2.16.- a) Afloramiento de calizas marmolizadas cortadas por estructuras de óxidos de hierro. Nótese la labor minera en la carretera. b) Afloramiento de diorita cortado por vetillas félsicas. c) Estructura de hematita-goethita-limonitas-pirolusita de rumbo N70°O cortando calizas marmolizadas. Nótese la labor minera. d) Zona de contacto entre intrusivo diorítico y calizas marmolizadas.

4.2.9. Atacancha

- Ubicación

La ocurrencia mineral se ubica a 10 km. al noroeste de la ciudad de Vilcabamba, en el distrito de Curpahuasi, provincia de Grau, región de Apurímac, las coordenadas centrales son 748887E 8447800N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 4318 m.s.n.m.(Figura 4.2.17)

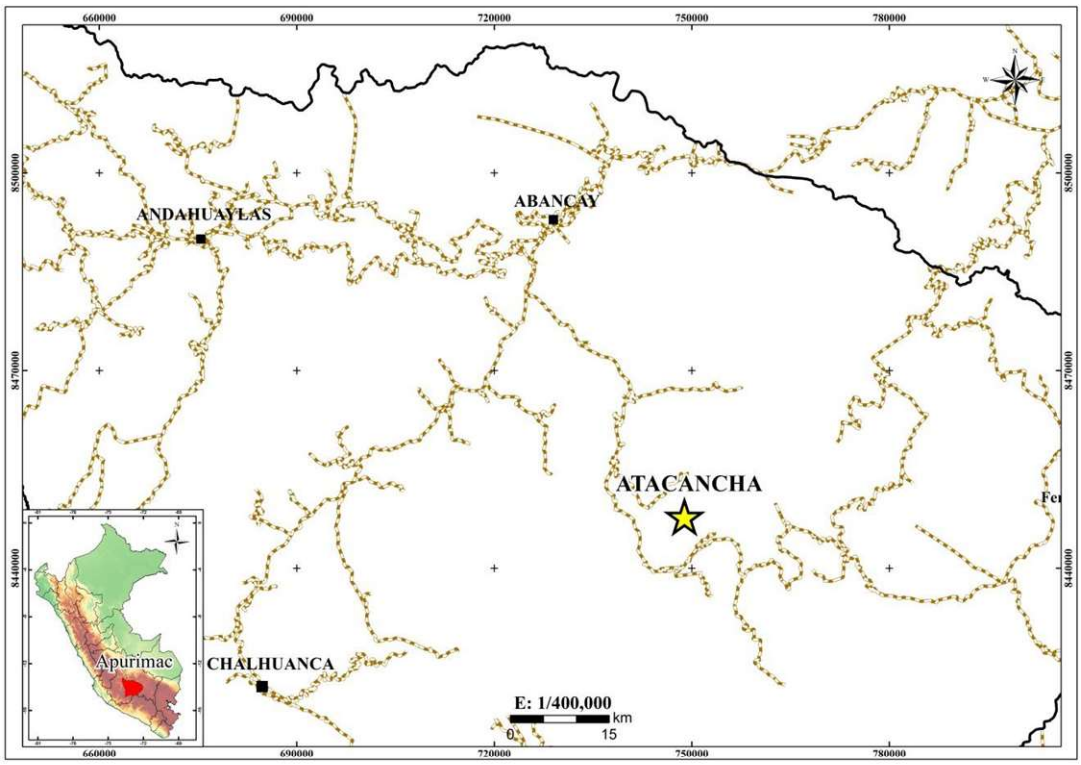


Figura 4.2.17.- Plano de ubicación de la ocurrencia Atacancha.

- Litología

En el área afloran rocas sedimentarias, compuesta por:

- **Caliza:** Afloramientos de coloración gris a gris oscuro, textura fina micrítica, con venillas milimétricas y fracturas sigmoides rellenas por calcita.

- **Diorita:** Caracterizada por una coloración gris clara, la textura es fanerítica de grano medio con predominio de fenocristales de plagioclasa <5mm y hornblenda <3mm.

- **Mármol:** Se caracteriza por presentar coloraciones grisáceas a blancas, en algunas casos se puede identificar bandeamiento.

- Estructuras

Estructuralmente, el área está dominada por tres principales sistemas estructurales cuyas orientaciones son N55°O/55°SO, N20°E/83°NO, N50°O/80°NO. Las estructuras de óxidos de hierro y brechas relacionadas a la mineralización siguen el rumbo N55°O/55°SO, identificándose fallas de rumbo dextral, las cuales tienen una orientación N20°E.

- Alteración

- **Silicificación:** Su presencia está restringida a las estructuras, es débil y se manifiesta afectando las zonas de contacto con las calizas y dioritas.

- **Calco-silicatada:** Se produce debido al contacto entre las estructuras y las calizas. Es del tipo prógrado con minerales como piroxenos y calcita.

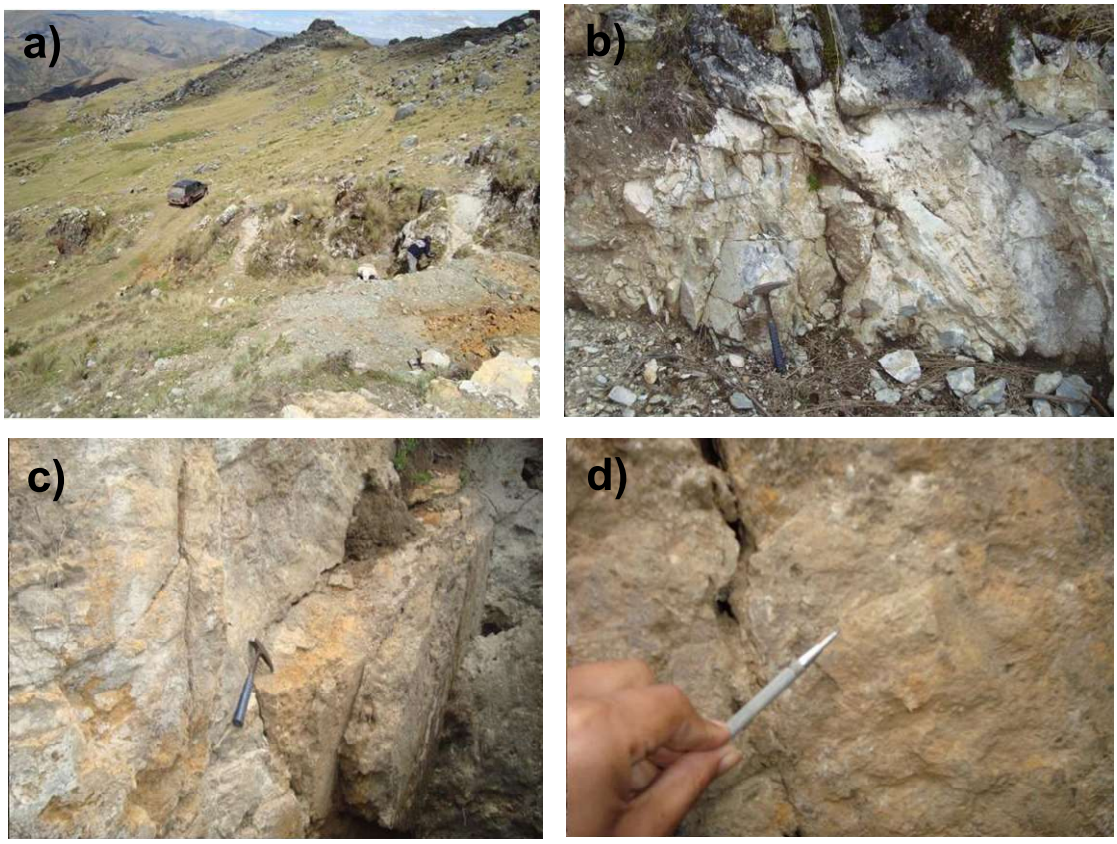
- Mineralización

La mineralización está asociada a las estructuras de óxidos de hierro (hematita, goethita, limonita) y sulfuros relacionados a la presencia de oro y plata (Figura 4.2.18).

Existe una débil silicificación relacionada a la presencia de minerales calcosilicatados como piroxenos, los cuales se encuentran asociados a sulfuros (pirita y calcopirita).

- Conclusión

La mineralización está principalmente relacionada a la presencia de estructuras de rumbo N50-60º caracterizada por la presencia de óxidos de hierro, encontrándose de manera subordinada a la calcopirita; lo que sugiere que estas estructuras inicialmente estuvieron compuestas de sulfuros y cuarzo (en menor proporción); para posteriormente oxidarse y lixiviarse, dejando oquedades (textura tipo boxwork) rellenas con óxidos de hierro. El potencial en esta área está definido para vetas de oro y plata.



Figuras 4.2.18.- a) Estructura brechada con óxidos de hierro con hematita-goethita-limonitas de rumbo N55O cortando calizas. b) Zona de contacto entre diorita con calizas con presencia de piroxenos-calcita y pirita. c) Estructura con óxidos de hierro con hematita-goethita-limonitas de rumbo N55°O cortando calizas. Labor minera informal. d) Zona de contacto entre diorita y calizas con pirita y calcopirita asociada a piroxenos-calcita.

4.2.10. Lahuani

- Ubicación

La ocurrencia mineral está ubicada a 8 km. al suroeste de la ciudad de Mollebamba, en el distrito de Juan de Espinoza Medrano, provincia de Antabamba, región de Apurímac, las coordenadas centrales son 716628E 8399384N (UTM - WGS84, zona 18s) a una altitud de 4610 m.s.n.m.(Figura 4.2.19)

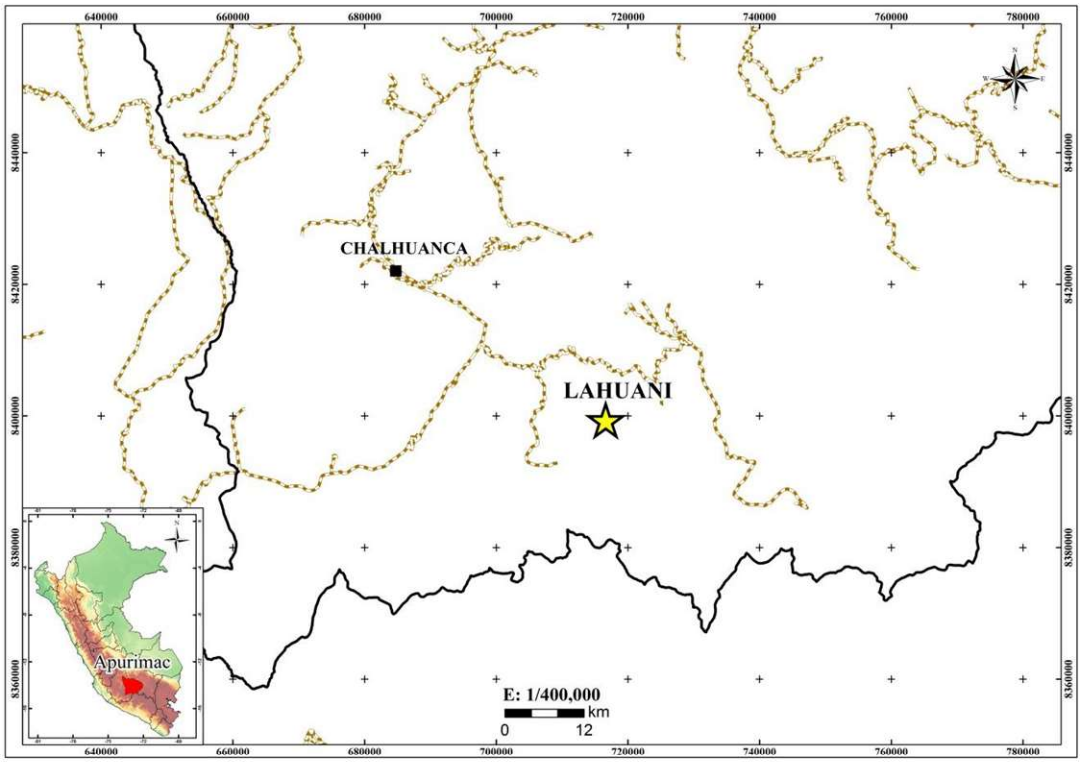


Figura 4.2.19.- Plano de ubicación de la ocurrencia Lahuani.

- Litología

- **Caliza:** De color gris oscuro, textura fina micrítica con venillas de calcita. Es común la presencia de venillas y fracturas sigmoides rellenas por calcita.
- **Monzogranito:** Intrusivo caracterizado por presentar una coloración gris con tonalidad rosada, con textura fanerítica de grano medio y predominancia de minerales esenciales de plagioclasa (<2mm) y feldespato potásico (<3mm), el cuarzo se encuentra en menor proporción.

- **Granodiorita:** Intrusivo caracterizado por tener una coloración gris clara, con textura fanerítica de grano medio y minerales esenciales de plagioclasa <3mm, feldespato potásico <3mm y cuarzo. El principal mineral accesorio es la hornblenda.

- Estructuras

Estructuralmente, el área está dominada por tres sistemas de fallas principales cuyos rumbos son N70°E/70°SE, NS/60°E y N50°O/45°SO. Estos sistemas han sido reconocidos en el campo, siendo posible su identificación a partir de la interpretación de imágenes satelitales. El sistema N70°E está asociado a fallas de tipo normal y relacionado a vetas polimetálicas, como sucede en la mina San Diego. El sistema N40°-50°O está relacionado a vetas con calcita-galena-óxidos de hierro y los sistemas NS están dominados por fallas del tipo sinestral y asociados al vetilleo de cuarzo dado en los monzogranitos y granodioritas.

- Alteración

- **Fílica:** Presenta un ensamble mineralógico de cuarzo-sericita-pirita, el cual se encuentra afectando a los intrusivos monzograníticos y granodioríticos. La sericita reemplaza a los cristales de plagioclasa y de feldespato potásico llegando en algunos casos a obliterar la textura de la roca. Presencia de pirita diseminada.
- **Silicificación:** Está relacionada a la presencia de vetas, las cuales alteran moderadamente la roca hospedante produciendo un reemplazamiento de sílice en los intrusivos. Esta silicificación es local y está restringida a los halos.
- **Calco-silicatada:** Estas alteraciones están relacionadas al contacto de las vetas con los intrusivos y las calizas. Se ha identificado los siguientes tipos: Prógrado y retrógrado.

- Mineralización

La mineralización se presenta de dos formas:

- **Tipo Vetas:** Este primer estilo está relacionado a estructuras con calcita-pirita-galena, estas vetas alteran la roca hospedante generando minerales calcosilicatados.
- **Tipo Pórfido:** Ha sido reconocida en el área de Lahuani y alrededores. La mineralización está caracterizada por la presencia de calcopirita diseminada en las rocas intrusivas (monzogranitos y granodioritas), las cuales están afectadas por alteración fílica; asimismo estas rocas intrusivas se encuentran cortadas por una serie de vetillas de cuarzo con tipo stockwork, generando un halo de feldespato potásico y/o albita. Vetillas de magnetita-calcopirita-cloritas y de cuarzo-pirita han sido identificadas cortando a la granodiorita en la parte central del área (Figura 4.2.20).

- Conclusión

Se trata de una zona altamente prospectiva para depósitos de tipo pórfido de Cu y vetas polimetálicas. Estructuralmente se presentan intersecciones de hasta tres sistemas asociados a la falla Regional Mollebamba. Estos sistemas son los mismos que controlan a los depósitos porfiríticos de Trapiche y Panchita cercanas al área de estudio.

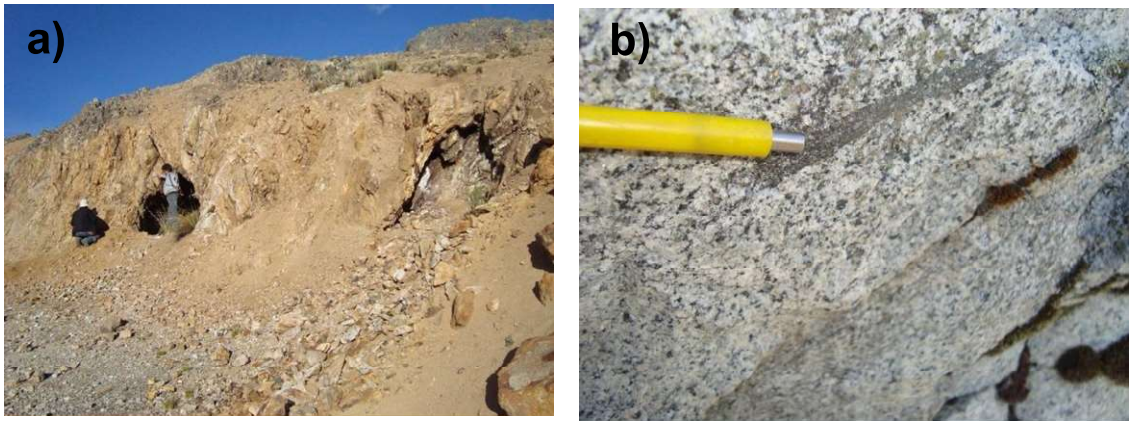


Figura 4.2.20.- a) Afloramiento de granodiorita con alteración fílica y stockwork de cuarzo, b) Granodiorita con vetillas de magnetita-pirita-calcopirita.

4.3. Tabla descriptiva de las ocurrencias minerales más importantes

Depósito	Rocas relacionadas			Control de emplazamiento	Alteración	Minerales económicos	Carácter de la mineralización	Tipo de yacimiento	Recursos
	Formación	Litología	Intrusivo Min.						
Constancia	Gpo. Yura Fm. Arcurquina	Areniscas, calizas y limolitas	Pórfido monzonítico	Falla Barita (NE-SO)	K, FI, PRP.	Cp, mb, cc, cv.	Diseminada, stockwork	Pórfido	620 Mt @ 0.32% Cu, 92 g/t Mo, 3.07 g/t Ag.
Santa Rosa de Virundo	Fm. Arcurquina	Calizas	NA	Estructuras NE-SO	SI, AR.	Cp, gn, mlq, Au.	Brechas.	Indiferenciado.	NA
Selene	Fm. Aniso	Areniscas tobáceas, tobas, domos.	NA	Lineamientos NE	AI, AA, SI.	Prg, Au.	Veta	Epitermal - Vetiforme	Proceso de cierre.
Lahuani	Fm. Arcurquina	Calizas	NA	Sistema NE-SO (N70°)	SI, FI.	Cp, gn, mlq, Au.	Vetas, diseminado.	Pórfido - Vetiforme	NA
Pallancata	Fm. Aniso	Tobas andesíticas y piroclastos.	NA	Falla E-SE	SI, AR.	Ef, pir.	Diseminado	Epitermal de baja sulfuración.	1.05 Mt @ 1.03 g/t Au, 238 g/t Ag.
Inmaculada	Fm. Quellopata	Lavas andesíticas.	NA	Fallas normales NE-SO	AR, SI.	Cp, ef, gn, pir, Au.	Vetiforme	Epitermal de baja y alta sulfuración.	7.07 Mt @ 4.07 g/t Au y 144 g/t Ag.
Las Bambas	Fm. Arcurquina	Calizas	Monzonita, cuarzo monzonita	Lineamientos NE-SO	K, AR, PRP.	Cp, bn.	Venillas, stockwork.	Skarn, pórfido.	10.5 Mt @ 0.61% Cu.
Antilla	Gpo. Yura	Cuarcitas, areniscas cuarzosas.	Granodiorita a cuarzo monzodiorítica.	Falla Piste, Falla Matara (NE-SO)	SI, FI, PRP.	Cc, cp, mb.	Fracturas y diseminado.	Pórfido	154 Mt @ 0.47% Cu, 1 g/t Ag, 90 ppm Mo.
Utupara	Gpo. Yura, Murco y Arcurquina.	Cuarcitas, areniscas, calizas.	Diorita	Fallas y fracturas NE-SO, NO-SE.	K, PHY, PRP.	Mb, Au.	Fracturas, brechas y vetillas.	Pórfido-skarn y sediment hosted.	NA
Los Chancas	Gpo. Yura, Murco y Arcurquina.	Cuarcitas, areniscas.	Granodiorita-Monzonita	Lineamientos NO-SE	K, FI, SI, PRP.	Cp, mb, bn, cc, cv.	Stockwork	Pórfido	128 Mt @ 0.48% Cu, 0.03% Mo.
Cotabambas	NA	Diorita, domo.	NA	Falla Azulccassa (NE-SO)	K, AI, FI.	Cp, bn, mlq.	Stockwork	Pórfido	90 Mt @ 0.77% Cu, 0.42 g/t Au.

Nomenclatura: *Alteraciones; K=Potásica, SI=Silicificación, FI=Fílica, AI=Argílica intermedia, AA=Argílica avanzada, AR=Argílica, CLO=Cloritización, PRP=Propilitización. Minerales.; Cp=Calcopirita, Mb=Molibdenita, Bn=Bornita, Prg=Pirargirita, Cc=Calcosina, Cv=Covelita, Mlq=Malaquita, Ef=Esfalerita, Gn=Galena.*

4.3 Tabla descriptiva de las ocurrencias minerales más importantes (continuación)

Depósito	Rocas relacionadas			Control de emplazamiento	Alteración	Minerales económicos	Carácter de la mineralización	Tipo de yacimiento	Recursos
	Formación	Litología	Intrusivo Min.						
La Yegua	NA	Granodiorita, Andesita.	NA	Fallas Abancay-Condoroma-Caylloma.	K, PRP.	Cp, mb.	Stockwork	Pórfido	NA
Tumipampa	Fm. Arcurquina	Calizas	NA	Estructuras NE-SO (40-50°)	SI	Cp, Au, Ag.	Vetiforme, diseminado.	Skarn	355 Mt @ 0.62% Cu.
Trapiche	Gpo. Yura	Areniscas y limolitas calcáreas.	Pórfido cuarzo monzonítico.	Falla C. Colorado (NO-SE), Falla trapiche (N-S)	K, FI, AI.	Cp, mb, bn, cc.	Diseminado, venillas y en brecha Pipe.	Pórfido (Skarn)	776 Mt @ 0.42 % Cu, 120 ppm Mo y 3.1 ppm Ag
Colca	Fm. Arcurquina	Calizas	Diorita	NA	K, FI.	Cp	Diseminado	Pórfido	NA
Jalaoca	Fm. Arcurquina	Calizas	Granodioritas	NA	PROP	Cp	Diseminado	Pórfido	NA
Angostura	Fm. Arcurquina	Calizas	Diorita	NE-SO (N80°E,35°)	SI, PRP	Cp, Au	Brechas.	Vetiforme	NA
Atacancha	Fm. Arcurquina	Calizas	NA	Sistema NO-SE (N55°O)	SI	Cp, Au, Ag.	Estructuras de hierro.	Vetiforme	NA
Yuringa	Fm. Arcurquina	Calizas	NA	Sistema NE-SO (N70°E)	SI	Prg, Au.	Veta	Vetiforme	NA
San Diego	Fm. Arcurquina	Calizas	NA	NE-SO (N75°E)	SI	Cp, bn.	Veta	Vetiforme	NA
Jara-Jara	Fm. Arcurquina	Calizas	Diorita	NE-SO (N75°E)	SI, PRP.	Cp, Au.	Veta	Vetiforme	NA
Puca Corral	Fm. Arcurquina Grupo Yura.	Calizas, areniscas	Diorita	NO-SE	SI, QC	Cp, mb	Venillas	Pórfido-skarn	NA

Nomenclatura: *Alteraciones; K=Potásica, SI=Silicificación, FI=Fílica, AI=Argílica intermedia, AA=Argílica avanzada, AR=Argílica, CLO=Cloritización, PRP=Propilitización. Minerales; Cp=Calcopirita, Mb=Molibdenita, Bn=Bornita, Prg=Pirargirita, Cc=Calcosina, Cv=Covelita, Mlq=Malaquita, Ef=Esfalerita, Gn=Galena.*

5. GEOQUÍMICA REGIONAL DE SEDIMENTOS DE QUEBRADA

Los datos geoquímicos de muestras de sedimentos de quebrada fueron recolectados por INGEMMET entre 1995 y 2014. En el Batolito Andahuaylas-Yauri las muestras fueron tomadas entre el 2001 y 2002 y se encuentran en el "Estudio de los Recursos Minerales del Perú de las Franjas II y III". Estos datos han permitido elaborar los mapas geoquímicos isovalóricos de anomalías en Andahuaylas-Yauri Batolito (región Apurímac).

El objetivo de determinar los valores de fondo y las anomalías geoquímicas fue para correlacionar con las posibles provincias metalogenéticas (dominio de arco interno y arco principal) y algunas fallas regionales relacionadas con la deflexión de Abancay.

En el análisis geoquímico se consideró sólo las muestras de sedimentos de quebrada ubicadas dentro de la región Apurímac, los datos fueron evaluados y arreglados de acuerdo a los valores geoquímicos obtenidos en el laboratorio a partir del oro, plata, cobre y molibdeno.

A continuación, se realizó un análisis estadístico de las muestras (cajas diagramas e histogramas), utilizando el software SPSS. No se utilizó el criterio litogeoquímico debido a que el mayor porcentaje de las muestras de sedimentos pertenece a las rocas del ambiente Paleógeno-Neógeno.

Finalmente, se calculó el nuevo valor de fondo y umbral para cada elemento. Los mapas geoquímicos se prepararon utilizando el criterio geológico de la cuenca, con el fin de determinar *targets* a partir de anomalías y obtener una interpretación precisa de lo que sucede con la metalogenia en la región Apurímac.

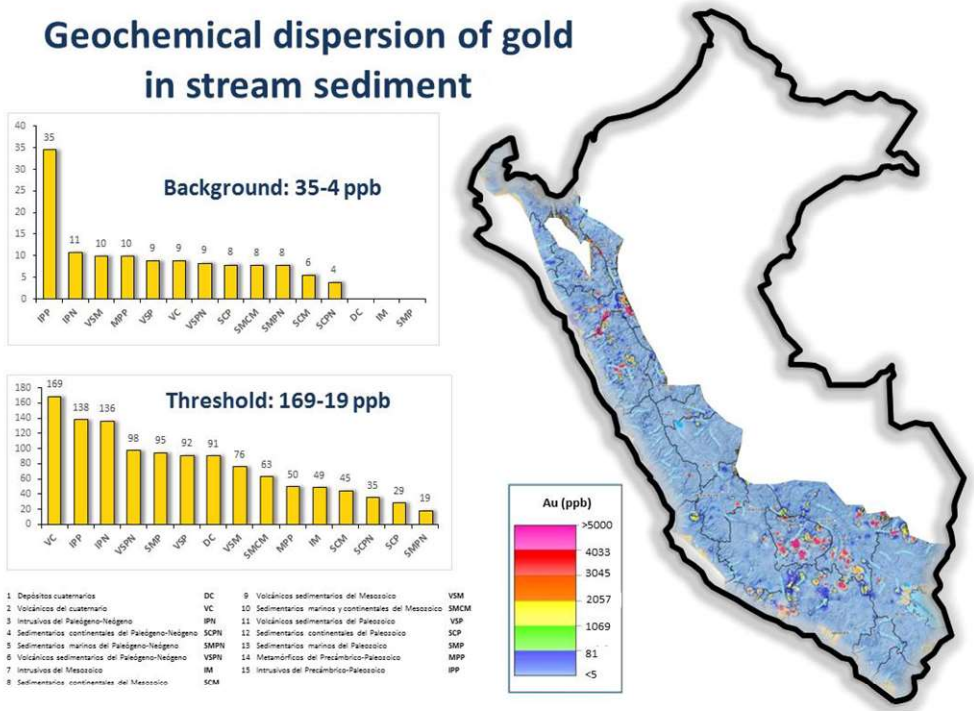
Previamente, se muestra un resumen de los valores de fondo y umbrales calculados para el Cu, Mo, Au, Ag Pb y Zn a partir de muestras de sedimentos

de quebrada del territorio nacional. Estos datos fueron presentados en el Atlas Geoquímico del Perú por Chira y Vargas (2015).

N°	AMBIENTES LITOESTRATIGRÁFICOS	Cu		Mo		Au		Ag		Pb		Zn	
		B	T	B	T	B	T	B	T	B	T	B	T
1	Depósitos cuaternarios	28.40	88.62	3.10	9.00	*	91.00	*	0.50	13.50	36.61	61.60	135.47
2	Volcánicos del cuaternario	17.53	68.61	3.19	9.57	9.00	169.00	0.32	0.84	20.06	61.82	56.74	169.28
3	Intrusivos del Paleógeno-Neógeno	42.20	134.56	3.11	9.97	10.88	136.47	0.26	0.77	20.81	78.17	72.57	172.81
4	Sedimentarios continentales del Paleógeno-Neógeno	19.87	58.71	2.77	6.34	4.09	35.48	0.20	0.79	16.36	52.58	68.88	157.57
5	Sedimentarios marinos del Paleógeno-Neógeno	28.80	58.60	3.19	6.33	8.00	18.54	0.32	0.68	20.95	60.51	68.54	164.16
6	Volcánicos sedimentarios del Paleógeno-Neógeno	26.13	73.93	2.31	6.33	8.50	97.60	0.31	0.93	20.93	80.48	79.96	206.84
7	Intrusivos del Mesozoico	23.40	101.02	3.90	13.00	*	49.00	*	0.50	20.70	84.83	68.80	186.71
8	Sedimentarios continentales del Mesozoico	25.15	82.72	1.54	7.12	5.76	44.84	0.12	0.82	21.17	83.35	93.86	397.25
9	Volcánicos sedimentarios del Mesozoico	55.64	142.49	2.78	6.87	10.14	76.25	0.23	0.80	24.67	74.75	92.14	177.65
10	Sedimentarios marinos y continentales del Mesozoico	20.53	70.85	2.99	12.11	8.03	63.33	0.21	0.60	18.65	80.07	78.48	262.47
11	Volcánicos sedimentarios del Paleozoico	29.80	157.90	1.20	2.94	9.00	91.50	0.05	0.28	21.95	57.47	80.00	163.00
11	Sedimentarios continentales del Paleozoico	18.32	61.67	2.42	6.25	8.12	28.53	0.25	0.49	20.86	72.88	64.07	174.74
12	Sedimentarios marinos del Paleozoico	23.04	51.94	2.85	7.00	*	94.64	0.26	0.49	21.07	91.38	83.78	202.36
13	Metamórficos del Precámbrico-Paleozoico	36.99	82.69	2.53	8.17	10.11	50.03	0.18	0.49	22.72	59.83	91.49	201.63
14	Intrusivos del Precámbrico-Paleozoico	19.93	53.42	3.59	9.88	34.65	138.34	0.23	0.84	15.17	53.48	67.37	164.40

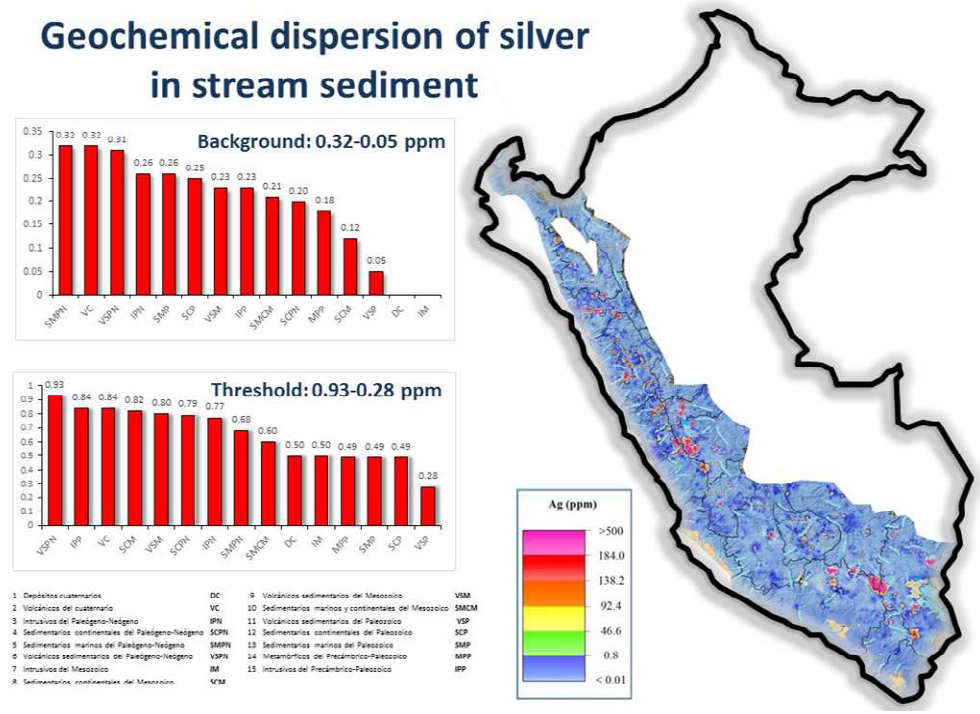
Tabla 5.1.- Valores de fondo y umbrales calculados para diferentes unidades geológicas del Perú (Chira & Vargas, 2015).

Se calcularon los valores de fondo umbrales geoquímicos del territorio nacional para el Au, Ag, Cu y Mo a partir de los sedimentos de arroyos, considerando 15 unidades geológicas (Tabla 5.1). De esta manera, los valores de fondo y umbrales para el oro fueron 35 a 4 ppb y 169 a 19 ppb (Figura 5. 1), para la plata 0.32 a 0,05 ppm y 0.93 a 0.28 ppm (Figura 5.2), para el cobre 56 a 18 ppm y 158 a 52 ppm (Figura 5.3) y, finalmente, para el molibdeno 3.9 a 1.2 ppm y 13 ppm a 2.94 respectivamente.



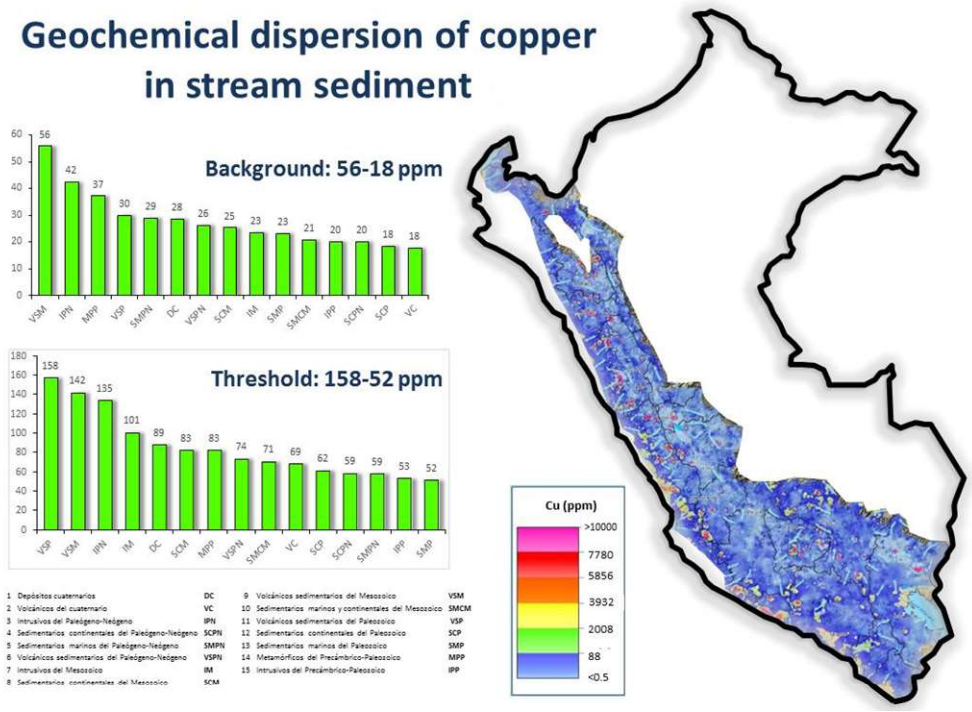
Fuente de valores geoquímicos: Atlas geoquímico del Perú (Chira & Vargas, 2015).

Figura 5.1. Valor de fondo y umbral del oro en el territorio peruano.



Fuente de valores geoquímicos: Atlas geoquímico del Perú (Chira & Vargas, 2015).

Figura 5.2. Valor de fondo y umbral de la plata en el territorio peruano.



Fuente de valores geoquímicos: Atlas geoquímico del Perú (Chira & Vargas, 2015).

Figura 5.3. Valor de fondo y umbral del cobre en el territorio peruano.

5.1. Interpretación del elemento oro (Au)

El elemento oro presentó una mayor concentración de áreas anómalas en el sector central de la región (Ver Mapa 08), apreciándose una tendencia preferencial de oeste-este a suroeste-noreste, concordante al emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri y al corredor de depósitos pórfidos Cu-Au de Cotabambas-Las Bambas-Los Chancas. En cuanto a litología, las anomalías englobaron preferentemente a las rocas ígneas del Batolito en contacto con las secuencias sedimentarias; compuestas por las Unidades Progreso (tonalita-granodiorita), Parco (diorita con cuarzo-diorita) y Llauja (diorita), como las de mayor aporte aurífero; en menor proporción la Unidad Lambrama y algunos cuerpos subvolcánicos de composición dacítica. Otra importante característica es que los sistemas de fallas NO-SE y NE-SO cruzan las áreas anómalas. Nótese en el sector norte de la región, de coordenadas centrales 685480E - 8507620N, un área anómala de regular dimensión albergada en las rocas sedimentarias del Grupo Copacabana y Formación Vilquechico.

MAPA 08.- GEOQUMICA DEL ORO

650000 700000 750000 800000

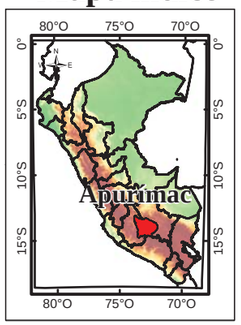
8550000 8500000 8450000 8400000 8350000

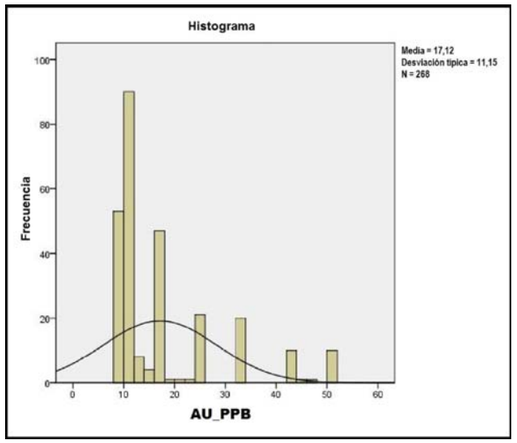
N

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice





Rango geoquímico Au (ppb)

- > 50
- 35.1 - 50
- 25.1 - 35
- 15.1 - 25
- < 15

Treshold = 36.89

Background = 14.59

LEYENDA

- Muestra geoquímica
- Área con anomalía (> 50 ppb)
- Laguna
- Drenaje

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

MAPA GEOQUÍMICO
Au (ppb)

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
08	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750 000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

5.2. Interpretación del elemento plata (Ag)

En el plano geoquímico (Ver Mapa 09) se aprecia una distribución menor de anomalías de plata en proporción con las de oro; presentándose algunos casos de concordancia entre estos dos elementos. Las anomalías siguen una tendencia NO-SE (rumbo andino); concentrándose preferentemente en el sector occidental y coincidiendo con los depósitos de las Bambas y Antilla.

Por lo general, estas anomalías engloban a las unidades intrusivas de composición granodiorítica, tonalítica y monzogranítica de las unidades Parco, Progreso y Ocobamba respectivamente.

Evidentemente la asociación Au-Ag está relacionada a sistemas de vetas y estructuras mineralizadas.

5.3. Interpretación del elemento cobre (Cu)

Las áreas anómalas en cobre presentan la misma dirección E-O que las auríferas, las cuales delimitan los principales proyectos y depósitos cupríferos de la región como Cotabambas, Azulccacca, Ccalla, Las Bambas, Antilla, Lahuani, Utupara, entre otras.

En el plano geoquímico de anomalías (Ver Mapa 10) se observa una clara correlación con el elemento oro, demostrando que los cuerpos ígneos del Batolito Andahuaylas-Yauri, serían los principales aportadores de la mineralización de oro y cobre de la región.

Las áreas con anomalías débiles, probablemente estén albergando filones cupríferos o algún depósito a profundidad.

MAPA 09 .- GEOQUIMÍCA DE LA PLATA

650000 700000 750000 800000

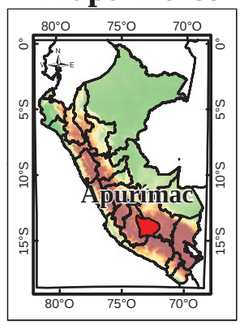
8550000 8500000 8450000 8400000 8350000

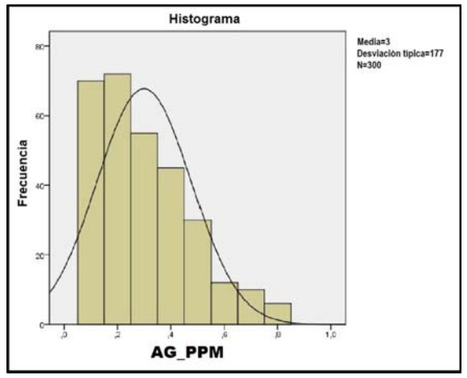
N

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice





Rango geoquímico Ag (ppm)

- > 0.8
- 0.61 - 0.8
- 0.41 -0.6
- 0.21 - 0.4
- < 0.2

Treshold = 0.60

Background = 0.25

LEYENDA

- Muestra geoquímica
- Área con anomalía (> 0.6 ppm)
- Laguna
- Drenaje

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

MAPA GEOQUÍMICO
Ag (ppm)

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
09	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750 000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

MAPA 10.- GEOQUIMICA DEL COBRE

650000 700000 750000 800000

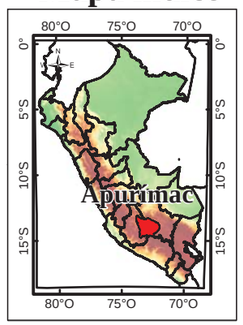
8550000 8500000 8450000 8400000 8350000

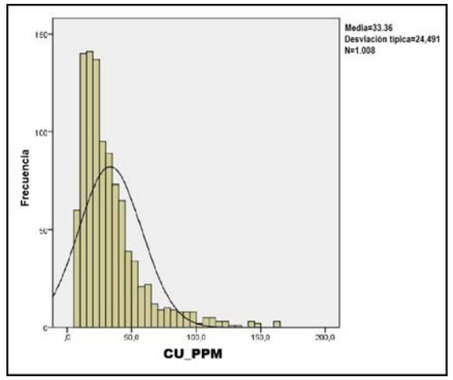
N

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice





Rango geoquímico Cu (ppm)

- > 180
- 100.1- 180
- 50.1 -100
- 25.1 -50
- < 25

Treshold = 98.25

Background = 25.17

LEYENDA

- Muestra geoquímica
- Área con anomalía (> 100 ppm)
- Área con débil anomalía (50 - 100 ppm)
- Laguna
- Drenaje

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

MAPA GEOQUÍMICO
Cu (ppm)

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
10	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750 000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

5.4. Interpretación del elemento molibdeno (Mo)

La distribución de las áreas anómalas en molibdeno sigue una tendencia NE-SO, concordante con importantes proyectos y depósitos como Antilla, Trapiche, Lahuani y Cotabambas (Ver Mapa 11), sin embargo, se presentan en menor cantidad que el oro y el cobre.

La mayor concentración de anomalías de molibdeno se encuentra en los intrusivos granodioríticos de la Unidad Progreso. También se relacionan al sistema de fallas de rumbo andino.

5.5. Interpretación de las áreas anómalas y zonas con potencial

La Figura 5.8 muestra que las zonas pórfido tienen gran cantidad de anomalías geoquímicas de oro, cobre y molibdeno. Sin embargo, las zonas con potencial de skarn, relacionados al contacto entre las calizas con intrusivos, presentan preferentemente anomalías geoquímicas de cobre y oro, pero son en menor cantidad en relación con las zonas potenciales de pórfido. Las anomalías de cobre y oro mostraron una alta correlación con las rocas intrusivas del Batolito Andahuaylas-Yauri, así como las zonas con potencial de pórfido (contacto intrusivo con rocas siliciclásticas). Un ejemplo es la zona sur de La Yegua y al este de Los Chancas, que muestran anomalías geoquímicas Au-Ag-Cu-Mo (Ver Mapa 12). Esto podría significar que esta área tiene una alto potencial de mineralización de Cu-Au. Lo mismo ocurre en la zona comprendida entre Los Chancas, Antilla y Aucapampa, donde muestra anomalías geoquímicas de Au-Cu-Mo en la zona potencial de pórfidos. Ambas áreas, se encuentran en faltas de tendencias NNO-SSE, relacionados con Chancas, Antilla, Lahuani y depósitos de pórfido Trapiche.

MAPA 11 .- GEOQUIMICA DEL MOLIBDENO

650000 700000 750000 800000

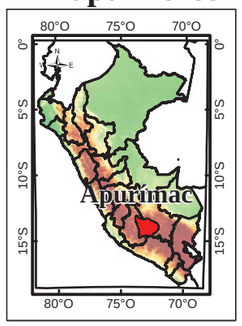
8550000 8500000 8450000 8400000 8350000

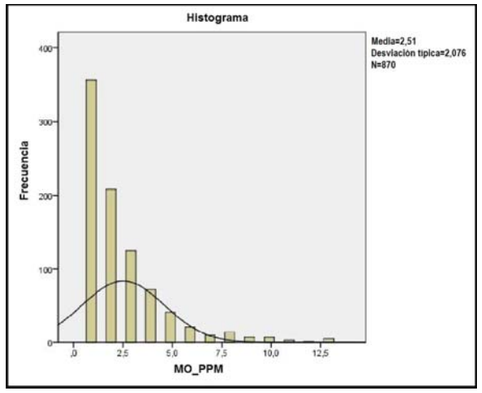
N

Escala gráfica 1:750,000

0 20 km

Mapa índice





Rango geoquímico Mo (ppm)

- > 15
- 8.1 - 15
- 4.1 - 8
- 2.1 - 4
- < 2

Treshold = 7.55

Background = 1.95

LEYENDA

- Muestra geoquímica
- Área con anomalía (> 8 ppm)
- Laguna
- Drenaje

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos

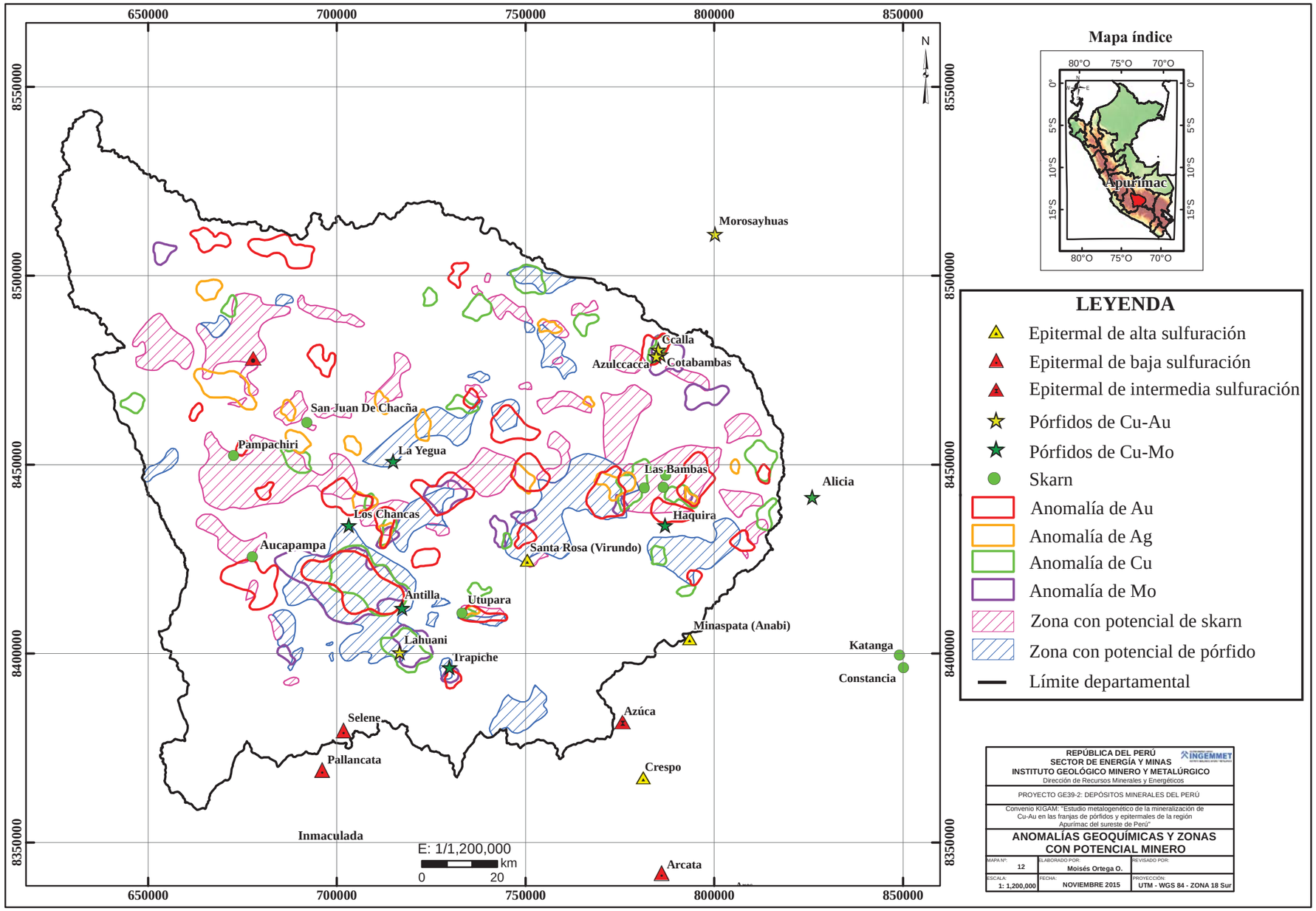
PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ

Convenio KIGAM: "Estudio Metalogenético de la Mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"

MAPA GEOQUÍMICO
Mo (ppm)

MAPA Nº:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:
11	Moisés Ortega O.	
ESCALA: 1: 750 000	FECHA: NOVIEMBRE 2015	PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

MAPA 12.- ANOMALÍAS GEOQUIMICASY POTENCIAL MINERO


650000
700000
750000
800000
850000
8550000
8500000
8450000
8400000
8350000
N
Morosayhuas
Ccalla
Azulccacca
Cotabambas
San Juan De Chacña
Pampachiri
La Yegua
Las Bambas
Alicia
Los Chancas
Haquira
Aucapampa
Santa Rosa (Virundo)
Antilla
Utupara
Minaspata (Anabi)
Lahuani
Trapiche
Katanga
Constancia
Selene
Azúca
Pallancata
Crespo
Inmaculada
Arcata
E: 1/1,200,000
0
20
km
Mapa índice
80°O
75°O
70°O
0°
5°S
10°S
15°S
Apurímac
LEYENDA
Epitermal de alta sulfuración
Epitermal de baja sulfuración
Epitermal de intermedia sulfuración
Pórfidos de Cu-Au
Pórfidos de Cu-Mo
Skarn
Anomalía de Au
Anomalía de Ag
Anomalía de Cu
Anomalía de Mo
Zona con potencial de skarn
Zona con potencial de pórfido
Límite departamental
REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR DE ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos
INGEMMET
PROYECTO GE39-2: DEPÓSITOS MINERALES DEL PERÚ
Convenio KIGAM: "Estudio metalogenético de la mineralización de Cu-Au en las franjas de pórfidos y epitermales de la región Apurímac del sureste de Perú"
ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS Y ZONAS CON POTENCIAL MINERO
MAPA N°: 12
ELABORADO POR: Moisés Ortega O.
REVISADO POR:
ESCALA: 1: 1,200,000
FECHA: NOVIEMBRE 2015
PROYECCIÓN: UTM - WGS 84 - ZONA 18 Sur

6. CARACTERÍSTICAS PETOGRÁFICAS Y SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

6.1. Características petrográficas

Se realizaron descripciones petrográficas (secciones delgadas) y mineragráfica (secciones pulidas) de muestras de rocas tomadas en afloramientos del batolito y depósitos minerales (Ver anexo I). Los depósitos minerales corresponden a Constancia, Trapiche, Cotabambas, Antilla y Las Bambas. Se reconocieron hasta cinco facies intrusivas granudas que varían desde diorita, tonalita, granodiorita, monzonita y monzogranito. También se reconocieron 3 facies hipabisales porfiríticas formada por monzonita, dacita y andesita.

Las características texturales reconocidas varían desde granuda (equigranular a inequigranular) a porfirítica. La textura granuda se reconoce en las dioritas, tonalitas, granodioritas, monzonitas y monzogranitos. Sin embargo, localmente algunas granodioritas y tonalitas presentan “ojos de cuarzo”, dando una textura porfirítica.

Las monzonitas se caracterizan por presentar una textura porfirítica, con fenocristales mayormente de plagioclasa y feldespato potásico.

Las facies de los intrusivos presentan minerales opacos diseminados formados por pirita, calcopirita, magnetita y hematita. La magnetita es común en las facies máficas, mientras que los sulfuros como calcopirita y pirita en las facies más félsicas.

De la figura 6.1.1 al 6.1.22 se muestran las micrografías más representativas de los depósitos más importantes objetos del presente estudio

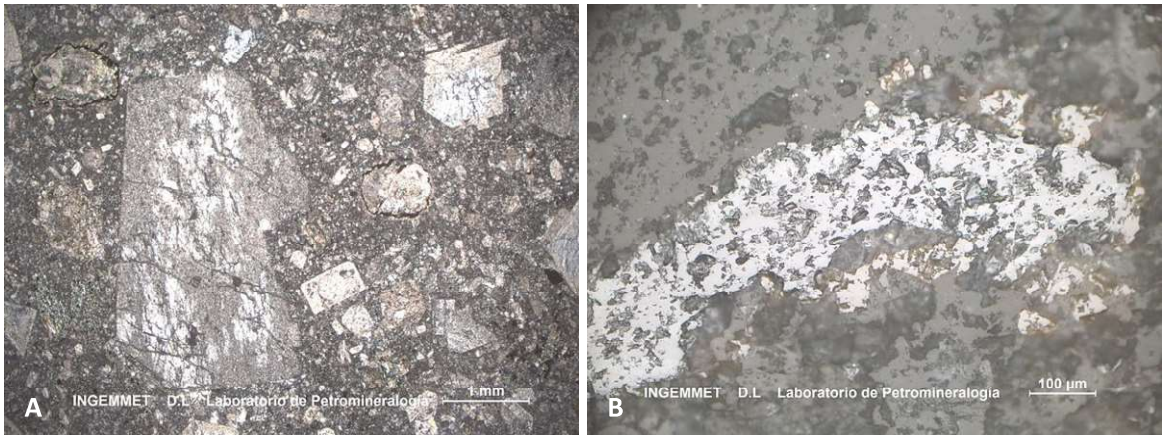


Figura 6.1.1.- Muestra KIGAM-M-026 de Mina Constancia. A. Pórfido andesita con matriz microcristalina, fenocristales cuarzo y plagioclasa alterada por acillas con sericita. B. Diseminaciones de magnetita reemplazadas por hematita y jarosita.

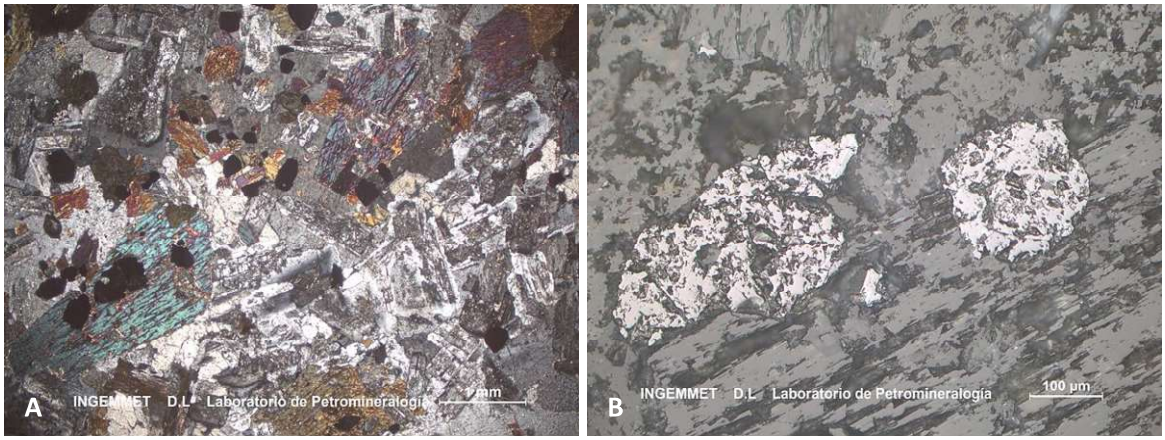


Figura 6.1.2.- Muestra KIGAM-M-027 de Mina Constancia. A. Diorita granular inalterada con cristales de plagioclasa, feldespato potásico, anfíbol y biotita. B. Magnetita diseminada alterada por hematita en los planos de clivaje.

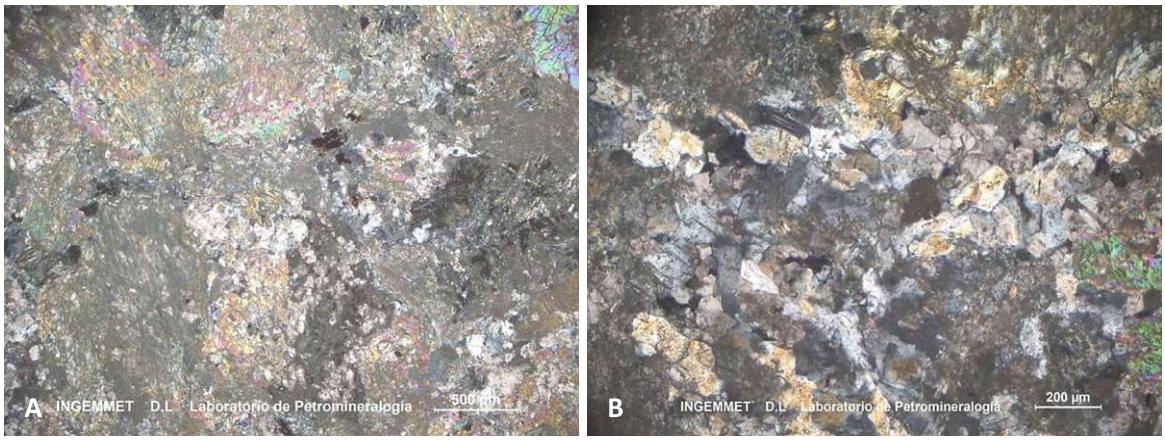


Figura 6.1.3.- Muestra KIGAM-M-028 de Mina Constancia. A. Diorita con cristales de anfíbol alterándose a clorita, carbonatos, óxidos y arcillas. B. Diorita alterada por carbonatos, cloritas y epidota, con sectores de cristales de feldespato y cuarzo.

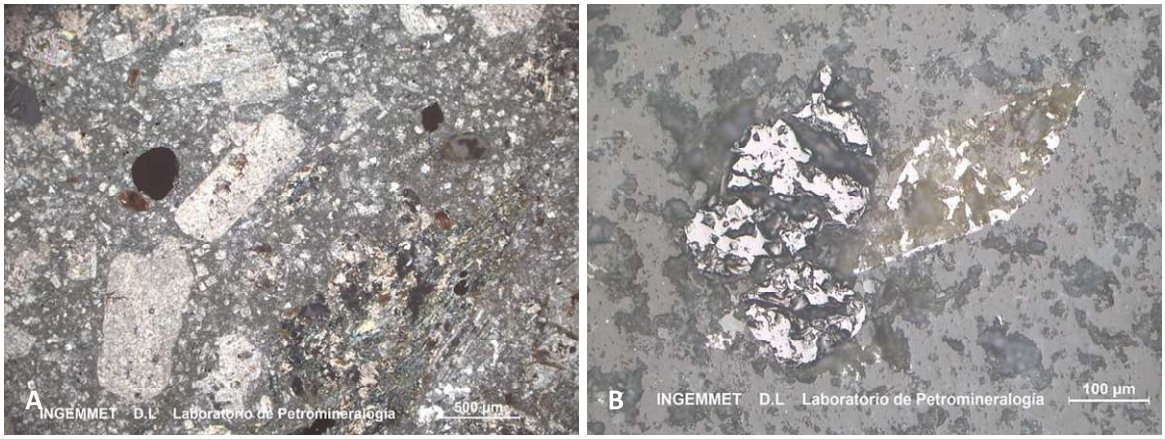


Figura 6.1.4.- Muestra KIGAM-M-035 de Mina Constancia. A. Micromonzonita porfirítica intramineral, cristales de plagioclasa alterados por micas y arcillas, matriz granular media, máficos reemplazados por carbonatos, cloritas y óxidos. B. Magnetita diseminada y cristales euhedrales de esfena.

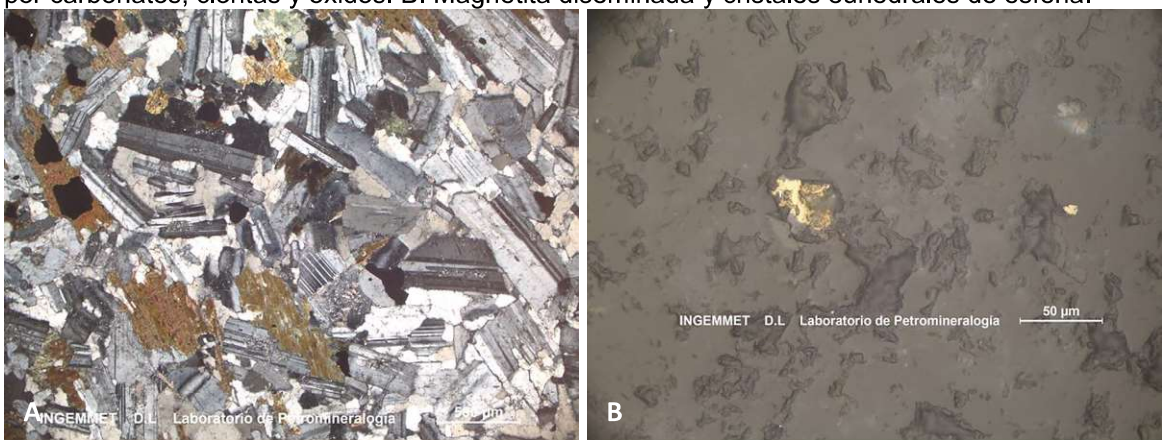


Figura 6.1.5.- Muestra KIGAM-M-036 de Mina Constancia. A. Diorita con cuarzo, con abundantes cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y clorita. B. Granos de oro diseminado en cuarzo.

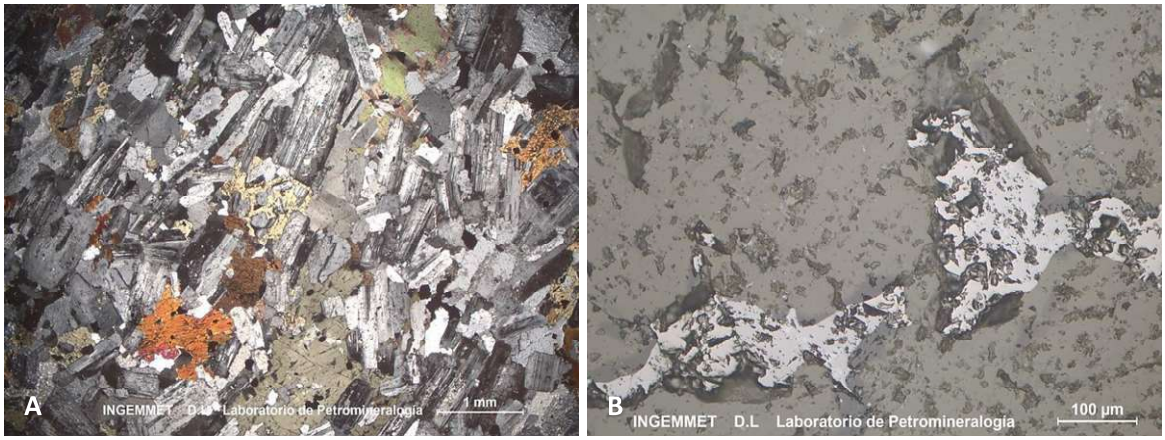


Figura 6.1.6.- Muestra KIGAM-M-037 de Mina Constancia. A. Diorita con cuarzo, con abundantes cristales de plagioclasa, biotita y clorita. B. Magnetita reemplazándose por hematita y con inclusiones de ilmenita.

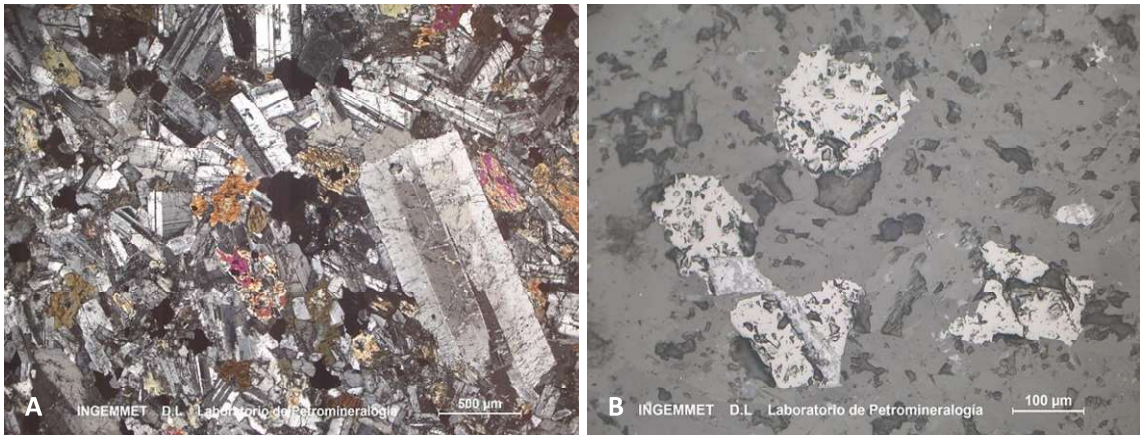


Figura 6.1.7.- Muestra KIGAM-M-039 de Mina Constancia. A. Diorita con cuarzo, inequigranular, con cristales de plagioclasa, biotita, anfíboles, clorita y carbonatos. B. Diseminación de magnetita reemplazada por hematita.

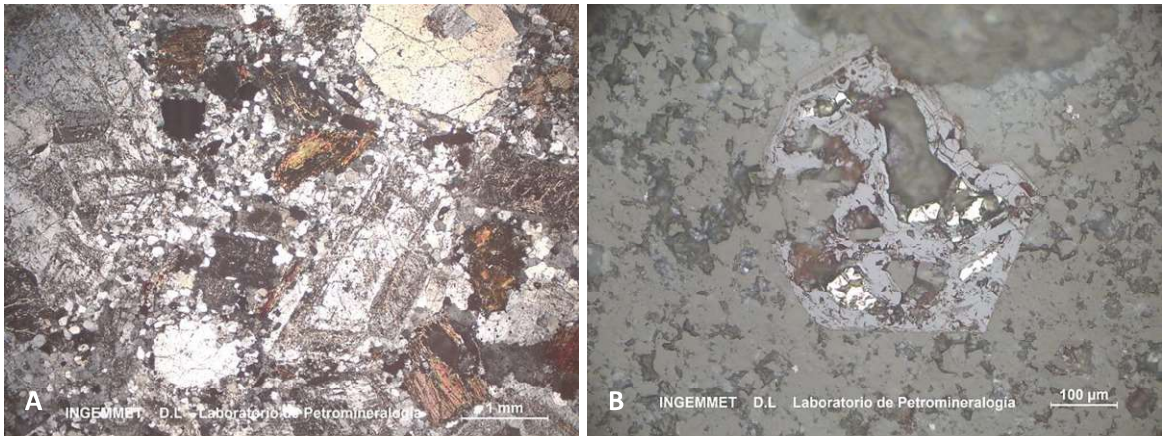


Figura 6.1.8.- Muestra KIGAM-M-006 de Trapiche. A. Pórfido monzonita con cuarzo intramineral con fenocristales de plagioclasa alterados por sericita en matriz microcristalina de cuarzo y feldespato. B. Limonitas lixiviadas con relictos de pirita.

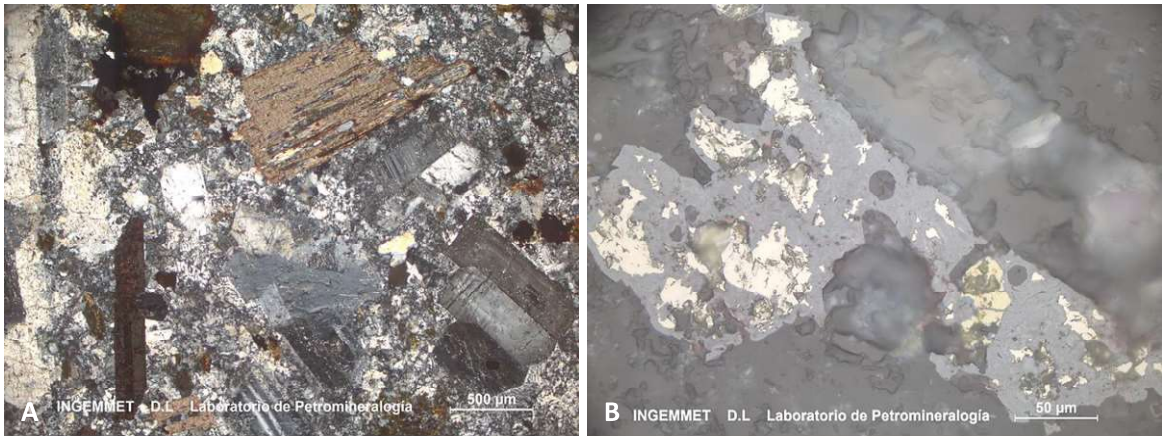


Figura 6.1.9.- Muestra KIGAM-M-008 de Trapiche. A. Granodiorita con fenocristales de plagioclasa, feldespato y biotita alterada por cloritas e inclusiones de zircón. B. Pirita y calcopirita alteradas a limonita y covelita.

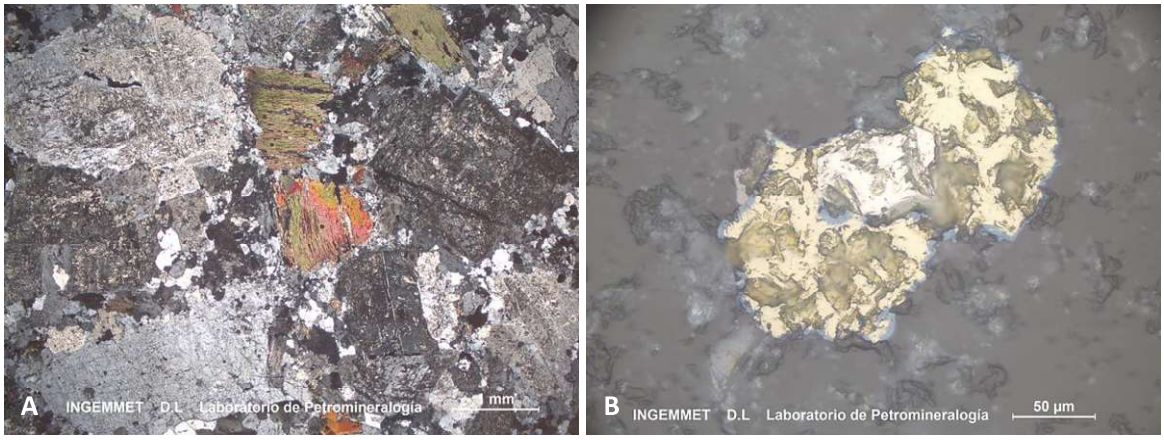


Figura 6.1.10.- Muestra KIGAM-M-012 de Trapiche. A. Pórfido monzonita con cuarzo principal con fenocristales de plagioclasa alterados por sericita; feldespato alterado por arcillas, cuarzo y biotita en matriz microcristalina de cuarzo y feldespato. B. Pirita y calcopirita con bordes alterados a calcosina y covelita por enriquecimiento secundario.

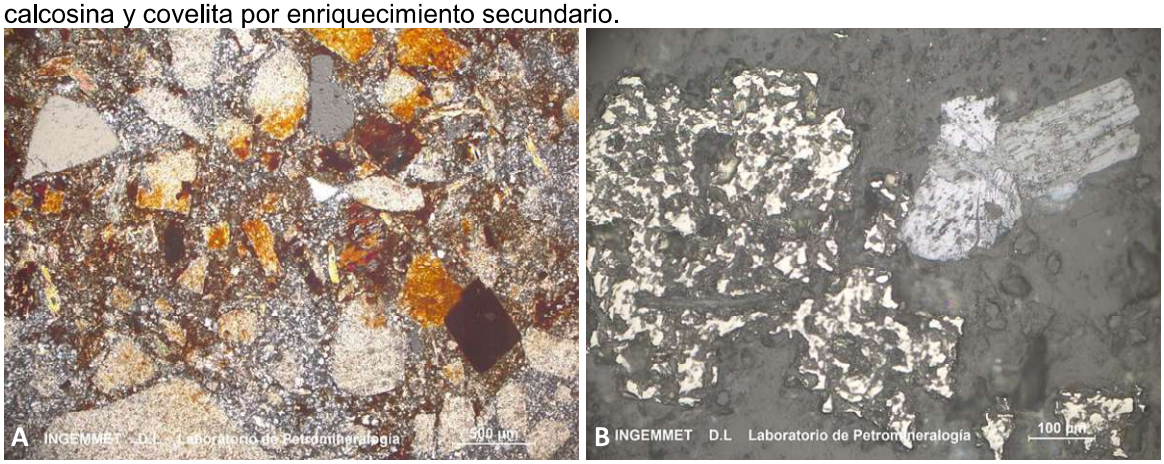


Figura 6.1.11.- Muestra KIGAM-M-013 de Trapiche. A. Pórfido dacita con cuarzo, argilizado y oxidado. B. Pirita y molibdenita diseminadas.

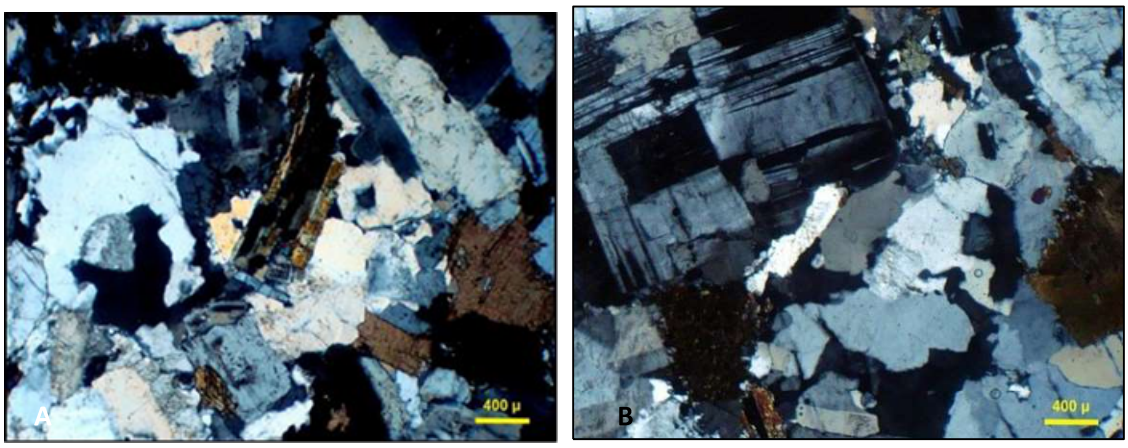


Figura 6.1.12.- Muestra GE24-083 del cluster Las Bambas. A,B. Tonalita de textura equigranular.

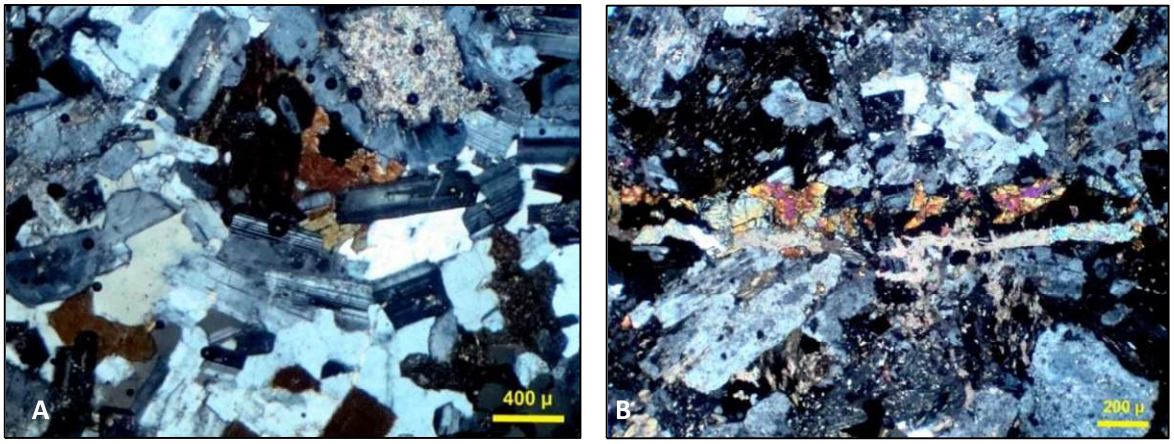


Figura 6.1.13.- Muestra GE24-078 del Cluster Cotabambas. A,B. Diorita a diorita con cuarzo, se puede observar la presencia de cuarzo intercrecido con plagioclasa.

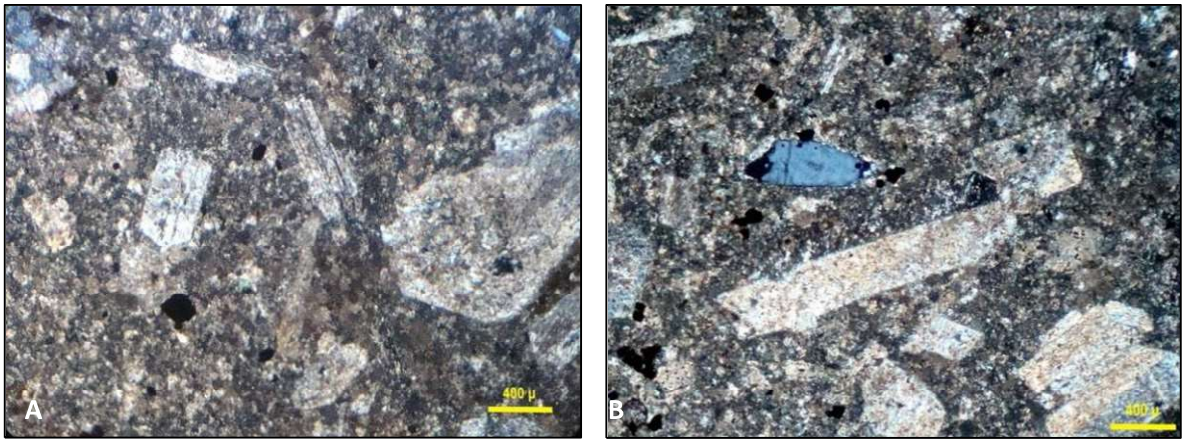


Figura 6.1.14.- Muestra GE24-064 del Cluster Cotabambas Cluster. A,B. Monzonita a monzodiorita de textura porfirítica con sericitización moderada.

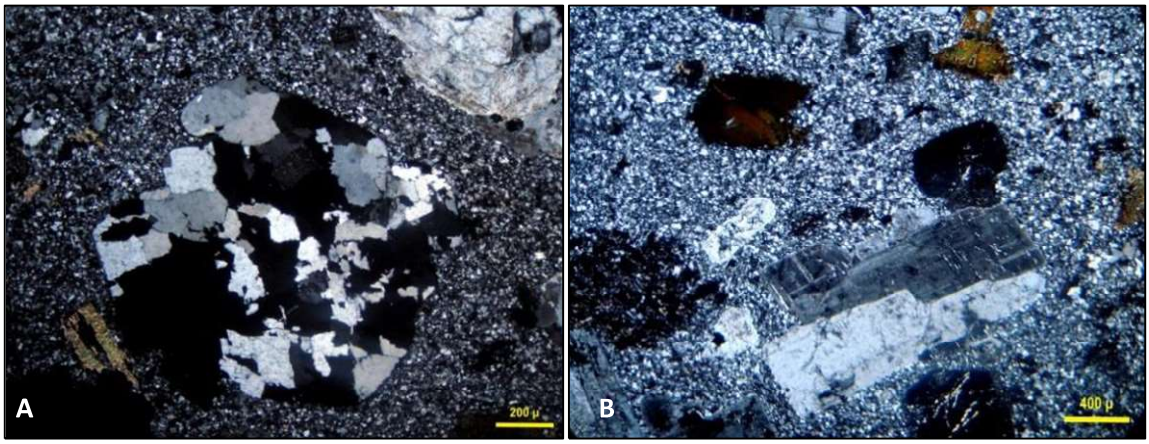


Figura 6.1.15.- Muestra GE24-010 del proyecto Trapiche. A,B. Diorita con cuarzo a granodiorita de textura porfirítica, se pueden ver los fenocristales de plagioclasa en una matriz afanítica.

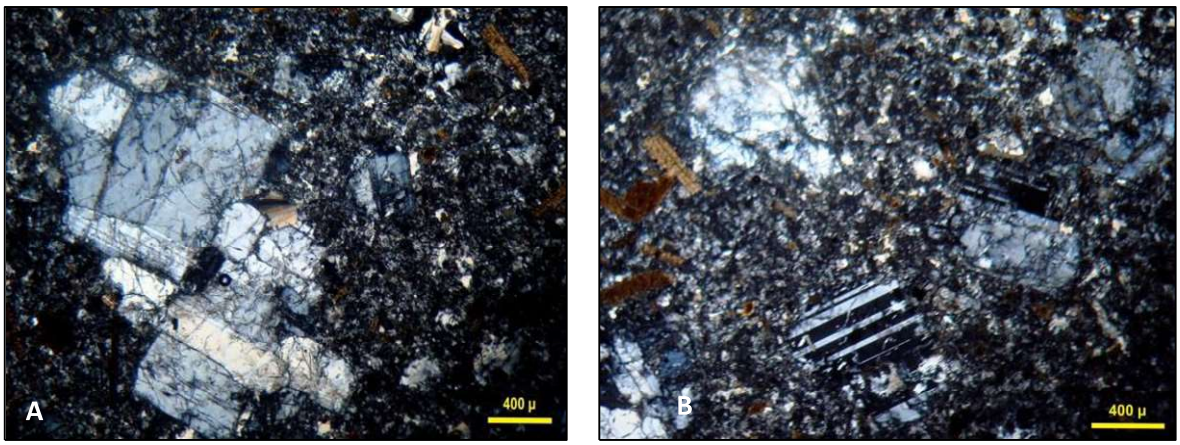


Figura 6.1.16.- Muestra GE24-027 del proyecto Antilla. A,B. Monzonita a granodiorita de textura porfirítica. Destacan las plagioclasas y los feldespatos potásicos.

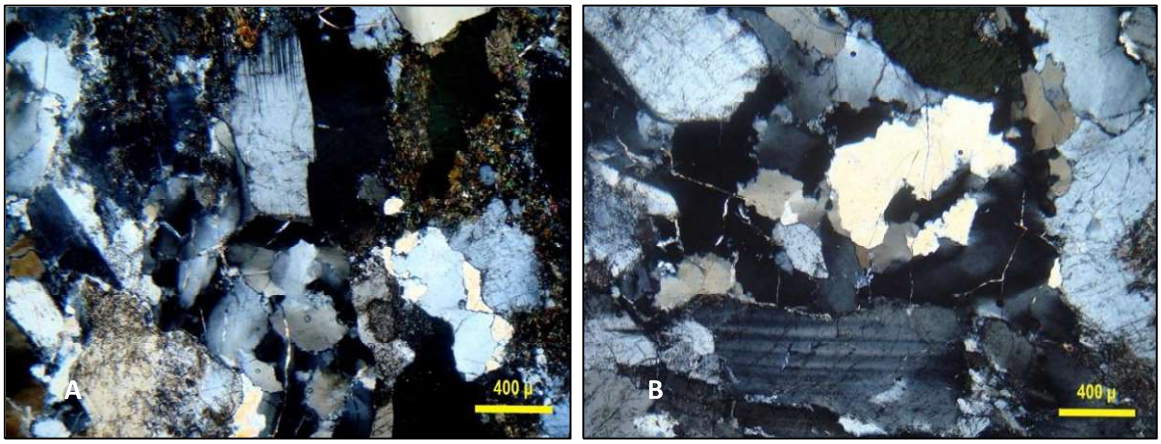


Figura 6.1.17.- Muestra GE24-033, tomada en la carretera Abancay-Andahuaylas. A,B. Biotita con cuarzo con sericitización en bajo grado.

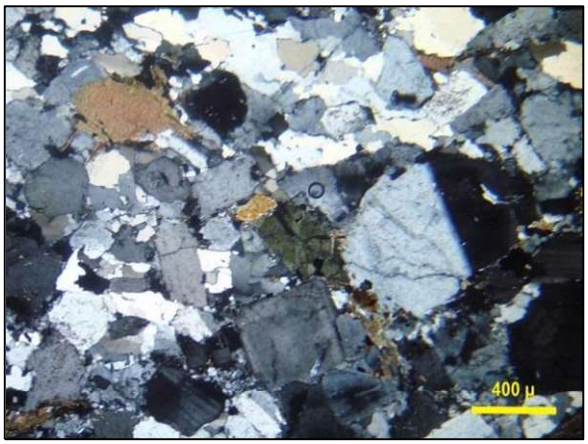


Figura 6.1.18.- Muestra GE24-033, tomada en la carretera Abancay-Andahuaylas. Tonalita, se puede observar el alto contenido de cuarzo con respecto a los otros minerales.

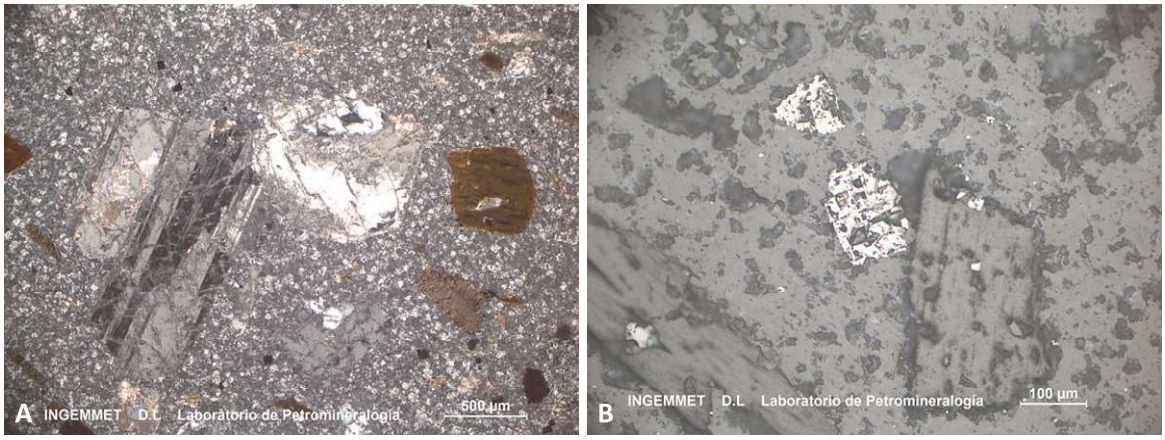


Figura 6.1.19.- Muestra KIGAM-M-021 de afloramiento en la carretera Trapiche Santa. A. Pórfido dacítico de matriz microcristalina con fenocristales de biotita, feldespatos alterados a arcillas y plagioclasa alterada por carbonatos con sericita. B. Cristales de magnetita diseminada.

Figura 6.1.20.- Muestra KIGAM-M-022 de afloramiento en la carretera Trapiche Santa. A. Monzonita con cuarzo, porfirítica con fenocristales de cuarzo, feldespato potásico, biotita y plagioclasa alterada a sericita en matriz cristalina fina. B. Pirita oxidada a limonitas en los bordes y fracturas.

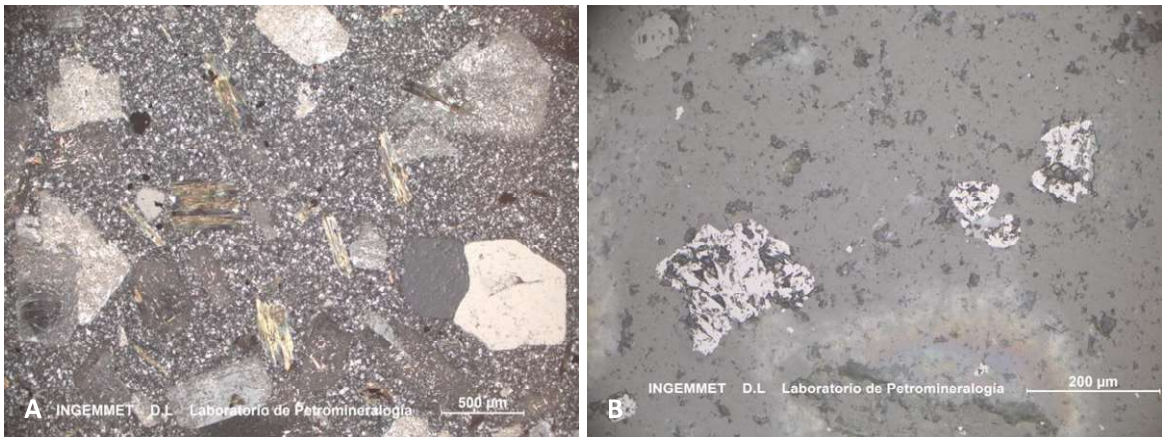


Figura 6.1.21.- Muestra KIGAM-M-023 de afloramiento en la carretera Trapiche Santa. A. Monzonita con cuarzo, porfirítica con fenocristales de cuarzo, biotita y feldespato potásico alterado por clorita intercrecida con sericita, biotita en matriz microcristalina. B. Cristales de magnetita diseminados en la roca y reemplazados por hematita.

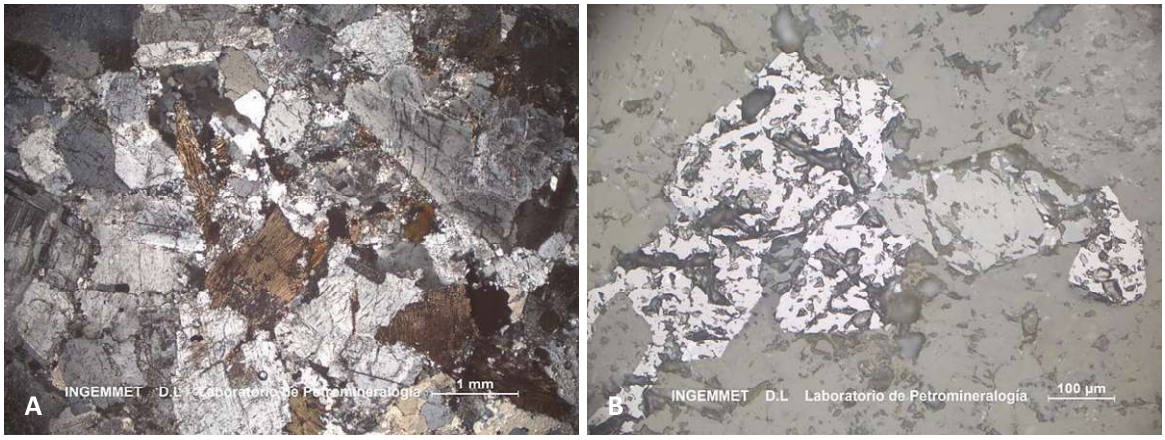


Figura 6.1.22.- Muestra KIGAM-M-024 de afloramiento en la carretera Trapiche Santa. A. Granodiorita de textura granular, cristales de plagioclasa, feldespato potásico, cuarzo y biotita. B. Magnetita diseminada reemplazada por hematita en los planos de clivaje, intercrecida con esfena.

6.2. Susceptibilidad magnética

La susceptibilidad magnética (K) se puede evaluar en términos de abundancia relativa de los minerales magnéticos en los granitos. En efecto, la susceptibilidad magnética en los granitos ha sido utilizada con éxito en estudios previos como un índice petrográfico para distinguir las series magnetita e ilmenita (por ejemplo, Ishihara, 1977;. Takahashi et al, 1980).

Por lo tanto, la susceptibilidad magnética de la serie magnetita tienen valores K por encima de 3×10^{-3} SI y para la serie de ilmenita $\leq 3 \times 10^{-3}$ SI (Ishihara, 1977). La principal fuente de la susceptibilidad magnética en los granitos de la serie magnetita es la magnetita y titanomagnetita. En el caso de la serie ilmenita la respuesta magnética es función de los silicatos ferromagnesianos más la abundancia de ilmenita.

Material y métodos

Este trabajo resume los datos de susceptibilidad magnética de 25 estaciones de muestreo que corresponden a 756 mediciones en diferentes tipos de granitos de afloramientos en el Batolito y en depósitos minerales.

La susceptibilidad magnética (K) se define como K = M / H, la relación de la magnetización inducida (M) con el campo aplicado (H). En el Sistema Internacional (SI), la magnetización y el campo magnético son a la vez adimensionales, aunque su magnitud se denomina comúnmente SI. En rocas poliminerálicas, la susceptibilidad magnética es la suma de la contribución de todos los minerales que forman roca, por lo que varía con la concentración y la composición de esas fases minerales, las cuales pueden incluir especies diamagnéticas, paramagnéticas o ferromagnéticas.

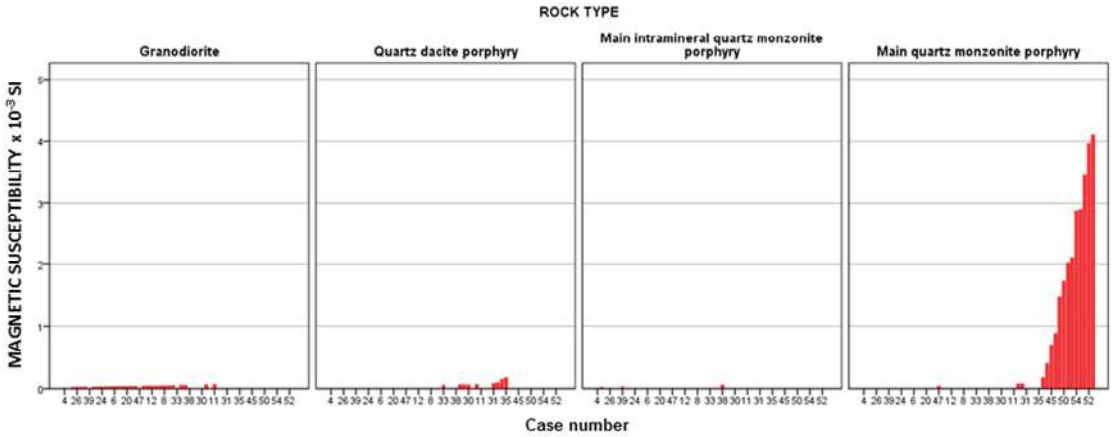
La susceptibilidad magnética total (K) de las rocas se midió con un equipo de susceptibilidad magnética SM-30. Debido a su alta sensibilidad, este equipo es capaz de medir susceptibilidades muy bajas de las rocas. También es capaz de medir sustancias diamagnéticas. La medida alcanza su pico de sensibilidad en unos segundos después de haber sido encendido. Mediante el empleo de una manera muy sofisticada de procesamiento de la señal, el medidor puede reducir eficazmente la influencia de las perturbaciones electromagnéticas externas y el ruido de los circuitos electrónicos. Su bajo peso y pequeño tamaño hacen de este instrumento ideal para el trabajo campo.

Características de la susceptibilidad magnética

En las Figuras 6.2.1 a 6.2.4 se presentan un resumen de los resultados estadísticos obtenidos para las mediciones de susceptibilidad magnética en varias rocas intrusivas y hipabisales de Constancia y Trapiche, así como del batolito.

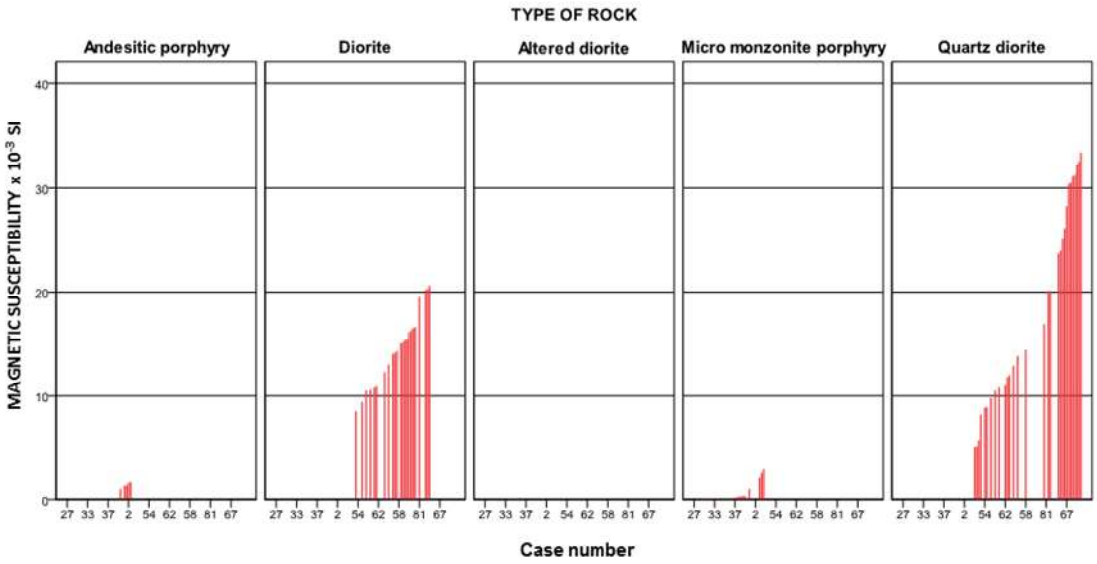
En Trapiche, los pórfidos de monzonita con cuarzo y dacita con cuarzo junto con la granodiorita, presentan una susceptibilidad magnética menor que $5x10^{-3}$ SI, que corresponden a rocas paramagnéticas (Figura 6.2.1).

Sin embargo, en la mina Constancia las facies de diorita muestran un comportamiento ferromagnético (susceptibilidad magnética > $8x10^{-3}$ SI) compatible con la presencia de magnetita (Figura 6.2), a excepción de los pórfidos de micromonzonita y andesíticos cuya susceptibilidad magnética es menor que $3\ x10^{-3}$ SI) .



TRAPICHE		ROCK TYPE			
		Granodiorite	Main intramineral quartz monzonite porphyry	Main quartz monzonite porphyry	Quartz dacite porphyry
MAGNETIC SUSCEPTIBILITY	N total	28	3	16	9
	Máximo	0.0662	0.0571	4.1000	0.1720
	Mínimo	0.0095	0.0195	0.0389	0.0527
	Media	0.0365	0.0341	1.6833	0.0866

Figure 6.2.1.- Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en el Proyecto Trapiche.



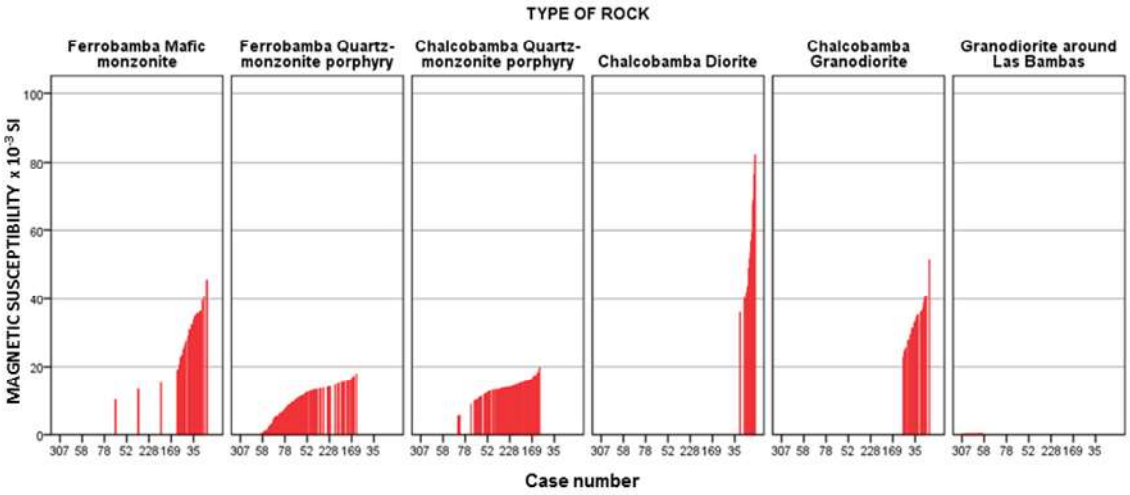
CONSTANCIA		TYPE OF ROCK				
		Altered diorite	Andesitic porphyry	Diorite	Micro monzonite porphyry	Quartz diorite
MAGNETIC SUSCEPTIBILITY	N total	7	5	23	23	30
	Máximo	0.1490	16800	20.6000	3.0000	33.4000
	Mínimo	0.0503	10200	8.5000	0.0455	5.0500
	Media	0.0980	14000	14.5791	0.5053	18.4750

Figure 6.2.2.- Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en la mina Constancia.

Las rocas de las Bambas muestran una susceptibilidad magnética media > $8x10^{-3}$ SI en facies de pórfido monzonita, monzonita, granodiorita y diorita, mostrando una característica ferromagnética. Pero otra granodiorita alrededor del depósito de Chalcobamba presenta susceptibilidad magnética <0.2x10-3 SI, que corresponde a un comportamiento paramagnético (Figura 6.3).

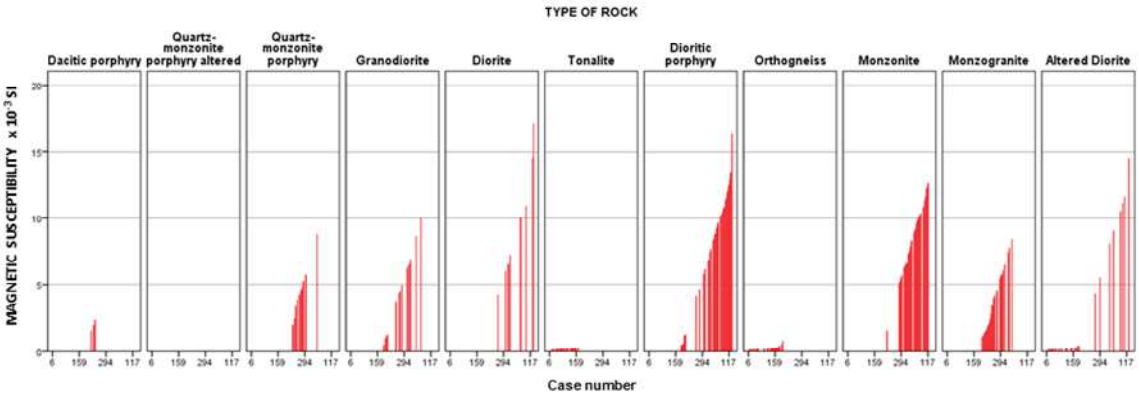
En los afloramientos de la carretera que cortan al Batolito, afloran granitos paramagnéticos (susceptibilidad magnética media desde 0.2 hasta 4.6 $x10^{-3}$ SI) que prevalecen sobre los ferromagnéticos (susceptibilidad magnética media ~ 9x10-3 SI). Las rocas paramagnéticas están formadas por tonalita, granodiorita, pórfido dacítico, pórfido monzonita con cuarzo y monzogranito mientras que las rocas

ferromagnéticas se caracterizan por dioritas y monzonitas (Figura 6.4)



LAS BAMBAS		TYPE OF ROCK					
		Chalcobamba Diorite	Chalcobamba Granodiorite	Chalcobamba Quartz-monzonite porphyry	Ferrobamba Mafic monzonite	Ferrobamba Quartz-monzonite porphyry	Granodiorite around Las Bambas
MAGNETIC SUSCEPTIBILITY	N total	21	26	91	38	123	48
	Máximo	82.3000	51.2000	19.8000	45.4000	17.9000	0.2300
	Mínimo	36.1000	22.7000	5.5400	10.3000	0.3000	0.1200
	Media	57.0000	33.3500	14.1123	28.2026	8.6468	0.1727

Figure 6.2.3.- Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en Las Bambas.



OUTCROPS ROAD		TYPE OF ROCK										
		Altered Diorite	Dacitic porphyry	Diorite	Dioritic porphyry	Granodiorite	Monzogranite	Monzonite	Orthogneiss	Quartz-monzonite porphyry	Quartz-monzonite porphyry altered	Tonalite
SUSCEPTIBILIDAD MAGNETICA	N total	41	3	9	50	17	43	45	41	13	3	48
	Máximo	14.5000	2.3300	17.1000	16.3000	9.9500	8.3900	12.6000	0.7920	8.7700	0.0256	0.2300
	Mínimo	0.1120	1.5300	4.2400	0.4200	0.4840	1.1000	1.5500	0.1090	1.9900	0.0004	0.1200
	Media	2.2166	1.9367	9.1622	8.4384	4.5672	3.4256	8.8656	0.2375	4.5631	0.0096	0.1727

Figure 6.2.4.- Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en afloramientos de las carreteras en Apurimac.

6.3 Relaciones de la mineralización con granitos de la serie magnetita-ilmenita

La mineralización Cu-Au en el depósito pórfido-skarn de Las Bambas está relacionado con el comportamiento ferromagnético de la serie magnetita con valores medios de susceptibilidad magnética entre 8.6 a 57x10^{-3} SI. Los minerales opacos y ferromagnesianos están formados por calcopirita, magnetita, +/- pirita, biotita y anfíbol.

El pórfido-skarn de Cu-Mo-Au de Constancia presenta intrusivos con características ferromagnéticas (susceptibilidad magnética media 14.5 a 18.5 x10^{-3} SI) y paramagnéticas (susceptibilidad magnética media 0.5 a 1.4 x10^{-3} SI) de acuerdo con la serie magnetita e ilmenita respectivamente. Todas las facies intrusivas llevan magnetita-hematita con calcopirita y pirita. Los minerales ferromagnesianos como biotita y anfíbol prevalecen sobre la esfena.

En el pórfido de Cu-Mo de Trapiche las rocas intrusivas presentan características paramagnéticas (susceptibilidad magnética media 0.03-1.7 x10^{-3} SI) que corresponden a la serie ilmenita. No hay mineral magnético como magnetita en las facies de granito, en su lugar hay biotita alterada por sericita y arcillas junto con mineralización de pirita-calcopirita reemplazada por calcosina y covelita.

7. CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS GENERADORAS

En este capítulo se resume la caracterización geoquímica a partir del tratamiento de 234 muestras de roca y mena de la región Apurímac, de las cuales 93 corresponden a este estudio y 141 a muestras de roca inalterada de proyectos de metalogenia entre el 2009 y 2014. En este segundo lote están incluidas las 110 muestras tomadas en el Convenio INGEMMET-KIGAM del año 2010 del Proyecto GE24, titulado: "Evaluation of Ore Deposits Potential in the Andahuaylas-Yauri Batholith".

Para estudiar el magmatismo en el Andahuaylas-Yauri Batolito por medio de la geoquímica y petrografía de las facies de granito, se utilizó el software de petrología ígnea IGPET.

7.1. Litogeoquímica

En el diagrama de clasificación geoquímica TAS (Le Maitre, 2002 & Le Bass et al., 1986, Figure 7.1.1) las muestras caen en el todo los campos del diagrama como diorita, monzodiorita, tonalita, monzonita, granodiorita, sienita, y monzogranito. Solo algunas caen en el campo del gabro y sienogranito. Esta clasificación difiere con la clasificación mineralógica, donde se reconocieron cinco facies (diorita, tonalita, granodiorita, monzonita y monzogranito) con sus variaciones texturales (granuda y porfirítica). La diferencia entre la clasificación mineralógica y la clasificación geoquímica (diagrama TAS) puede deberse a un enriquecimiento posterior en álcalis por alteración hidrotermal incipiente de albitización de los feldespatos.

Las muestras de los afloramientos del Batolito Andahuaylas - Yauri tienen la más amplia variación de sílice (51 hasta 71%) a partir de gabros, monzodioritas, tonalitas, granodioritas, sienita, monzogranito y sienogranito (Figura 7.1.1). Variación similar muestra Las Bambas (incluyendo Ferrobamba y Chalcobamba), Antabamba B1, Katanga y Constancia donde se puede notar la evolución de las dos etapas del magmatismo de máfico a félsico. Lo contrario

sucede en Cotabambas, Antabamba B3, Jalaoca, Antilla y Trapiche, donde el contenido de sílice es más restringido a rocas félsicas como tonalita, granodiorita, monzonita y sienita. Podría interpretarse como rocas más diferenciadas, que pertenecen a la segunda etapa magmática del Batolito (posiblemente relacionados con la mineralización). En el lado opuesto se encuentra Suparaura, con contenido de sílice menores que 56% relacionada con la monzodiorita y andesita.

Los depósitos epitermales como Inmaculada y Pallancata muestran contrastantes en el contenido de sílice. Las muestras de Inmaculada caen en el campo de las andesitas y traquiandesita (52-56%) mientras que las de Pallancata, en dacita y riolita (67-82%).

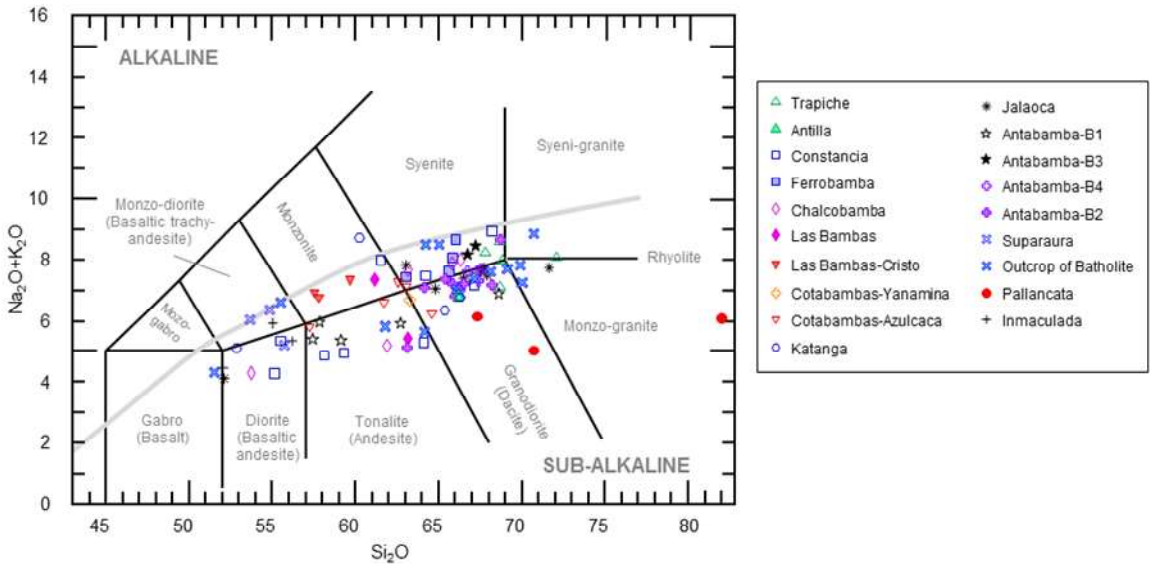


Figura 7.1.1.- Diagrama de clasificación geoquímica TAS (Le Maitre, 2002 & Le Bass et al., 1986)

El índice de saturación de alúmina (Shand 1943) muestra valores tanto en el campo metaluminoso como en el peraluminoso (ISA= 0.8-1.9). Se puede notar que las rocas de Trapiche y Pallancata y Antilla son peraluminosas, mientras que las de Cotabambas, Jalaoca e Inmaculada son metaluminosas. Las muestras del batolito, Las Bambas, Constancia y Antabamba B2 muestran una evolución de una ambiente metaluminoso a peraluminoso (Figure 7.1.2).

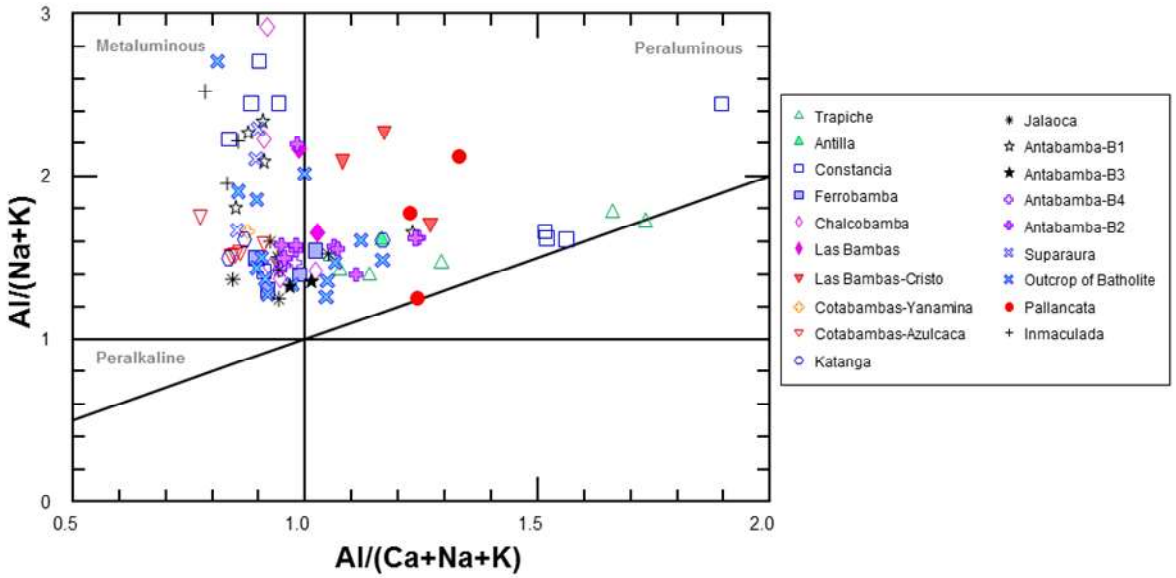


Figura 7.1.2.- Gráfico del índice de saturación de alúmina (Shand 1943)

La característica del magmatismo en el Andahuaylas-Yauri Batolito es calco-alcalina. No se reconocen muestras en el campo toleítico del Diagrama Irvine y Baragar, 1971 (Figura 7.1.3). Las características calco-alcalinas son típicas de los márgenes de convergencia activos, similar al magmatismo calco-alcalino de los pórfidos en Chile. Algunas muestras tienen una tendencia clara a partir de contenidos de FeO* a álcalis, lo cual puede ser interpretado como evolución de rocas de origen profundo, posiblemente relacionadas con magmatismo más oxidado que reducido (Ishihara, 1981). Otras muestras que pueden tener contenido anómalo de Na2O + K2O debido a contaminación cortical o metasomatismo (Ejemplo: Constancia, Trapiche and Pallancata).

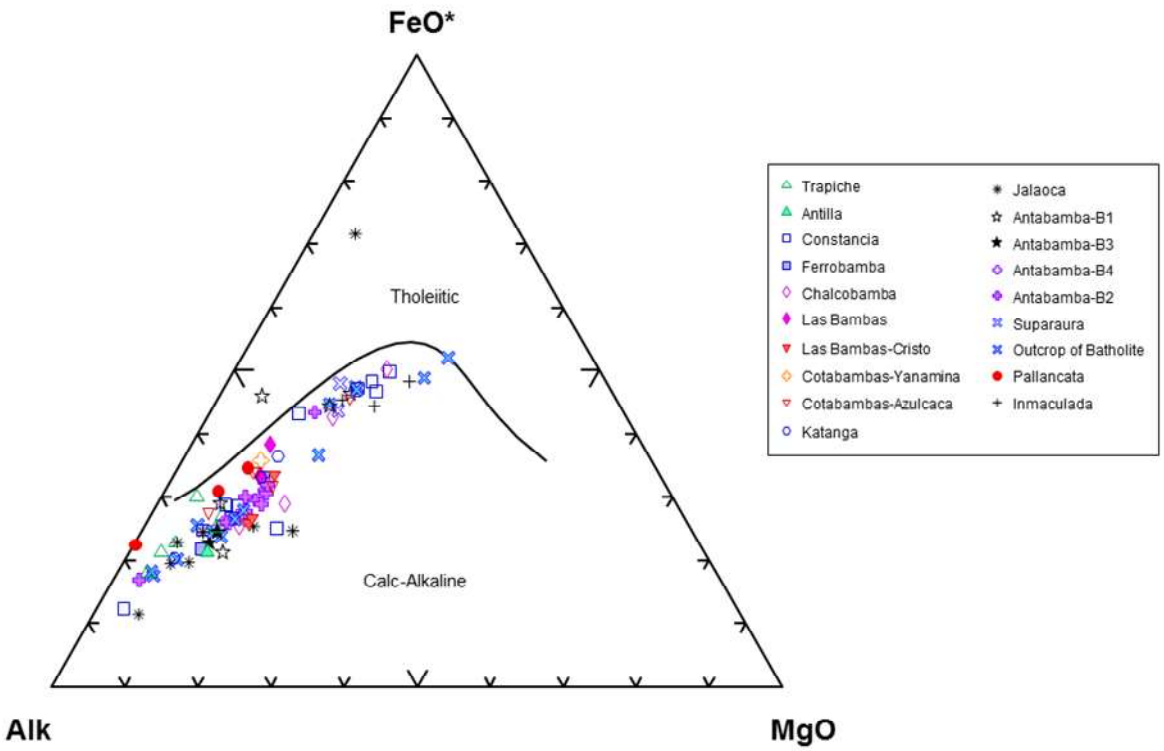


Figura 7.1.3.- Diagrama AFM (Irvine and Baragar, 1971).

La gráfica de SiO_2 vs álcalis (Na_2O + K_2O) muestra que el dominio del magmatismo en el Andahuaylas-Yauri Batolito es subalcalino (Figura 7.1.4) y se relaciona con una zona de subducción en un margen convergente. La correlación positiva de SiO_2 con el álcalis de las diferentes muestras de los depósitos minerales de mineral indica una profunda diferenciación magmática de máfico a félsico. Perelló (2003) interpreta estos grupos de rocas como dos pulsos diferentes de magma formados durante el Eoceno al Oligoceno (48-43 Ma y 42-30 Ma, respectivamente).

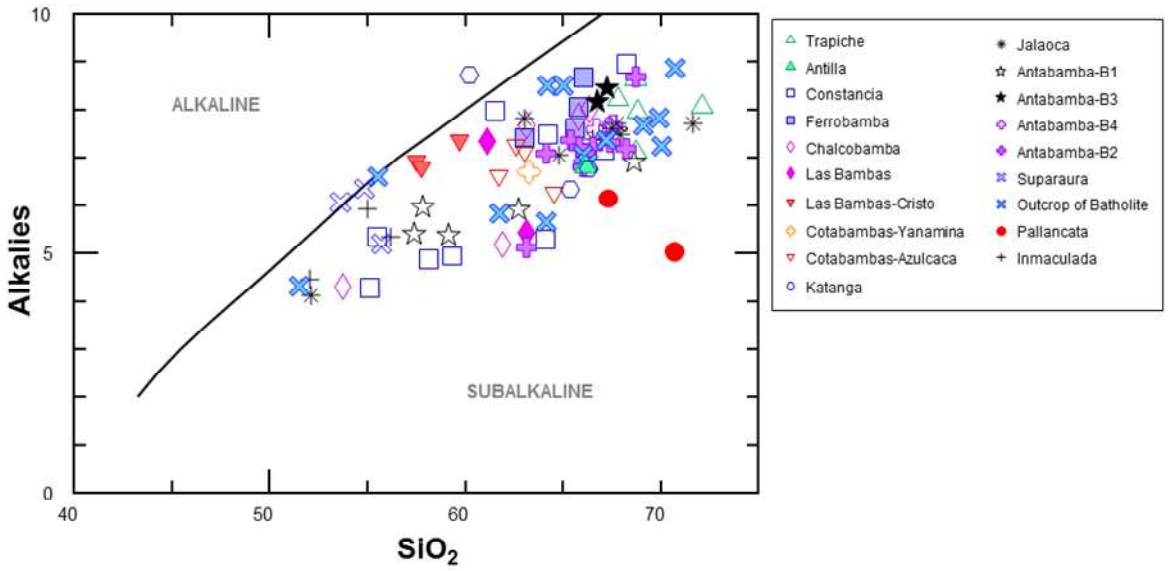


Figura 7.1.4.- Diagrama de alcalies ($Na_2O + K_2O$) vs SiO_2 (Irvine & Baragar, 1971).

El gráfico de Pecerillo & Taylor (1976) permiten confirmar las interpretaciones anteriores. El contenido de K_2O no es tan alto como para ser consideradas dentro de la serie shoshonítica. Por el contrario, todas las rocas caen entre la serie sub-alcalina y calco-alcalina con medio a alto contenido de K. Los diferentes contenidos de K y SiO_2 se pueden interpretar como diferentes tasas de contaminación cortical y diferenciación magmática. También es muy claro que todas las muestras tienen una amplia variación de SiO_2, que va desde 51 a 82%, de acuerdo con las rocas máficas a félsicas encontradas en los afloramientos del Batolito Andahuaylas - Yauri, Las Bambas (incluyendo Ferrobamba y Chalcobamba), Antabamba B1, Katanga y Constancia (Figura 7.1.5).

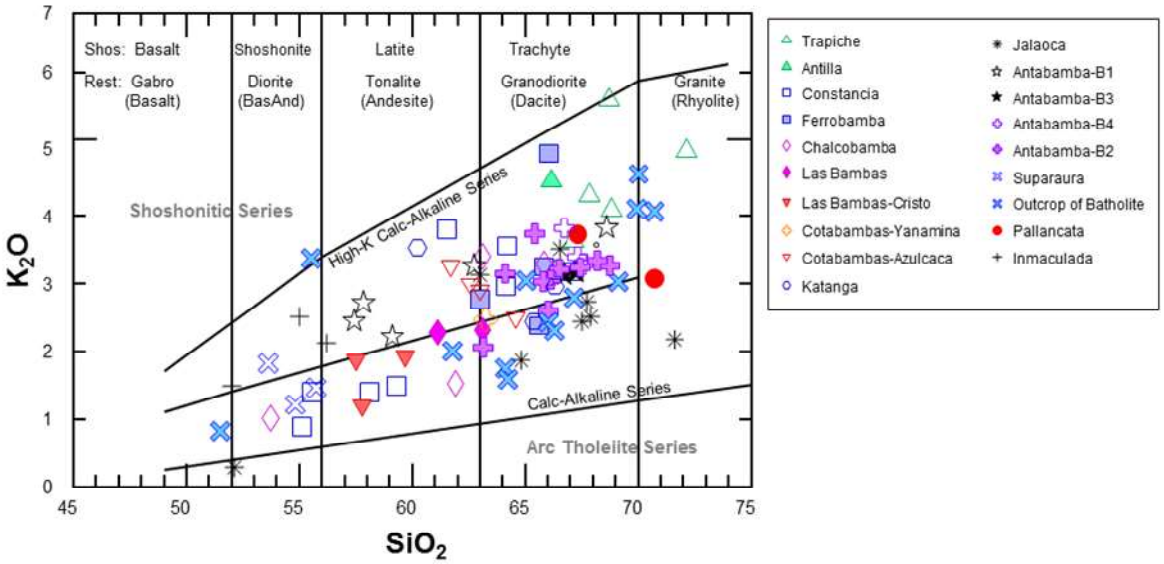


Figura 7.1.5.- Diagrama K_2O vs SiO_2 (Pecherillo and Taylor, 1976)

7.2. Evolución y procesos de diferenciación magmática y ambiente tectónico

El gráfico K/Rb vs SiO_2 nos permite medir el progreso de la evolución de los magmas a partir de composiciones del manto. En la Figura 7.2.1 puede notar una disminución progresiva del cociente K/Rb y un incremento del SiO_2 en las muestras, lo cual se correlaciona con el progreso de la evolución de las facies intrusivas. Solo las rocas del Batolito, Las Bambas, Suparaura, Katanga, Constancia muestran una tendencia de magmas no evolucionados a muy evolucionados. Las rocas de los depósitos de Cotabambas y Antillas encuentran en la zona de moderada evolución magmática. Las únicas rocas más evolucionadas son de Trapiche y Pallancata (además son fraccionadas).

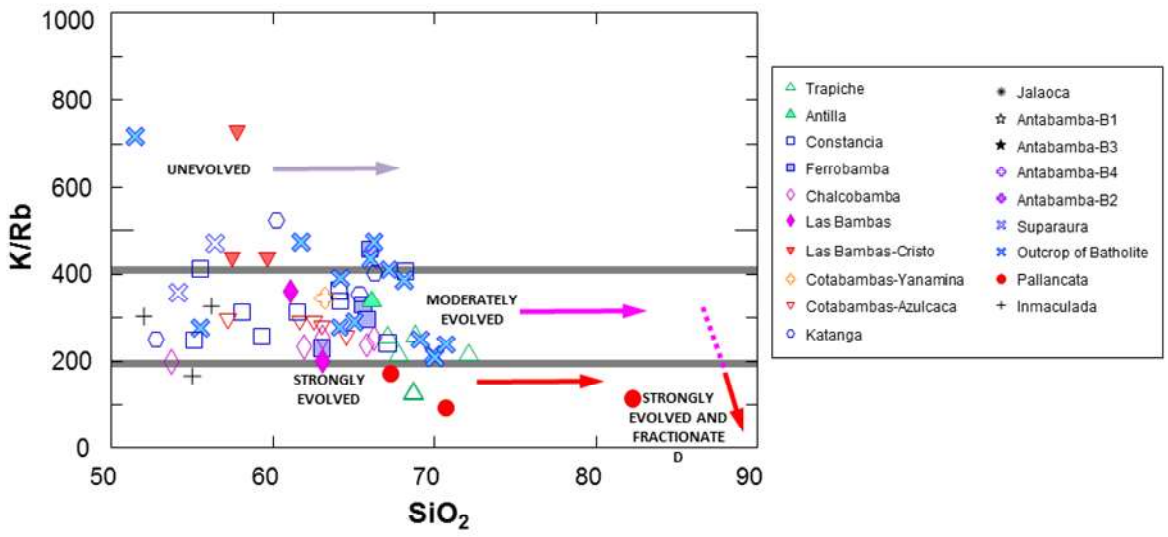


Figure 7.2.1. Gráfico K/Rb vs SiO_2 para determinar la evolución de magmas a partir de las facies de granito.

El grado y tipo de fraccionamiento de los magmas es importante para determinar el potencial y tipo de mineralización con el cual una facies de granito es asociada. La cristalización fraccionada se puede medir con el cociente Rb/Sr. De esta manera la Figura 7.2.2 nos ilustra la correlación positiva entre el cociente Rb/Sr y el contenido de SiO_2 que siguen las muestras de los depósitos minerales, a partir de rocas precursoras evolucionadas (Batolito, Las Bambas, Katanga Constancia, e Inmaculada), pasando por procesos de diferenciación (Batolito, Las Bambas, Constancia, Antilla y Trapiche) y cristalización fraccionada (Pallancata).

Las rocas intrusivas pueden tener un amplio rango de fuentes que pueden variar desde un origen mantélico o ser puramente corticales. Las fuentes muestran una importante correlación con el marco tectónico, donde la interacción entre los magmas derivados del manto con los de la corteza está en función con el espesor y composición de la corteza, así como el tiempo de residencia y temperatura del magma. Estas relaciones entre fuente y ambiente proveen las bases para determinar la firma geoquímica de los granitos, la cual, combinada con consideraciones geológicas permite asignar a los granitos el ambiente más probable de intrusión (Pearce, 1996).

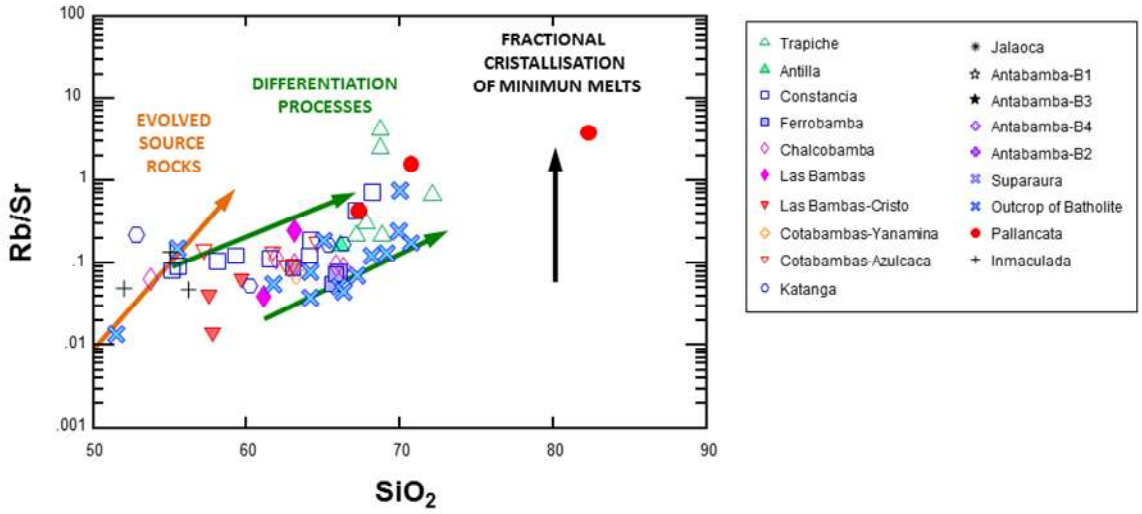


Figura 7.2.2- Gráfico Rb/Sr vs SiO_2 para determinar el grado y tipo de fraccionamiento de magmas.

El gráfico de la Figura 7.2.3 muestra el ambiente tectónico de dónde pueden provenir las facies intrusivas según la variación del Rb vs (Y+Nb). Se puede notar que la mayor parte de las muestras de los depósitos minerales y del Batolito Andahuaylas-Yauri provienen de un ambiente de arco volcánico continental (VAG). Estas rocas se forman por fusión parcial de magmas infraplaca derivados del manto en zonas de subducción, donde es común una contribución cortical. En este ambiente se forman granodioritas y tonalitas de Tipo I, las cuales son metaluminosas, calco-alcalinas con minerales ferromagnesianos tipo anfíbol, piroxeno y biotita.

Otras muestras que provienen Trapiche, Constancia y una del Batolito caen en el ambiente de colisión (syn-COLG). Este ambiente está vinculado a procesos de engrosamiento cortical debidos a procesos tectónicos que causan temperaturas suficientemente altas para producir la fusión parcial. Este ambiente está vinculado con los de arco volcánico cuando cesa la subducción (Pearce, 1996). Sin embargo, en el Batolito Andahuaylas-Yauri el ambiente de colisión estaría relacionado más con un episodio de subducción plana sucedido entre 50 y 45 Ma hasta los 35 Ma, el cual produjo un acortamiento cortical, deformaciones tectónicas y levantamientos asignados a la Orogenia Incaica (Perelló et al., 2003). Es así, que desde los 48 a 43

Ma se formaron en una etapa temprana magmas máficos y “cumulatos” del Batolito Andahuaylas-Yauri, derivados de la cuña astenosférica que ascendieron rápidamente hacia la corteza (Bonhomme and Carlier, 1990). A partir de los 40 Ma se incrementó el acortamiento de la corteza superior y frenó el ascenso de los magmas, lo cual favoreció la evolución de grandes cámaras magmáticas (Sillitoe, 1998; Kay et al., 1999).

En este ambiente se pueden formar granitos Tipo I y Tipo S. Los granitos Tipo I son metaluminosos y tienen biotita como mineral ferromagnesiano característico, mientras que los granitos Tipo S son peraluminoso y presentan biotita y muscovita (Pearce, 1996).

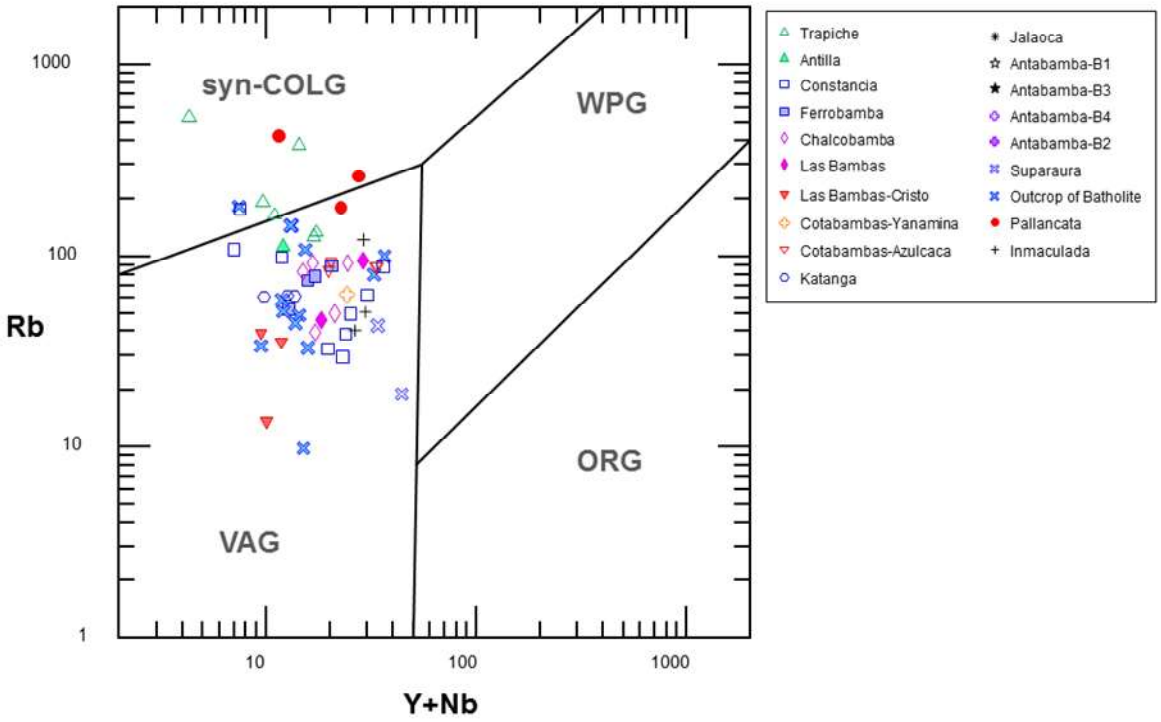


Figure 7.2.3.- Gráfico Rb vs (Y+Nb) para discriminación de ambientes tectónicos de granitos (Pearce et al, 1984). WPG = granitos de intraplaca; ORG = granitos de dorsal oceánica; VAG = granitos de arco volcánico; syn-COLG = gratos de colisión.

7.3. Características de las tierras raras (REE).

Las rocas de Batolito Andahuaylas Yauri presentan enriquecimiento de tierras raras ligeras (LREE), con un patrón homogéneo que se va empobreciendo progresivamente hacia los elementos más pesados (HREE). Las rocas presentan pendiente negativa con un ligero mayor enriquecimiento en LREE para las rocas más máficas (diorita y monzodiorita). Sin embargo, las rocas más diferenciadas (granodioritas, tonalitas, sienitas y monzogranitos) presentan mayor empobrecimiento de tierras raras pesadas (HREE). Otro rasgo que se distingue en el grupo de las rocas félsicas, conformadas por granodioritas, sienitas y monzogranitos, es la anomalía positiva de europio, la cual no se debería dar, dado que su composición lleva plagioclasa y feldespato potásico. Lo mismo sucede con el praseodimio. Esta falsa anomalía de Eu puede ser debida a una falta de calibración del elemento Europio en el equipo de laboratorio. A diferencia del otro grupo de tonalitas y granodioritas, la anomalía de Eu es incipiente, al contrario, presenta una anomalía negativa de Praseodimio (Figura 7.3.1).

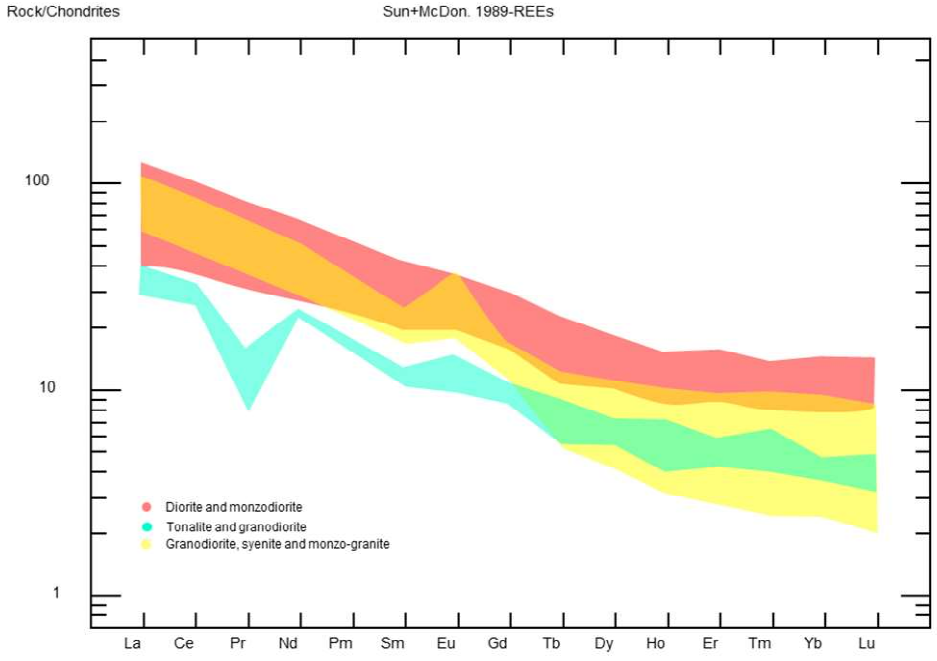


Figure 7.3.1.- Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas del Batolito Andahuaylas Yauri.

Los intrusivos de los depósitos de Trapiche, Las Bambas y Constancia presentan en común enriquecimiento de tierras raras ligeras (LREE). No obstante, las rocas de Trapiche tienen una mayor pendiente, lo cual significa una mayor diferenciación magmática que Las Bambas y Constancia. También se reconoce que los intrusivos de Constancia presentan un ligero menor empobrecimiento de tierras raras pesadas (HREE). Hay un rasgo que se reconoce como una falsa anomalía positiva de Europio, la cual no se debería esperar, ya que la composición mineralógica de estas rocas lleva plagioclasa y feldespato potásico. Este rasgo puede ser debido a una descalibración de la lectura del elemento Eu del equipo de laboratorio. (Figura 7.3.2).

Estas rocas tienen una mayor afinidad con las granodioritas, monzogranitos y sienitas del Batolito Andahuaylas-Yauri.

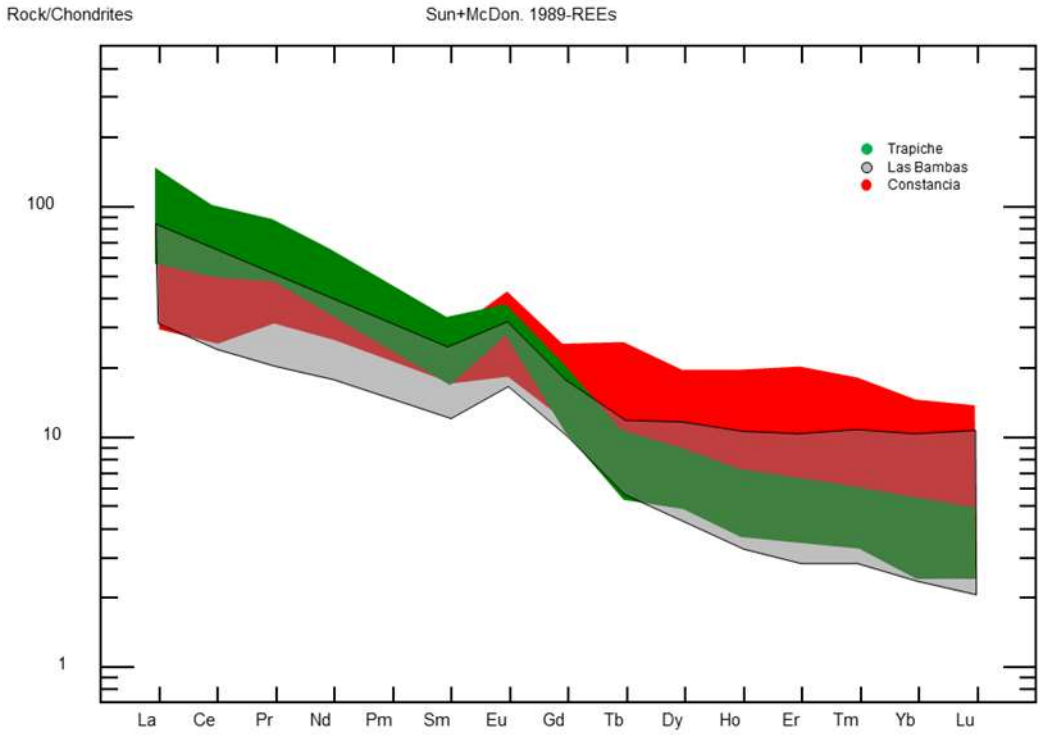


Figure 7.3.2.- Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas intrusivas de los depósitos tipo pórfido Cu-Mo Trapiche y pórfido-skarn Las Bambas y Constancia.

Los intrusivos de Cotabambas y Katanga se caracterizan por tener un enriquecimiento de tierras raras ligeras (LREE) y anomalía negativa de Praseodimio, similar a las características de las tonalitas y granodioritas del Batolito Andahuaylas-Yauri. Presentan una pendiente casi plana en la región de las tierras raras pesadas (HREE), como se ve en la Figura 7.3.3.

Los espectros geoquímicos de las dacitas y andesitas los depósitos epitermales de Ag-Au de Pallancata e Inmaculada respectivamente, presentan una pendiente negativa como los casos anteriores. La pendiente es mayor en Pallancata, mostrando una mayor diferenciación y fraccionamiento magmática a diferencia de Inmaculada (Figura 7.3.4).

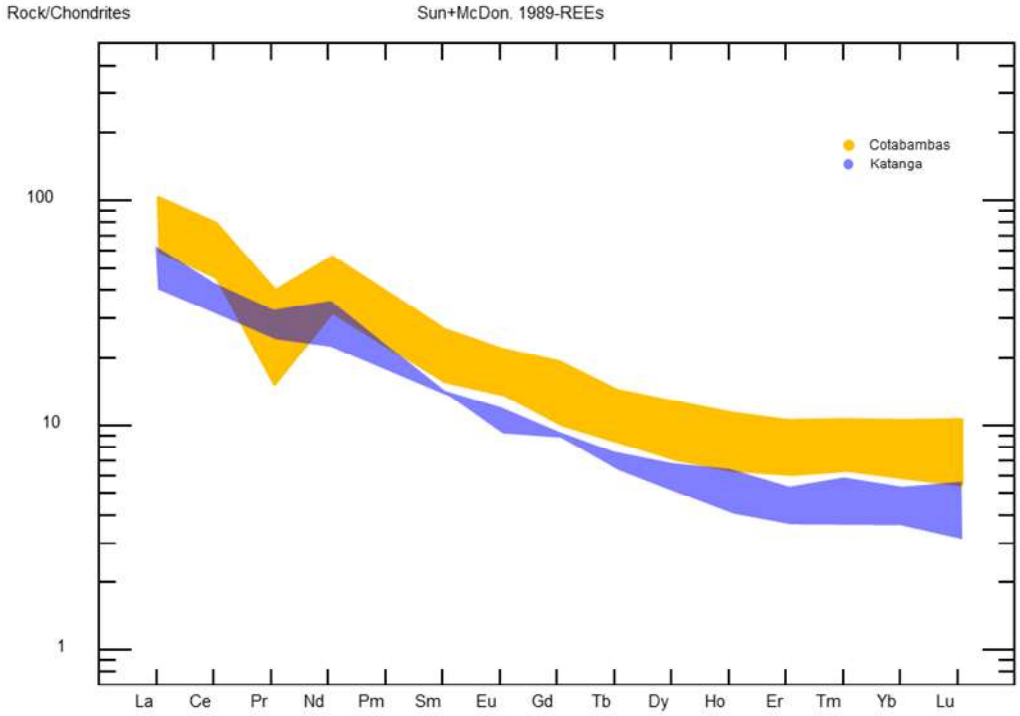


Figure 7.3.3.- Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas intrusivas de los depósitos pórfido Cu-Au Cotabambas y pórfido-skarn Cu-Au Katanga.

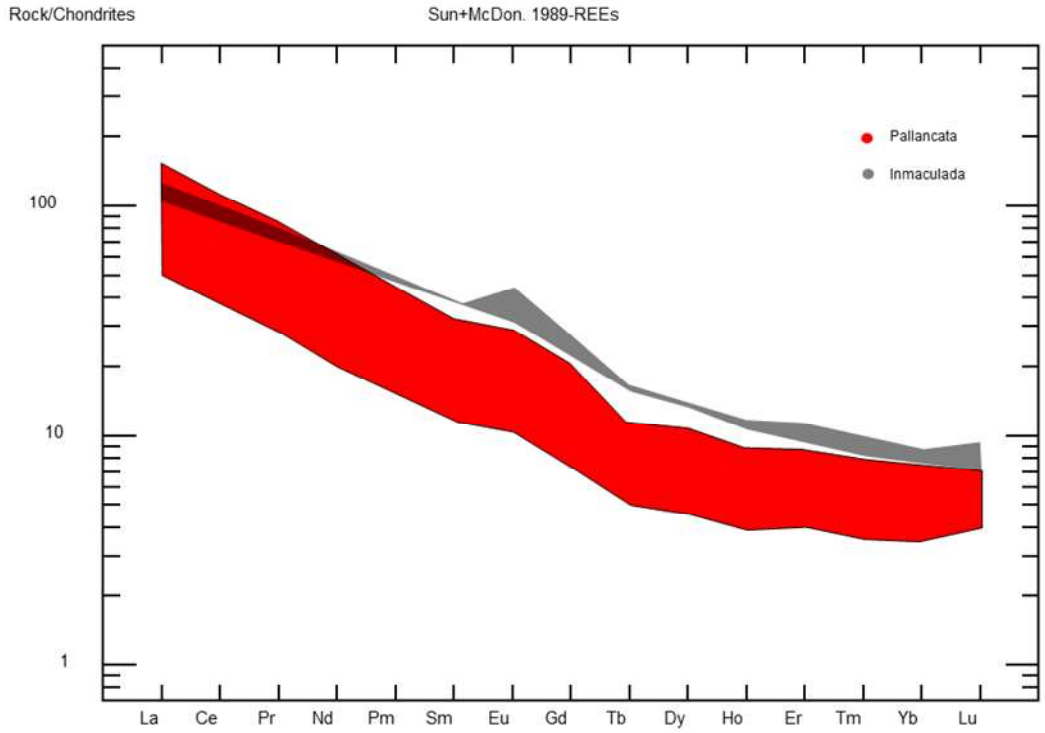


Figure 7.3.4.- Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas de los depósitos epitermales de Ag-Au de Pallancata e Inmaculada.

8. EDAD DE LAS ROCAS PRECURSORAS Y MINERALIZACIÓN Y FUENTES DE MINERALIZACIÓN DE Cu-Mo-Au EN EL BATOLITO ANDAHUAYLAS-YAURI.

8.1. Datos geocronológicos

La edad del batolito ha sido asignada por relación estratigráfica regional y datos geocronológicos (Tabla 8.1) El batolito intruye principalmente depósitos marinos y continentales Mesozoicos y Cenozoicos. Algunas edades K – Ar reportadas por Carlier et al. (1996), Carlotto (1998) y Perelló et al. (2002 - 2003), confirman una edad Eoceno medio a Oligoceno temprano (~ 48 – 32 Ma) para la mayor parte del batolito. Nuevas dataciones K-Ar en las dioritas de Utupara (NW del batolito) reportadas por Bustamante (2008) sugieren una edad mucho más antigua para el batolito (63.15 y 61.5 Ma) sin embargo estos datos deben ser corroborados con métodos más precisos como Ar-Ar. Los datos geocronológicos obtenidos por Perelló et al. (2003) apoyan la idea de Bonhomme y Carlier (1990) que sugiere que las rocas consideradas de la etapa temprana son realmente las más antiguas (48 – 43 Ma) que las rocas de composición intermedia (40 – 32 Ma, las cuales ambas dieron origen al batolito (Figura 8.1).

La edad de la alteración y mineralización en el batolito se presenta continua entre 28-33 Ma, 35-37 Ma y 40 Ma (Tabla 8.2), la cual guarda relación con la edad de las rocas más jóvenes del batolito, de composición intermedia, formadas por granodioritas, tonalitas, monzonitas y monzonitas con cuarzo.

En este estudio se dataron los yacimientos de Trapiche y Constancia. Las edades obtenidas en el Proyecto Trapiche, por el método U-Pb en zircón, fueron 29.29 ± 0.27 Ma y 29.34 ± 0.20 Ma en el pórfido monzonítico (muestra KIGAM-M-001). Mientras que el pórfido monzonítico intramineral dio una edad de 29.39 ± 0.22 Ma (muestra KIGAM-M-002). Las edades obtenidas guardan relación con las obtenidas previamente entre 28.95±05 Ma y 28.89±0.39 Ma (Llosa et al., 2013)

En la mina Constancia la edad de mineralización obtenida fue 30.73±0.2 Ma, por el método Re-Os en molibdenita. La muestra procedió de la brecha monomíctica con clastos monzoníticos subredondeados a subangulosos y matriz rellena de molibdenita (KIGAM-135), la cual está en contacto con el pórfido monzonítico intramineral.

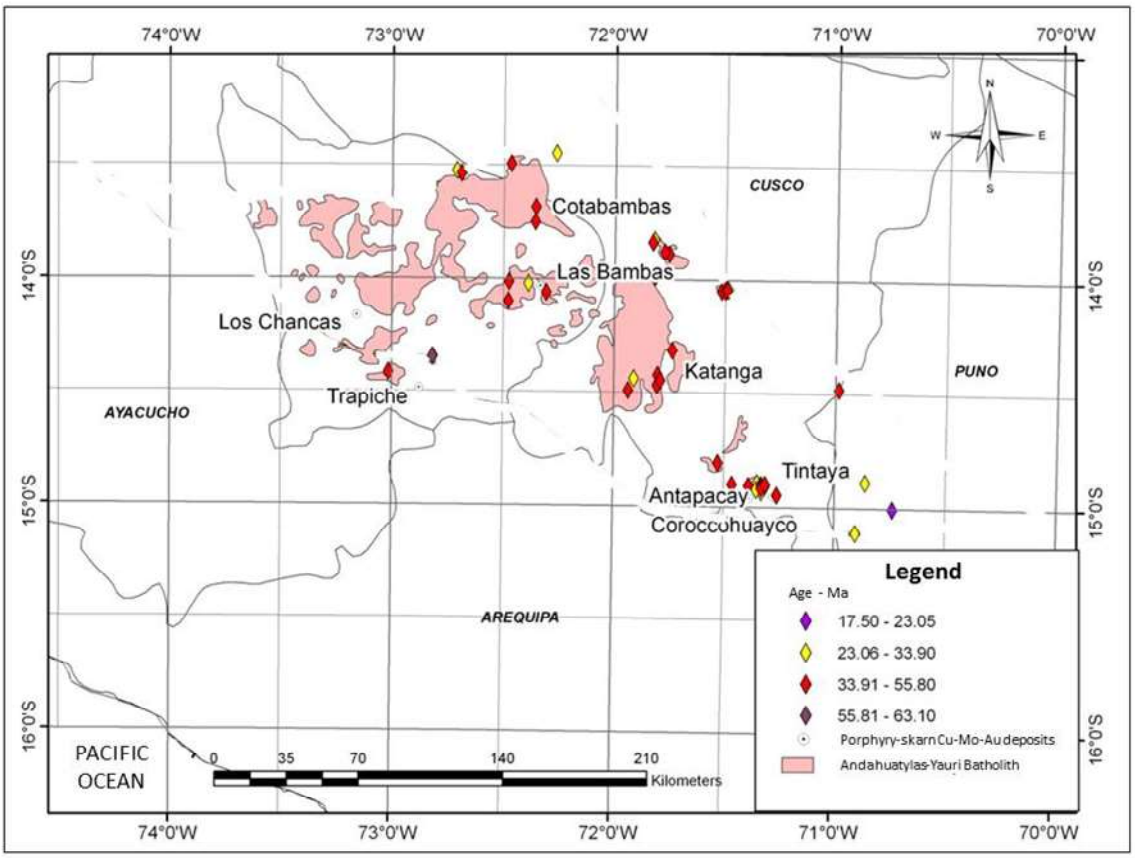


Figura 8.1.- Mapa de ubicación de muestras con edades de rocas y mineralización en el del Batolito Andahuaylas – Yauri.

8.2. Interpretación de datos isotópicos de plomo

Para el estudio isotópico del Pb, se tomaron en total 4 muestras (Tabla 8.3). Las muestras procedieron de taladros de perforación y afloramientos del pórfido Cu-Mo Trapiche y del pórfido-skarn Cu-Mo-Au Constancia y fueron preparadas según el procedimiento descrito en la sección 1.4.2. Para el caso de Trapiche,

se tomaron 2 muestras de taladros del pórfido cuarzo monzonita (PQM), donde a partir de venillas de cuarzo-sulfuros, se separaron pirita (KIGAM-M-016) y pirita-calcopirita (KIGAM-M-018C). La tercera muestra corresponde a un afloramiento de pórfido cuarzo dacita (PQD) con pirita diseminada, evento posterior al PQM. En Constancia, se tomó una muestra de pirita (KIGAM-M-038) de un afloramiento de una diorita argilizada con pirita y calcopirita (también en venillas menores que 1 mm). La diorita pertenece al evento precursor del depósito.

Tabla 8.1. Edades de roca de diversas fases intrusivas del Batolito Andahuaylas – Yauri (Perelló, 2003)

MUESTRA	Longitud	Latitud	Método	Material	Tipo de roca	Edad_Ma	Error_Ma (±)
86 MB 355	-71.386	-14.907	K-Ar	plagioclasa	Diorita	36.20	1.00
KAC36	-71.801	-14.425	K-Ar	anfibol	Dacita	36.30	5.70
86 MB 357	-71.329	-14.919	K/Ar	hornblenda	Dacita	36.30	2.80
86 MB 367	-71.311	-14.901	K-Ar	plagioclasa		36.40	0.80
86 MB 354	-71.386	-14.907	K-Ar	roca total		36.60	1.00
EA114	-71.517	-14.050	K-Ar	roca total	Monzogabro	37.00	1.50
EA-114	-71.500	-14.050	K-Ar	roca total	Monzogranito	37.00	1.50
KAC17	-71.801	-14.425	K-Ar	plagioclasa	Dacita	37.70	1.00
KAC5	-71.802	-14.469	K-Ar	Biotita	Granodiorita	37.90	1.20
12	-71.803	-14.469	K-Ar	Biotita	Granodiorita	37.90	1.20
CHALCOKAR 02	-72.306	-14.060	K-Ar	anfibol	Intrusivo	37.90	1.40
CO03	-71.525	-14.808	K-Ar	feldespato	Granodiorita	38.20	1.00
86 MB 367	-71.311	-14.901	K-Ar	roca total		38.50	0.90
PROGKAR 02	-72.474	-14.015	K-Ar	anfibol	Intrusivo	39.70	1.90
COTKAR 02	-72.354	-13.686	K-Ar	anfibol	Diorita	39.80	1.50
LIVIKAR 02	-71.736	-14.316	K-Ar	Biotita	Intrusivo	40.30	1.00
380	-71.789	-14.449	K-Ar	roca total	Hornblendita	43.10	0.00
COTKAR 01	-72.356	-13.751	K-Ar	Biotita	Diorita	43.20	1.10
LIMA1	-72.466	-13.495	K-Ar	anfibol	Granodiorita	43.30	1.90
CM34	-71.490	-14.045	K-Ar	plagioclasa	Monzogabro	43.70	1.10
AC13	-71.816	-13.988	K-Ar	plagioclasa	Tonalita	44.60	1.10
COP5	-71.258	-14.948	K-Ar	hornblenda	Diorita	45.30	6.20
380	-71.789	-14.449	K-Ar	plagioclasa	Hornblendita	47.90	2.40
PA17	-71.827	-13.838	K-Ar	plagioclasa	Gabro	48.50	5.30
1	-70.983	-14.483	K-Ar	roca total	Granito	52.70	2.00
380	-71.789	-14.449	K-Ar	roca total	Hornblendita	54.60	1.90
UTU-006	-72.814	-14.349	K-Ar	Biotita	Diorita	63.10	2.40
UTU-015	-72.815	-14.351	K-Ar	Biotita	Diorita	61.50	2.50
Kigam-2010-010	-72.356	-13.731	Ar-Ar	Biotita	Alteración Potásica	35.9	0.4
Kigam-2010-020	-72.364	-13.746	Ar-Ar	Biotita	Alteración Potásica	35.3	0.7

Tabla 8.2.- Edades de mineralización de principales yacimientos del Batolito Andahuaylas – Yauri (Perelló, 2003)

Deposito o Prospecto (Cluster)	Mineral	K(%)	Ar Radiogénico (nl/g)	Ar (%)	Edad	+-2a
Chilcaccasa (Morosayhuas)	Sericita[2]	7,537	10,410	6	35.2	0.9
Ccalla (Cotabambas)	Biotita secundaria	7,393	10,375	10	35.7	0.9
Monte Rojo (Katanga)	Biotita secundaria[1]	6,373	7,916	17	31.7	0.8
San José (Katanga)	Anfibol[2]	0.753	0.982	68	33.2	1.9
Pit Katanga (Katanga)	Anfibol[2]	1,068	1,231	31	29.4	1
Ferrobamba (Las Bambas)	Biotita secundaria[1]	6,465	9,271	18	36.5	1
Chalcobamba (Las Bambas)	Biotita secundaria[1]	6,434	9,002	13	35.6	0.9
Sulfobamba	Biotita secundaria[1]	5,176	7,146	7	35.2	0.9
Chaccaro	Anfibol[2]	0.743	0.985	38	33.8	1.2
Los Chancas	Biotita secundaria[2]	7,664	9,608	23	32	0.8
Alicia	Biotita secundaria	7,162	10,392	11	36.9	0.9
Portada	Biotita secundaria[1]	6,742	9,515	21	35.9	0.9
Winicocha	Roca total (Sericita[2])	5,055	5,692	29	28.7	0.8
Lahuani	Biotita secundaria	7,442	10,482	19	35.9	0.9
Trapiche	Biotita secundaria	7,374	8,747	27	30.3	0.8
Peña Alta	Biotita secundaria	7,557	11,743	21	39.5	1.1
Panchita	Biotita secundaria	7,328	10,367	30	36	1
Cristo de los Andes	Biotita	6,737	9,810	25	37.1	1

1:Some degree of alteration to chlorite present.
2:Mid-to late-mineral porphyry phase or hydrothermal alteration event

Tabla 8.3.- Resultados análisis de isótopos de Pb de muestras de sulfuros procedentes de Utupara, Cotabambas, Trapiche y Constancia.

Muestra	LONG	LAT	Mineral	206Pb/ 204Pb	Error %	207Pb/ 204Pb	Error %	208Pb/ 204Pb	Error %	Autor
UTU-001	-72.816	-14.352	Pirita	18.596	0.041	15.629	0.044	38.661	0.044	Bustamante., 2008
UTU-002	-72.802	-14.349	Pirita	18.645	0.007	15.652	0.01	38.76	0.01	Bustamante., 2008
UTU-003	-72.815	-14.354	Pirita	18.641	0.02	15.654	0.019	38.732	0.023	Bustamante., 2008
UTU-004	-72.815	-14.349	Pirita	18.675	1.055	15.729	1.061	38.963	1.065	Bustamante., 2008
UTU-005	-72.815	-14.354	Pirita	18.703	0.009	15.662	0.009	38.79	0.009	Bustamante., 2008
UTU-013	-72.833	-14.366	Pirita	18.492	0.007	15.633	0.006	38.595	0.007	Bustamante., 2008
UTU-012	-72.815	-14.349	Diorita	18.848	0.008	15.649	0.008	38.941	0.008	Bustamante., 2008
UTU-016	-72.815	-14.351	Diorita	18.755	0.007	15.638	0.008	38.839	0.008	Bustamante., 2008
KIGAM-2010-023	-72.357	-13.732	Pirita	18.535	0.012	15.577	0.012	38.442	0.01	Rivera et al., 2011
KIGAM-2010-004	-72.367	-13.722	Pirita	18.559	0.016	15.604	0.015	38.522	0.015	Rivera et al., 2011
KIGAM-M-013	-72.878	-14.502	Pirita	18.77	1.06	15.77	1.01	38.91	1.02	Este estudio
KIGAM-M-016	-72.871	-14.501	Pirita	18.65	1.13	15.75	1.09	38.81	1.11	Este estudio
KIGAM-M-018C	-72.871	-14.501	Pirita-calcopirita	18.82	0.94	15.85	0.84	39.2	0.87	Este estudio
KIGAM-M-038	-71.76	-14.507	Pirita	18.83	0.69	15.79	0.74	38.92	0.74	Este estudio

8.2.1. Análisis de los diagramas $^{207}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$ y $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$

Para establecer la fuente de los metales (corteza, superior, corteza inferior, manto u orógeno), a partir de los análisis isotópicos de plomo se determinaron las relaciones isotópicas $^{208}Pb/^{204}Pb$, $^{207}Pb/^{204}Pb$ y $^{206}Pb/^{204}Pb$. Tomando como referencia la curva de evolución isotópica de Pb establecida para el modelo plumbotectónico uranogénico de Stacey & Krammers (1975), se plotearon las relaciones isotópicas $^{207}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$. De la misma manera, se plotearon las relaciones $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$ en las curvas de evolución isotópica del Pb para el modelo plumbotectónico toriogénico de Zartman & Doe (1981).

En el modelo plumbotectónico uranogénico de Stacey & Krammers, con cocientes isotópicos $^{207}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$, se puede notar que hay dos grupos de muestras. El primero, (muestras de Trapiche, Constancia y una de Utupara) se ubica por encima de la curva de la corteza superior, lo cual sugiere que la fuente de la mineralización de estos depósitos se encuentra en la corteza superior.

Lo contrario sucede en Cotabambas y Utupara, donde el segundo grupo de muestras se encuentran entre las curvas de mezcla orogénica y la corteza superior (a excepción de la muestra de mena UTU-004), lo que sugiere que la principal fuente son rocas de la corteza superior. Sin embargo, no se puede descartar una contaminación de la corteza inferior o del manto. Dado que las muestras de sulfuros de Utupara siguen la misma tendencia de la curva de evolución isotópica de Pb de las rocas intrusivas encajantes (dioritas), se puede aceptar a las dioritas (UTU-012 y UTU-016) como la fuente principal de mineralización en Utupara (Figura 8.2).

El diagrama con relaciones $^{208}Pb/^{204}Pb$ vs $^{206}Pb/^{204}Pb$ Pb establecido para el modelo Toriogénico sirve para discriminar fuentes de mineralización entre

la corteza inferior, superior o el manto. En este caso, nuestro interés esta in discriminar entre la corteza inferior y el manto. En la Figura 8.3 se puede ver que las muestras caen en el campo entre la curvas de mezcla orogénica y de la corteza inferior. Por consiguiente, la mineralización proviene de una mezcla donde su segundo componente es la corteza inferior.

En conclusión, se puede establecer que la mineralización Cu-Mo-Au (Trapiche y Constancia) proviene de una fuente de corteza superior, mientras que la mineralización Cu-Au (Utupara y Cotabambas) provienen de una fuente producto de una mezcla entre la corteza superior y en menor participación de la corteza inferior.

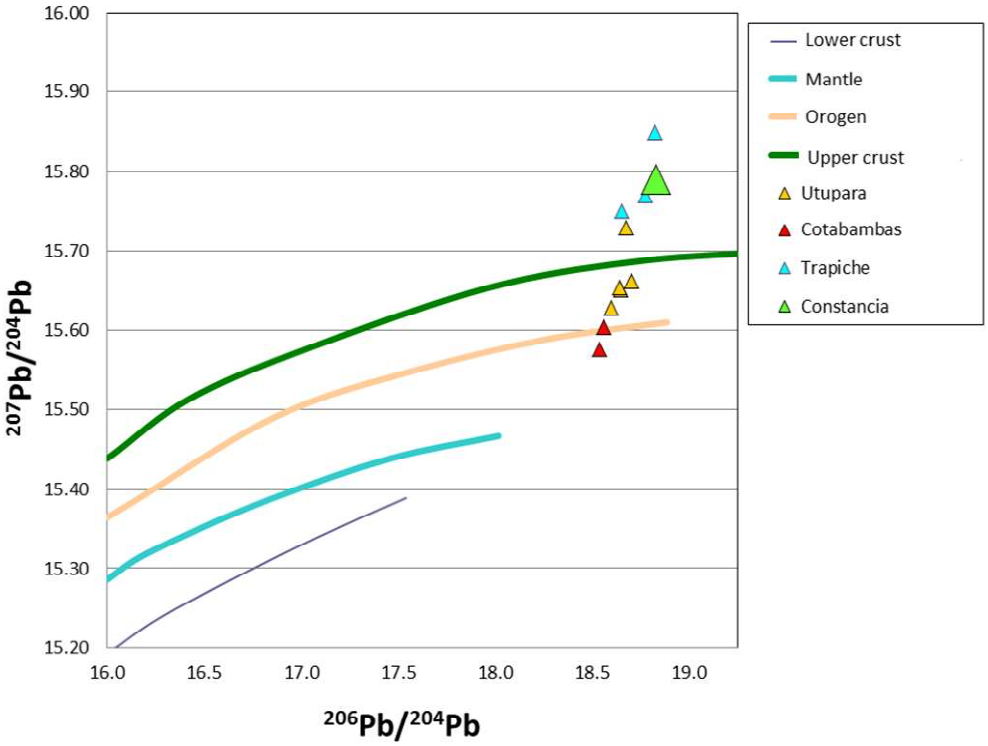


Figure 8.2.- Diagrama de ^{207}Pb / ^{204}Pb vs ^{206}Pb / ^{204}Pb para sulfuros de Utupara, Cotabambas, Trapiche y Constancia en el Batolito Andahuaylas-Yauri.

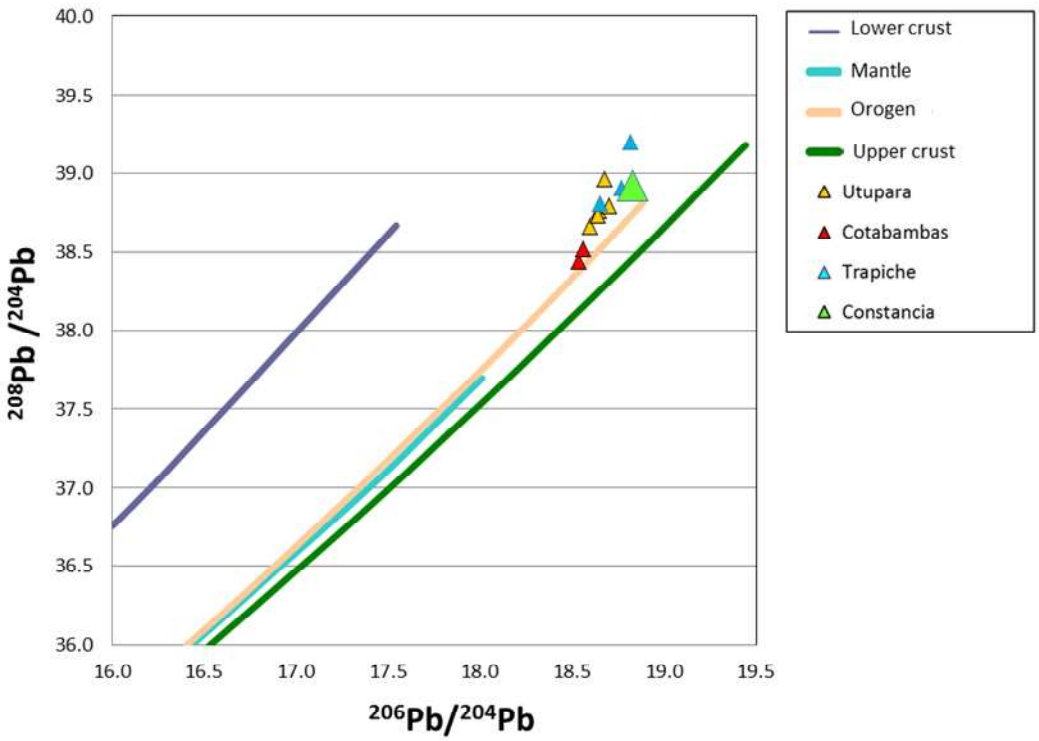


Figure 8.3.- Diagrama de ^{208}Pb / ^{204}Pb vs ^{206}Pb / ^{204}Pb para sulfuros de Utupara, Cotabambas, Trapiche y Constancia en el Batolito Andahuaylas-Yauri.

8.3. Interpretación de datos isotópicos de estroncio

Los estudios isotópicos de Rb-Sr se llevaron a cabo en muestras con alteración hidrotermal, procedentes de taladros de perforación del Proyecto Cotabambas, enfocados en la alteración fílica, con el propósito de obtener sericita y clorita de 8 muestras. Adicionalmente se consideró en el estudio dos muestras de rocas precursoras de Utupara (Bustamante, 2008) como se muestra en la Tabla 8.4.

A partir de los resultados de Rb^{87}/Sr^{86} y Sr^{87}/Sr^{86} se calculó se calculó la relación inicial de Sr $(Sr^{87}/Sr^{86})i$ considerando una edad de mineralización del batolito de Andahuaylas de 40 Ma (Perelló et al., 2003) para las muestras de Utupara (Bustamante, 2008) y de 35.6 Ma (Rivera et al., 2010) para las muestras de los depósitos de Cotabambas (Azulccacca, Ccalla, Huaclle y Carayaca), obteniéndose la relación inicial de Sr $(Sr^{87}/Sr^{86})i$ que se muestra en la Tabla 8.5.

Para calcular la relación inicial de Sr inicial se utilizó el modelo $(Sr^{87}/Sr^{86})i = Sr^{87}/Sr^{86} - Rb^{87}/Sr^{86} \times (e^{\lambda Rb \times t} - 1)$ la de la siguiente manera (White, W., 2005 y Dickin, A., 2002) :

Para la muestra de Utupara UTU-007

$\lambda_{Rb} = 1.42 \times 10^{-11}$años^{-1}, $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.706526$, $Rb^{87}/Sr^{86} = 0.499$; t = 40Ma.

$(Sr^{87}/Sr^{86})i = Sr^{87}/Sr^{86} - Rb^{87}/Sr^{86} * (e^{\lambda_{Rb} \times t} - 1)$

$(Sr^{87}/Sr^{86})i = (0.706526 - 0.499) \times (e^{0.0000142 \times 40} - 1)$

$(Sr^{87}/Sr^{86})i = 0.70625$

Para la muestra de Azullccacca de Cotabambas KIGAM-2010-011

$\lambda_{Rb} = 1.42 \times 10^{-11}$años^{-1}, $Sr^{87}/Sr^{86} = 0.70528$, $Rb^{87}/Sr^{86} = 0.7952$; t = 35.6 Ma.

$(Sr^{87}/Sr^{86})i = Sr^{87}/Sr^{86} - Rb^{87}/Sr^{86} * (e^{\lambda_{Rb} \times t} - 1)$

$(Sr^{87}/Sr^{86})i = (0.70528 - 0.7952) \times (e^{0.0000142 \times 35.6} - 1)$

$(Sr^{87}/Sr^{86})i = 0.70488$

De la misma manera se procedió con las demás muestras de Ccalla, Huaclle y Ccarayoc (Tabla 8.4). Al final, el promedio de las 8 muestras de Cotabambas dio un promedio $(Sr^{87}/Sr^{86})i$ de 0.7052 (Tabla 8.5).

Tabla 8.4. Resultados de Rb^{87}/Sr^{86} y análisis de Sr^{87}/Sr^{86} de muestras de Utupara y Cotabambas.

No. Campo	Depósito mineral	Material	Rb (ppm)	Sr (ppm)	Rb^{87}/Sr^{86} (X)	Sr^{87}/Sr^{86} (Y)	T(Ma) $\lambda = 1.42x10^{-11}$ años^{-1}	$(Sr^{87}/Sr^{86})i$	Autor
UTU-007 D84	Utupara	Diorita	57.3	332.4	0.499	0.706526	40	0.70625	Bustamante, 2008
UTU-008 D84	Utupara	Diorita	164.43	1116.29	0.4262	0.70585	40	0.70561	Bustamante, 2008
KIGAM-2010-011	Azullccacca	Clorita	211.5	769.4	0.7952	0.70528	35.6	0.70488	Este estudio
KIGAM-2010-012	Azullccacca	Sericita	248.5	644.7	1.1150	0.70562	35.6	0.70506	Este estudio
KIGAM-2010-016	Ccalla	cuarzo	218.2	694.7	0.9087	0.70527	35.6	0.70481	Este estudio
KIGAM-2010-017	Ccalla	Sericita	192.6	3132.5	0.1779	0.70505	35.6	0.70496	Este estudio
KIGAM-2010-003	Huaclle	Clorita	245.6	2254.8	0.3151	0.70524	35.6	0.70508	Este estudio
KIGAM-2010-002	Huaclle	Sericita	55.2	913.2	0.1747	0.70707	35.6	0.70698	Este estudio
KIGAM-2010-008	Ccarayoc	Clorita	184.2	2154.6	0.2472	0.70521	35.6	0.70509	Este estudio
KIGAM-2010-007	Ccarayoc	Sericita	257.0	687.9	1.0808	0.70592	35.6	0.70537	Este estudio

Tabla 8.5. Resultados del cociente Sr^{87}/Sr^{86}.

Depósito mineral	$(^{87}Sr/^{86}Sr)i$	Toneladas métricas finas	Tamaño (Clark, 1993)	Autor
Chuquicamata	0.7044	43,000,000	Hipergigante	Tassinari, 2006
La Escondida	0.7040	22,500,000	Supergiante	Tassinari, 2006
El Abra	0.7043	10,000,000	Gigante	Tassinari, 2006
El Salvador	0.7040	5,700,000	Gigante	Tassinari, 2006
Cotabambas	0.7052	698,900	Gigante	Rivera et al., 2011
Ticnamar	0.7064	200,000	Mediano	Tassinari, 2006
Queen Elizabeth	0.7061	100,000	Pequeño	Tassinari, 2006
Copaquire	0.7058	100,000	Pequeño	Tassinari, 2006
Ataspaca	0.7082	50,000	Pequeño	Tassinari, 2006
Utupara	0.7059	No determinado	Pequeño	Bustamante, 2008

La relación de isótopos de estroncio Sri, se ha utilizado anteriormente para conocer el origen de las rocas y los procesos geológicos a la que estuvieron involucradas. Sin embargo, en la exploración ha venido siendo aplicada para estudiar el potencial de los pórfidos de cobre (Munizaga en Tassinari, 2006).

De esta manera, podemos hacer dos tipos de análisis a partir de los resultados de estroncio inicial (Sri):

El primero se refiere a la fuente de la mineralización. La corteza superior tiene valores de Sri mayores que 0.707, mientras que la corteza inferior entre 0.706 y 0.704. Los valores promedio de Sri determinados en Utupara y Cotabambas fueron 0.705 y 0.706 respectivamente (Tabla 8.5). Por consiguiente, la fuente de la mineralización proviene de la corteza inferior.

En segundo lugar, si realizamos una relación del Sri con el contenido fino metálico del yacimiento y lo comparamos con otros podremos determinar el potencial del depósito (Tabla 8.5).

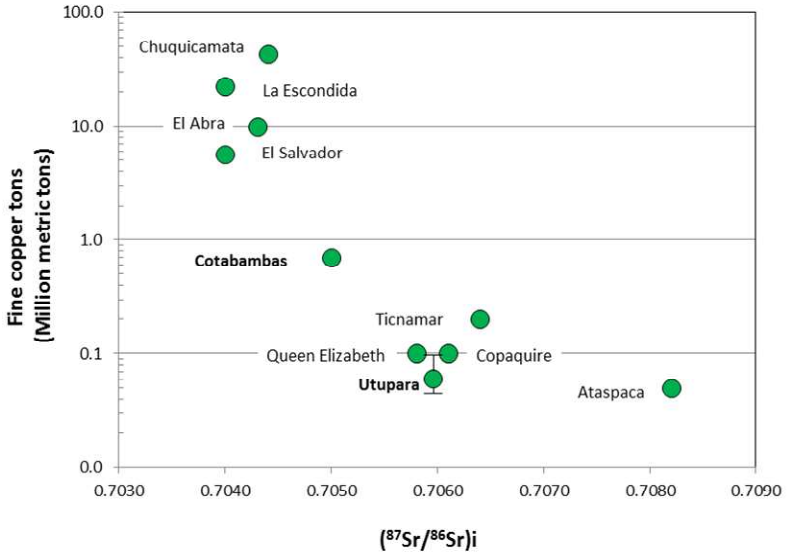


Figure 8.4.- Relación del ($^{87}Sr/^{86}Sr)_i$ con el contenido fino de cobre en yacimientos tipo pórfido de cobre del Sur del Perú y norte de Chile.

En efecto, en la Figura Tabla 8.4 podemos notar que existe una relación inversa entre la relación Sri y el contenido de cobre fino en de los pórfidos de cobre. Se puede ver que Chuquicamata y la Escondida, clasificados como depósitos supergigantes e hipergigantes, tienen los mayores contenidos de cobre (> 20 millones de toneladas finas) y menores cocientes de Sri (0.7044-0.7040). Lo contrario sucede con los yacimientos pequeños como Ataspaca, Copaquire y Queen Elizabeth, los cuales tienen los mayores cocientes de Sri (0.7082-0.7061).

En Cotabambas se ha calculado un Sri de 0.7052, el cual es menor que aquellos encontrados en los pórfidos pequeños (0.7082-0.7061). Por lo tanto, a pesar que Cotabambas se clasifica como un depósito grande, se puede estimar que tiene potencial para convertirse en un depósito gigante (3 – 10 millones de toneladas finas de cobre).

En Utupara aún no se han determinado recursos metálicos, y su Sri promedio es de 0.7059, similar al de Copaquire (0.7058), por lo cual se puede estimar un potencial 100 mil toneladas de cobre fino (Figura 8.4).

CONCLUSIONES

El Batolito de Andahuaylas - Yauri presenta zonas de interés metalogenético preferentemente para la exploración de pórfidos-skarn de oro y cobre.

La edad del emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri comprende un pulso magmático temprano formado por rocas máficas de 48 a 43 Ma y otro de rocas de composición intermedias de 40 a 32 Ma.

Las edades de alteración-mineralización ocurren continuamente entre 28-33 Ma, 35-37 Ma y 40 Ma. En efecto, en Trapiche la edades de U-Pb en zircón dan ~ 29 Ma en los pórfidos monzoníticos que incluye el intramineral. En Constancia la edad de mineralización es ~ 31 Ma, obtenida por Re-Os en molibdenita de la matriz de la brecha que está en contacto con el pórfido monzonítico intramineral.

La franja metalogenética del Eoceno-Oligoceno, ha producido más de 2 millones de toneladas de cobre fino y alberga reservas y recursos de 85 millones de toneladas de cobre fino, 17 Moz de oro y 407 millones de onzas de plata.

El marco estructural en la región de Apurímac es complejo y dominado por un ambiente tectónico transpresivo, influenciado por la deflexión de Abancay. Se determinaron cinco eventos estructurales. El primero y segundo evento son los principales, los cuales forman intersección de fallas NO-SE y NEE-SOO relacionadas con el cluster de Cotabambas (Pórfido de Cu-Au) y Aucapampa (skarn de Cu). Las estructuras del quinto evento NNO-SSE están relacionadas con la mineralización de Trapiche, Antillas, Los Chancas.

Se calcularon los valores de fondo y umbrales para el Au, Ag, Cu y Mo de datos geoquímicos de sedimentos de quebrada del Batolito Andahuaylas-Yauri. El valor de fondo y umbral para el de oro fueron 14.59 y 36.89 ppb, para la plata 0.25 y 0.6 ppm, para el cobre 25,17 y 98,25 ppm y finalmente para el molibdeno 1,95 y 7,55 ppm, respectivamente.

Las áreas con anomalías geoquímicas Au-Cu presentan una tendencia NEE-SOO y se relacionan con las rocas intrusivas del Eoceno-Oligoceno.

Se reconoció dos posibles *targets*: el primero está entre Los Chancas, Antilla y Aucapampa con anomalías geoquímicas Au-Cu-Mo. El segundo se encuentra al sur de La Yegua y al este de Los Chancas y tiene anomalías geoquímicas de Au-Ag-Cu-Mo. Ambas zonas se encuentran en el área con potencial de pórfidos donde las fallas tienen una dirección NNO-SSE y están relacionadas con los depósitos Cu-Mo-Au como Los Chancas, Antilla, Lahuani y Trapiche.

Los estudios petrográficos mostraron cinco facies de intrusivos de grano grueso caracterizados como diorita, tonalita, granodiorita, monzonita y monzogranito. También se identificaron tres facies porfiríticas formadas por monzonita, dacita y andesita. Localmente la granodiorita y tonalita mostraron "ojos de cuarzo" que dan una textura porfirítica.

Los estudios mineragráficos mostraron minerales diseminados de pirita, calcopirita, magnetita y hematita. La magnetita es común en facies máficas, mientras la calcopirita y pirita las félsicas.

A partir de la geoquímica las rocas fueron clasificadas como diorita, monzodiorita, tonalita, monzonita, granodiorita, sienita y monzogranito. Solo algunas fueron gabro y sienogranito. Esta clasificación mostró algunas diferencias con la petrografía, debido al enriquecimiento en álcalis por la alteración potásica incipiente o albitización en las plagioclasas o feldespatos.

Las rocas del Batolito Andahuaylas-Yauri y depósitos minerales presentan un índice de saturación de alúmina entre 0.8 a 1.9 que corresponden a un ambiente metaluminoso y peraluminoso, los cuales se relacionan con granitos Tipo I y Tipo S.

El magmatismo en el Batolito Andahuaylas-Yauri es calco-alcalino y sub-alcalino, con contenido medio a alto de K. Estas características son típicas de los márgenes de convergencia activos con tendencia de FeO* a álcalis y se

interpreta como un ambiente profundo con diferenciación magmática de rocas máficas a félsicas, posiblemente relacionado con un magmatismo oxidado más que uno reducido. La variación de K y SiO_2 se interpreta como diferentes tasas de contaminación cortical y diferenciación magmática.

Los procesos de evolución y diferenciación magmática se determinaron con los cocientes K/Rb vs SiO_2, que muestran una evolución de facies intrusivas desde magmas no evolucionados a muy evolucionados. La correlación, Rb/Sr y SiO_2 fue positiva, mostrando la evolución de rocas precursoras a través de procesos de diferenciación y cristalización fraccionada.

El ambiente tectónico de las facies intrusivas fue determinada por la variación de Rb vs (Y+Nb), donde gran parte de las muestras de los depósitos minerales y del Batolito Andahuaylas-Yauri provienen de un arco volcánico continental (VAG). Las rocas de este ambiente son granodioritas y tonalitas de Tipo I, se caracterizan por ser metaluminosas, calco-alcalinas y tienen anfíbol, piroxeno y biotita como minerales ferromagnesianos. Solo algunas muestras (Trapiche, Constancia y uno de los Batolito Andahuaylas-Yauri) provienen de un ambiente de colisión (syn-COLG), vinculada a procesos de espesamiento cortical por procesos tectónicos que provocan temperaturas suficientemente altas para producir fusión parcial. Este ambiente es favorable para la formación de granitos Tipo I y Tipo S.

Las rocas del Batolito Andahuaylas Yauri tienen enriquecimiento en LREE y empobrecimiento en HREE. Las rocas máficas tienen una ligera pendiente negativa con mayor enriquecimiento en LREE y las rocas más diferenciadas tienen mayor empobrecimiento en HREE.

Las rocas intrusivas de Trapiche, Las Bambas y Constancia tienen en común enriquecimiento en LREE, así como Cotabambas y Katanga.

Los espectros geoquímica de REE de los depósitos epitermales de Ag-Au de Pallancata e Inmaculada, muestran una pendiente negativa, pero es más

pronunciada en Pallancata, lo que significa una mayor diferenciación magmática y cristalización fraccionada que en Inmaculada.

A partir de la susceptibilidad magnética las facies de granito en el Batolito Andahuaylas-Yauri se clasificaron en ferromagnética (promedio ~ $9x10^{-3}$ SI) y paramagnética (promedio de 0,2 a 4,6 $x10^{-3}$ SI).

La mineralización Cu-Au en el pórfido-skarn Las Bambas están relacionados con intrusivos ferromagnéticos (susceptibilidad magnética media entre 8.6 a $57x10^{-3}$ SI). Los minerales opacos y ferromagnesianos están formados por calcopirita, magnetita, +/- pirita, biotita y anfíbol.

Los intrusivos del pórfido-skarn de Cu-Mo-Au Constancia muestran características ferromagnéticas (susceptibilidad magnética media 14.5-18.5 $x10^{-3}$ SI) y paramagnéticas (susceptibilidad magnética media 0.5-1.4 $x10^{-3}$ SI). Todas las facies de granito contienen magnetita-hematita con calcopirita y pirita. Los minerales ferromagnesianos como biotita y anfíbol prevalecen sobre esfena.

El pórfido de Cu-Mo Trapiche presenta rocas intrusivas con características paramagnéticas (susceptibilidad magnética media 0.03-1.7 $x10^{-3}$ SI). No se reconoce magnetita en las facies de granito, en su lugar hay biotita alterada por sericita y arcillas junto con mineralización de pirita-calcopirita reemplazada por calcosina y covelita.

Los resultados de los isótopos de Pb mostraron que la mineralización de Cu-Mo-Au en Trapiche y Constancia proviene de la corteza superior, mientras que la mineralización de Cu-Au en Utupara y Cotabambas deriva de una mezcla de la corteza superior y la corteza inferior en menor proporción. Las relaciones iniciales de Sr confirmaron los resultados de los isótopos de Pb de Utupara y Cotabambas, una fuente de mineralización de la corteza inferior.

De acuerdo con los estudios de isótopos de Sr inicial, indican que el potencial minero en la región Apurímac varía de pórfidos de tamaño pequeño a grande (<100,000 toneladas finas de cobre). En efecto, la relación entre el cociente de

Sr inicial y el contenido de metal fino de los yacimientos minerales de mineral es inversa. Por consiguiente, los depósitos supergigantes e hipergigantes como Chuquicamata y Escondida en Chile tienen relaciones más bajas de Sr inicial (0.7044 a 0.7040) y los depósitos grandes y pequeños como Cotabambas y Utupara tienen valores relativamente mayores como 0.7052 y 0.0758 respectivamente.

AGRADECIMIENTOS

La Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del INGEMMET agradece la participación de Moises Ortega en la etapa de campo de reconocimiento de depósitos minerales y recolección de muestras, así como en la elaboración de mapas y preparación de informes de geología económica. De igual manera, el agradecimiento va para Cynthia Yauri y Braulio Zorrilla por su apoyo en la etapa de gabinete para la selección de muestras para análisis geoquímicos y separación de minerales que sirvieron para hacer estudios especiales como dataciones y análisis isotópicos de plomo.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villarreal, E., Paico, D., y Santisteban, A. (2009).. Memoria del Mapa metalogenético del Perú. 17p

Acosta, J., Santisteban1, A., Huanacuni, D., Valencia, M., Villarreal, E., Chul-Ho Heo, Bum Han Lee and Hyeong-Tae Nam. 2015b. Silver in Peru: Present Status and Future Challenge. Econ. Environ. Geol., 48(2), 169-175, 2015

http://dx.doi.org/10.9719/EEG.2015.48.2.169

Acosta, J., Santisteban1, A., Huanacuni, D., Valencia, M., Villarreal, E., Chul-Ho Heo, Bum Han Lee and Hyeong-Tae Nam. 2015a. Gold in Peru: Present Status and Future Challenge. Econ. Environ. Geol., 48(2), 161-168, 2015

http://dx.doi.org/10.9719/EEG.2015.48.2.161

Acosta, J. 2014a. Pasado presente y futuro de la producción de oro en el Perú. Revista Horizonte Minero. Edición 97. Julio 2014. Pags 66-70.

Acosta, J. 2014b. Plata: Antecedentes y proyecciones hasta el 2025. Revista Horizonte Minero. Edición 98. Setiembre 2014. Pags 18-24.

Acosta, J. 2014c. Perspectivas de la dotación de cobre en el Perú dentro de 10 años. Revista Horizonte Minero. Edición 100. Noviembre 2014. Pags 42-50

Acosta, J. Bustamante, A., Cardozo, M. Chul-Ho Heo and Eui-Jun Kim. 2013. Copper in Peru: Present Status and Future Challenge. Econ. Environ. Geol., 46(6), 561-568, 2013.

http://dx.doi.org/10.9719/EEG.2013.46.6.561

Acosta, J., Rodriguez, I., Villarreal, E., Huanacuni, D. (2011) Memoria sobre la geología económica de la región Apurimac; Programa de metalogenia, INGEMMET.

Acosta, J., Quispe, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodriguez, I., Villarreal, E., Paico, D. and Santisteban, A. (2010) Mapa metalogenético del Perú. En; Geología Económica y Metalogenia del Perú, Estudios de Geología Económica, Serie B. En persona.

Bellido, E., Girard, D. and Paredes, J., (1972) Mapa Metalogenético del Perú. En: Servicio de Geología y Minería, escala 1:2,500,000.

Blevin, P. 2003. Metallogeny of Granitic Rocks. The Ishihara Symposium: Granites and Associated Metallogenesis. pp 1-4.

Bonhomme, M. & Carlier, G. (1990) - Relation entre magmatismo et mineralisations dans le batholite d´Andahuaylas – Yauri (Sud Perou): donnees geochronologiques. En :

Symposium international Geodinamique Andine, France, 1990. *Résumenés des Communications*. Paris : Editions de I´ORSTOM, p. 329-331.

Bustamante, Alberto (2008) Geocronología, petrografía, alteraciones e isótopos de Pb y Sr del complejo porfirítico de (Cu-Au) Utupara, Aplicaciones a la exploración minera, Antabamba-Apurimac-Perú. Tesis de maestría, pag. 126.

BHP Company Limited (1999) Quartely report in exploration and development, March – May 1999: Melbourne, Australia, press release, June 17, 1999.

Carlier, G.; Carlotto, V.; Ligarda, R. & Manrique, E. (1989) - *Estudio metalogenético de la subprovincia cuproaurífera Tintaya – Bambas. Lima, Perú: Convenio de Cooperación técnica UNI – ORSTOM*, informe final 1984 – 1988, p. 143 – 248.

Carlier, G., Lorand, J.P., Bonhomme, M. and Carlotto, V. (1996) A repprasail of the Cenozoic Inner Arc magmatism in southern Peru: Consequences for the evolution of the Central Andes fot the past 50 Ma, Third International Symposium on Andean Geodynamics, St. Malo, France, Extended Abstracts volume, pag. 551-554.

Cahill, Thomas & Isacks, Bryan (1991) Seismicity and shape of the subducted Nazca Plate. In: Journal of Gephysical Research, vol. 97, B12, pag. 17503-17529.

Chappell, B. W., Bryant, C. J. & Wyborn, D. (2012). Peraluminous I-type granites. Lithos, 153 142-153.

Chira, J., Vargas, L. (2015) Atlas geoquímico del Perú y su relevancia en el desarrollo sostenible del país, PROEXPLO 2015.

Clark, A.H., 1993, Are outsize porphyry copper deposits either anatomically or environmentally distinctive?: Society of Economic Geologists Special Publication 2, p. 213–282.

Corrales, E. (2001) Proyecto Los Chancas: II International Congress of Prospectors and explorer, ProExplo 2001, Lima, Perú, April 24 – 27, 2001, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, pag. 9.

Carlotto, V., Carlier, G., Jaillard, E., Sempere, T. and Mascle, G (1999) Sedimentary and structural evolution of the Eocene – Oligocene, Evidence for a late Eocene lithospheric delamination event in the southern Peruvian Altilplano, Fourth International Symposium on Andean Geodynamics, Goettingen, Germany, Extended Abstract Volumen, pag. 141 – 146.

Carlotto, V., Jaillard, E. and Mascle, G (1993) Sedimentation, paleogeography and tectonics of the Cuzco are between Kimmeridgian?-Paleocene times: Relations with the south

Peruvian margin, Second International Symposium on Andean Geodynamics, Oxford, United Kingdom, Extended Abstract Volumen, pag. 287 – 290.

Cárdenas, L., Carlotto, V., Vallenas, V., Chávez, R., and Gil, W. (1999) Las areniscas cupríferas de las capas rojas del Grupo San Jerónimo (Eoceno Medio-Oligoceno Inferior) de la región de Cusco y Sicuani: XVIII Curso Internacional de Postgrado en Metalogenia, Quito, Ecuador, Universidad Central del Ecuador, June 1999, Actas, pag. 155-159.

Cox, K., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J. (1979) The interpretation of igneous rocks. George Allen & Unwin.

Dávila,D. 1991. Geología del cuadrángulo de Pacapausa. INGEMMET. Boletín N° 41. Serie A: Carta Geológica Nacional.

Dickin, A. 2002. Radiogenic Isotope Geology, Cambridge Univ Press, New York, NY, 2002.

Einaudi, M. T., Meinert, L. D. and Newberry, R. J. (1981) Skarn deposits. In: Economic Geology 75 anniversary volume, pag. 317 – 391.

Fierro, J., Zweng, P. L., Gamarra, H., and Garate, G. (1997) Chabuca este Cu – (Au, Ag) skarn deposit at Tintaya: IX Congreso Geológico Peruano de Geología, Sociedad Geológica del Perú, Extended Abstract, Volumen Especial 1, pag. 37 – 39.

Gamarra, J. 2008. Caracterización mineralógica y geoquímica de la veta Pallancata-aplicaciones a la exploración minera, Parinacochas-Ayacucho, Perú. Tesis de Maestría.

Gilder, S., Rousse, S., Farber, D., McNulty, B., Sempere, T., Torres, V. & Palacios, O. (2003) Post-middle Oligocene origin of paleomagnetic rotations in Upper Permian to Lower Jurassic rocks from northern and southern Peru. In Earth and Planetary Sciences Letters 210. Pag. 233 – 248.

GlencoreXstrata. 2013. Resources & Reserves Report 2013. Pag 10. http://www.glencore.com/assets/investors/doc/reports_and_results/2013/GLEN-2013-Resources-Reserves-Report.pdf

Hochschild Mining PLC. 2014. Annual report y account 2014. Delivering profitable growth.www.hochschildmining.com/resources/782/HC021_ARA2014_150414.pdf

Irvine, T. N. & Baragar, W. R. A. (1971) A guide to the classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Petrology 42, pag. 2033 – 2048.

Ishihara, S., 1977. The Magnetite-series and Ilmenite-series Granitic Rocks. Mining Geology, 27, 292-305.

Jaillard, E. (1994) Kimmeridgian to Paleocene tectonic and geodynamic evolution of the Peruvian (and Ecuadorian) margin, in Salfity, J.A., ed., Cretaceous Tectonics in the Andes: Braunschweig/Wiesbaden, Fried, Vieweg and Sohn, Earth Evolution Sciences, pag. 101 – 107.

Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Strekeisen, A. & Zanettin, B. (1986) A chemical classification of volcanic rocks base on the total alkali – silica diagram. Journal of Petrology 745 – 740.

Losa, M. (2004) Los yacimientos estratoligados de cobre de Cusco y Sicuani (Eoceno-Oligoceno): Sedimentología, Tectónica y Metalogenia. Tesis de grado. Pag. 150.

Llosa, F., Veliz J., Ito, B., (2013) Descubrimiento y geología del Pórfido Cu – Mo trapiche. 31 Convención Minera PERUMIN, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, pag. 1 - 12.

Macfarlane A. W., Marcel, P., Lehuray, A. P. Y Petersen, U. (1990) Lead isotope provinces of the central Andes inferred from ores and cristal rocks. Economic Geology, vol. 85, pp. 1857 – 1880.

Mamani, M., Ibarra, I., Carlier, G., Fornari, M. (2004) Petrología y Geoquímica del Magmatismo Alcalino de la zona noroeste del altiplano peruano (Departamento Puno). En Publicación especial SGP N°5 pag. 157 – 174.

Meagher, C. and Humphries M. (2012) Constancia Project. HudBay, National Instrument 43-101 Technical Report, pag. 68 - 87.

Minera Suyamarca. 2013. Geología del Yacimiento Inmaculada, Veta Angela. Equipo de Geología, Proyecto Inmaculada. Presentación ProExplo 2013. 23 pgs.

Noble, D. C., Mckee, E. H., Eysaguirre, V. R., and Marocco, R. (1984) Age and regional tectonic and metallogenic implications of igneus activity and mineralization in the Andahuaylas-Yauri Belt of southern Peru. In: Economic Geology, V.79, pag. 172 – 176.

Palacios, C.; Dietrich, A.; Nelson, E. & Layer, P. (2008) - Estilos y control de la mineralizción en el Distrito Minero de Selene, Apurimac – Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 14, Lima, 2008. *CD-ROM*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6p.

Palacios, O. 1994. Geología de los cuadrángulos de Chulca y Cayarani. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, vol. 51, 73 p., 1994-

Pearce, J.1996. Sources and settings of granitic rocks. *Episodes* 19 (4), pp. 120-125

Peccerillo, A. & Taylor, S. R. (1976) Geochemestry of Eocene Calc – alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, Northern Turkey. Contribution to Mineralogy and Petrology, V.58 pag. 63 – 81.

Perello, J., Carlotto, V., Zarate, A., Caballero, A., Fuster, N. and Murh R. (2003) Porphyry-Style alteration and mineralization of the Middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas-Yauri Belt, Cuzco Region, Peru. Economic Geology, Vol. 98, pag. 1588.

Quispe, J.; Carlotto, V.; Macharé, J. & Chirif, H. (2007) - INGEMMET prepara nuevo mapa metalogenético. *Minería,* año 54, (353): 4-10.

Quispe, J.; Carlotto, V.; Acosta, J.; Macharé, J.; Chirif, H.; Rivera, R.; Romero, D.; Huanacuni, D. & Rodríguez, R. (2008) - Mapa Metalogenético del Perú 2008. En: Congreso Peruano de Geología, 14, Lima, 2008. *CD-ROM.* Lima: Sociedad Geológica del Perú.

Rivera, R., Bustamante, A., Acosta, J., Santisteban, A., (2010) Evaluation of Ore Deposit Potential in the Andahuaylas - Yauri Batholith, Mineral Resources and Energetic Direction Metallogeny Program, INGEMMET, pag. 10 - 72.

Sandeman, H.A., Clark, A.H. and Farrar, E. (1995) An integrated tectomagmatic model for the evolution of the southern Peruvian Andes (13 – 20 °S) since 55 Ma: International Geology Review, v.37, pag. 1039-1073.

Sempere T., Jacay J., Pino A., Bretrand H., Carlotto V., Fornari M., Garcia R. Jimenez N. A., Meyer CH. Rosas S. Y. Soler P. (2004). Estiramiento litosférico del Paleozoico superior al Cretáceo medio en el Perú y Bolivia. In Jacay J. y Sempere T. (eds.) «Nuevas contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento geológico del sur del Perú». Publicación especial N.° 5 Sociedad Geológica del Perú. pp: 45-79..

Takahashi, M., Aramaki, S, Ishihara, S., 1980. Magnetite-ilmenite-series vs. I/S-types. Mining Geology, Special Issue, 8, 13-28.

Tassinari, C., 2006, Geoquímica isotópica en Metalogenia: Nueva visión: Centro de Investigaciones Geocronológicas de la Universidad de Sao Paulo, Resumen extendido, p. 5.

Terrones, A. J. (1958) Structural control of contact metasomatic deposits in the Peruvian Cordillera. In: American Institute Mining Metallurgy Transactions, v. 90, section B, pag. B15 – B36.

Vicente, J. C., Beaudouin, B., Chávez, A. an Leon, I. (1982) La Cuenca de Arequipa durante el Jurássico-Cretácico inferior. Congreso Latinoamericano de Geología, 5th, Buenos Aires, Argentin, Actas, v.1, pag. 121-153.

White, W. 2005. Geochemistry. Cornell Univ. An online textbook, eventually to be published by John-Hopkins University Press. Last modified 11/11/05, http://www.geo.cornell.edu/geology/classes/geo455/chapters.HTML

Zartman R. E. & Doe, B. R. (1981) Plumbotectonic – the model. Tectophysics, vol. 75, pag. 135-162.

FIGURAS

Figura 1.1.	Ubicación y accesibilidad a las diferentes zonas de estudio
Figura 1.4.1.	Preparación de muestras para la separación de sulfuros
Figura 1.4.2.	A. Separación Manual. B.Separación por líquido pesado. C.Estereomicroscopio. D.Vista de cristales de pirita al estereomicroscopio.
Figura 2.1.	Columna estratigráfica del Grupo Yura (Sempere et al., 2004)
Figura 2.2.	Columna estratigráfica regional representativa de la Región Apurímac (Valdivia & Latorre, 2003).
Figura 3.1.	Columna sintética litoestratigráfica del Batolito Andahuaylas-Yauri junto a los principales depósitos (Perelló et. al., 2003)
Figura 3.2.	Distribución de la producción histórica de cobre en el Perú en las principales franjas metalogenéticas
Figura 3.3.	Distribución de las reservas y recursos de cobre en el Perú
Figura 3.4.	Distribución de las reservas y recursos de oro en el Perú
Figura 3.5.	Distribución de las reservas y recursos de plata en el Perú
Figura 4.1.1.	Plano de ubicación de la mina Constancia
Figura 4.1.2.	Columna estratigráfica de Constancia
Figura 4.1.3.	Vista panorámica del pórfido-skarn Pampacancha. Nótese la actividad minera artesanal e informal desarrollada en la zona
Figura 4.1.4.	(a) Afloramiento de intrusivo de textura porfirítica, con fenocristales de anfíboles, plagioclasas y feldespato potásico. (b y c) Dique andesítico y de textura porfirítica cortando intrusivo de diorita. (d) Intrusivo diorítico con cuarzo de textura granular media
Figura 4.1.5.	Mapa de ubicación de Las Bambas
Figura 4.1.6.	Vista panorámica de la Subunidad Ferrobamba, foto tomada hacia el noroeste
Figura 4.1.7.	Contacto de pórfido monzonítico con calizas, bancos del tajo de la Subunidad Ferrobamba
Figura 4.1.8.	a) Vetilla de cuarzo-calcopirita-malaquita emplazada en MZQ, Subunidad Ferrobamba; b) Skarn de magnetita-bornita-calcopirita (color negro) y granates marrones-verdosos en bandas, Subunidad Chalcobamba.
Figura 4.1.9.	a) Magnetita con parches de calcopirita y epidota; b) venillas de calcopirita cortando skarn de granates; c) MZB con alteración potásica y cortada por vetillas cz-cp; d) MBF con diseminación de cp-py
Figura 4.1.10.	Mapa de ubicación de la mina Pallancata
Figura 4.1.11.	Columna estratigráfica de Pallacanta
Figura 4.1.12.	Geología local de Pallancata
Figura 4.1.13.	Vista panorámica de la Mina Pallancata mostrando las diferentes secuencias volcánicas, foto tomada hacia el oeste
Figura 4.1.14.	Afloramiento de la veta Pallancata con inflexiones, dando la apariencia “tipo Rosario”
Figura 4.1.15.	a) Veta Pallacanta en superficie; b) Veta de cuarzo blanco con cavidades; c) Geodas y cavidades de cuarzo cristalizado rellenas de óxidos de hierro; d) Cuarzo grisáceo con textura crustiforme, e) Textura coloforme bandeada de cuarzo blanco con gris; f) Platas rojas (pirargirita-proustita)
Figura 4.1.16.	Mapa de ubicación de la mina Inmaculada
Figura 4.1.17.	Columna estratigráfica de Inmaculada
Figura 4.1.18.	Mapa geológico local de Inmaculada, mostrando las vetas de cuarzo

Figura 4.1.19.	Vista panorámica de la Mina Inmaculada, observando la veta Ángela y Shakira, foto tomada hacia el nor-oeste
Figura 4.1.20.	Vista panorámica de las secuencia volcánicas circundantes al sistema de vetas
Figura 4.1.21.	a) Veta Teresa emplazada en piroclastos andesíticos; b y c) Diferentes texturas y formas de cristalización del cuarzo
Figura 4.1.22.	a) Piroclastos andesíticos cortados por vetillas y vetas de cuarzo blanco (roca caja); b) Lava andesítica ligeramente cloritizada b y c) Veta Angela de 3 m de ancho, presenta bandas de cuarzo blanco con sulfuros; d) Interior de la Veta Angela, se observa a estructura de cuarzo acompañado de rodocrosita y calcita con algunas bandas de sulfuros negros; e) Vetilla de esfaleria-galena, emplazada en veta de cuarzo
Figura 4.1.23.	Plano de ubicación del proyecto Trapiche
Figura 4.1.24.	Columna estratigráfica del proyecto Trapiche
Figura 4.1.25.	Vista panorámica del depósito Trapiche (vista mirando al sur)
Figura 4.1.26.	a) Dique andesítico de textura porfirítica cortando intrusivo diorítico; b) Brecha monomíctica con clastos del pórfido monzonítico con cuarzo (PQM). Se observa mineralización de óxidos de cobre, pirita y calcosina. c) Pórfido dacítico con cuarzo y pirita diseminada. d) Pórfido monzonítico con cuarzo y venillas de calcopirita
Figura 4.1.27.	Plano de ubicación del prospecto Puca Corral
Figura 4.1.28.	Columna estratigráfica del prospecto Puca Corral
Figura 4.1.29.	a) Arenisca cloritizada cortada por vetillas de cuarzo-pirita-molibdenita. b y c) Areniscas cloritizadas cortadas por vetillas de pirita. d) Pórfido diorítico cortado por vetilla cuarzo-pirita; e) Pórfido diorítico cortado por vetilla de pirita-molibdenita
Figura 4.2.1.	Plano de ubicación de la mina San Diego
Figura 4.2.2.	a) Chimenea en labor antigua de mina mostrando el plano de falla con calcopirita, molibdenita y Óxidos de cobre. b) Bocamina antigua
Figura 4.2.3.	Plano de ubicación de la mina Santa Rosa de Virundo
Figura 4.2.4.	a) Estructura brechada con óxidos de manganeso y hierro asociado a hematita-goethita-limonita-pirolusita con rumbo N70°O cortando calizas marmolizadas. b) Agregados dendríticos de pirolusita recubriendo fracturas en mármol
Figura 4.2.5.	Plano de ubicación de la mina Yuringa
Figura 4.2.6.	a) Bocamina de Yuringa en rocas intrusivas (tonalitas). b) Sulfosales de plata intercrecidas con cristales de baritina y asociadas con óxidos de hierro
Figura 4.2.7.	Plano de ubicación de la mina Choquehuaraca
Figura 4.2.8.	a) Vista panorámica de la labor minera abandonada Choquehuaraca. b y c) Calizas marmolizadas con vetillas de calcita y óxidos de hierro
Figura 4.2.9.	Plano de ubicación de la mina Socosani
Figura 4.2.10.	a) Vista panorámica de la unidad minera Socosani. b) Veta de siderita-cuarzo- calcopirita, pirita-galena y esfalerita. c) Roca caja alterada con venillas de cuarzo-calcopirita-pirita
Figura 4.2.11.	Plano de ubicación del Proyecto Los Chancas
Figura 4.2.12.	Vista Panorámicas del Proyecto los Chancas
Figura 4.2.13.	Plano de ubicación del Proyecto Utupara
Figura 4.2.14.	a) Estructura de cuarzo blanco con sulfuros en cuarcitas. Nótese la roca caja alterada a sericita.Interior mina antigua Utupara. b) Brecha magmática heterolitica y matriz biotitizada, c) Zona de óxidos en skarn, crisocola, malaquita. Área Chapi-Chapi. d) Dique pórfido monzonítico
Figura 4.2.15.	Plano de ubicación de la ocurrencia Angostura
Figura 4.2.16.	a) Afloramiento de calizas marmolizadas cortadas por estructuras de óxidos de hierro. Nótese la labor minera en la carretera. b) Afloramiento de diorita cortado por vetillas félsicas. c) Estructura de hematita-goethita-limonitas-pirolusita de rumbo N70°O cortando calizas marmolizadas. Nótese la labor minera. d) Zona de contacto entre intrusivo diorítico y calizas marmolizadas.
Figura 4.2.17.	Plano de ubicación de la ocurrencia Atacancha

Figura 4.2.18. a) Estructura brechada con óxidos de hierro con hematita-goethita-limonitas de rumbo N55O cortando calizas. b) Zona de contacto entre diorita con calizas con presencia de piroxenos-calcita y pirita. c) Estructura con óxidos de hierro con hematita-goethita-limonitas de rumbo N55°O cortando calizas. Labor minera informal. d) Zona de contacto entre diorita y calizas con pirita y calcopirita asociada a piroxenos-calcita
Figura 4.2.19. Plano de ubicación de la ocurrencia Lahuani
Figura 4.2.20. a) Afloramiento de granodiorita con alteración fílica y stockwork de cuarzo, b) Granodiorita con vetillas de magnetita-pirita-calcopirita
Figura 5.1. Valor de fondo y umbral del oro en el territorio peruano.
Figura 5.2. Valor de fondo y umbral de la plata en el territorio peruano.
Figura 5.3. Valor de fondo y umbral del cobre en el territorio peruano.
Figura 6.1.1. Muestra KIGAM-M-026 de la mina Constancia.
Figura 6.1.2. Muestra KIGAM-M-027 de la mina Constancia.
Figura 6.1.3. Muestra KIGAM-M-028 de la mina Constancia.
Figura 6.1.4. Muestra KIGAM-M-035 de la mina Constancia.
Figura 6.1.5. Muestra KIGAM-M-036 de la mina Constancia
Figura 6.1.6. Muestra KIGAM-M-037 de la mina Constancia
Figura 6.1.8. Muestra KIGAM-M-006 del Proyecto Trapiche.
Figura 6.1.9. Muestra KIGAM-M-008 del Proyecto Trapiche.
Figura 6.1.10. Muestra KIGAM-M-012 del Proyecto Trapiche
Figura 6.1.11. Muestra KIGAM-M-013 del Proyecto Trapiche
Figura 6.1.12. Muestra GE24-083 del Cluster Las Bambas.
Figura 6.1.13. Muestra GE24-078 del Cluster Cotabambas.
Figura 6.1.14. Muestra GE24-064 del Cluster Cotabambas.
Figura 6.1.15. Muestra GE24-010 del Proyecto Trapiche
Figura 6.1.16. Muestra GE24-027 del Proyecto Antilla.
Figura 6.1.17. Muestra GE24-033 en la carretera Abancay-Andahuaylas.
Figura 6.1.18. Muestra GE24-033 en la carretera Abancay-Andahuaylas.
Figura 6.1.19. Muestra KIGAM-M-021 en la carretera Trapiche-Santa Rosa.
Figura 6.1.20. Muestra KIGAM-M-022 en la carretera Trapiche-Santa Rosa.
Figura 6.1.21. Muestra KIGAM-M-023 en la carretera Trapiche-Santa Rosa.
Figura 6.1.22. Muestra KIGAM-M-024 en la carretera Trapiche-Santa Rosa.
Figure 6.2.1. Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en el Proyecto Trapiche.
Figure 6.2.2. Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en la mina Constancia.
Figure 6.2.3. Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en Las Bambas.
Figure 6.2.4. Susceptibilidad magnética de granitos reconocidos en afloramientos de las carreteras en Apurimac.
Figura 7.1.1. Diagrama de clasificación geoquímica TAS TAS (Le Maitre, 2002 & Le Bass et al., 1986)
Figura 7.1.2. Gráfico del índice de saturación de alúmina (Shand 1943)

Figura 7.1.3. Diagrama AFM (Irvine and Baragar, 1971).

Figura 7.1.4 Diagram of Alkalies ($Na_2O + K_2O$) vs SiO_2 (Irvine & Baragar, 1971).

Figura 7.1.5. Diagrama K_2O vs SiO_2 (Pecherillo and Taylor, 1976)

Figura 7.2.1. Graph K/Rb vs SiO_2 to determine magma evolution in granito facies.

Figura 7.2.2. Gráfico Rb/Sr vs SiO_2 para determinar el grado y tipo de fraccionamiento de magmas.

Figura 7.2.3. Gráfico Rb vs (Y+Nb) para discriminación de ambientes tectónicos de granitos (Pearce et al, 1984).

Figura 7.3.1. Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas del Batolito Andahuaylas Yauri.

Figura 7.3.2. Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas intrusivas de los depósitos tipo pórfido Cu-Mo Trapiche y pórfido-skarn Las Bambas y Constancia.

Figura 7.3.3. Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas intrusivas de los depósitos pórfido Cu-Au Cotabambas y pórfido-skarn Cu-Au Katanga.

Figura 7.3.4. Diagrama de REE normalizado al condrito (Sun McDon, 1989) de las rocas de los depósitos epitermales de Ag-Au de Pallancata e Inmaculada.

Figura 8.1. Mapa de ubicación de muestras con edades de rocas y mineralización en el del Batolito Andahuaylas – Yauri.

Figura 8.2. Diagrama de ^{207}Pb / ^{204}Pb vs ^{206}Pb / ^{204}Pb para sulfuros de Utupara, Cotabambas, Trapiche y Constancia en el Batolito Andahuaylas-Yauri.

Figura 8.3. Diagrama de ^{208}Pb / ^{204}Pb vs ^{206}Pb / ^{204}Pb para sulfuros de Utupara

Figura 8.4. Relación del ($^{87}Sr/^{86}Sr$)i con el contenido fino de cobre en yacimientos tipo pórfido de cobre del Sur del Perú y norte de Chile

TABLAS

Tabla 1.1.	Ruta, distancia y tiempo hacia la zona de estudio
Tabla 4.1.1.	Recursos minerales de Constancia
Tabla 4.1.2.	Recursos y reservas de Las Bambas
Tabla 4.1.3.	Principales texturas de relleno vetiforme relacionada con los diferentes eventos hidrotermales en Pallancata.
Tabla 4.1.4.	Cuadro de producción anual de Mina Pallancata.
Tabla 4.1.5.	Zonas mineralizadas y características del Proyecto Trapiche.
Tabla 4.3	Cuadro resumen de las principales ocurrencias minerales en las franjas de pórfidos y epitermales.
Tabla 5.1.	Valores de fondo y umbrales calculados para diferentes unidades geológicas del Perú (Chira and Vargas, 2015).
Tabla 8.1.	Edades de roca de diversas fases intrusivas del Batolito Andahuaylas – Yauri (Perello, 2003).
Tabla 8.2.	Edades de mineralización de principales yacimientos del Batolito Andahuaylas – Yauri (Perello, 2003)
Tabla 8.3.	Resultados análisis de isótopos de Pb de muestras de sulfuros procedentes de Utupara, Cotabambas, Trapiche y Constancia.
Tabla 8.4.	Resultados de $Rb^{87}/S^{86}r$ y análisis de Sr^{87}/Sr^{86} de muestras de Utupara y Cotabambas.
Tabla 8.5.	Resultados del cociente de Sr^{87}/Sr^{86} inicial.

ANEXOS

ANEXO I

FOTOMICROGRAFÍAS DE SECCIONES DELGADAS Y SECCIONES PULIDAS

ANEXO II

BASE DE DATOS DE MUESTRAS DE ROCA Y MENA RECOLECTADAS EN LAS CAMPAÑAS DE JUNIO Y SETIEMBRE

ANEXO III

BASE DE DATOS DE RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS DE ELEMENTOS TRAZA, ROCA TOTAL Y Au

ANEXO IV

BASE DE DATOS DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA

ANEXO I

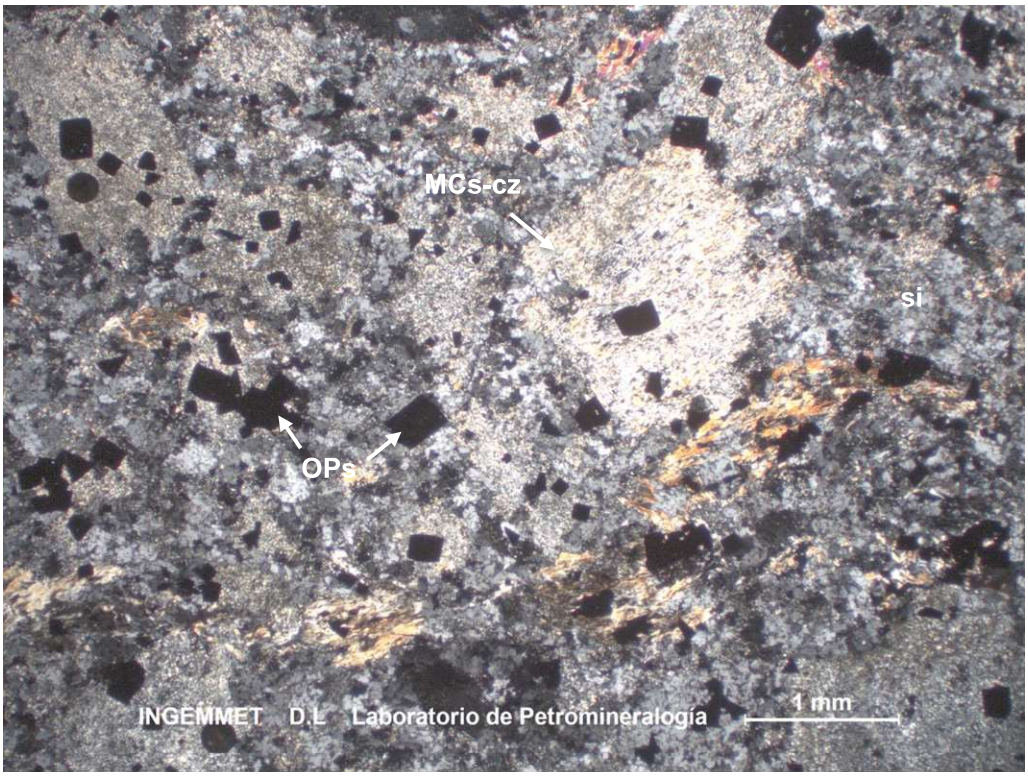
FOTOMICROGRAFÍAS DE SECCIONES DELGADAS Y SECCIONES PULIDAS

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-001	29Q	8395913	728471	18	Trapiche

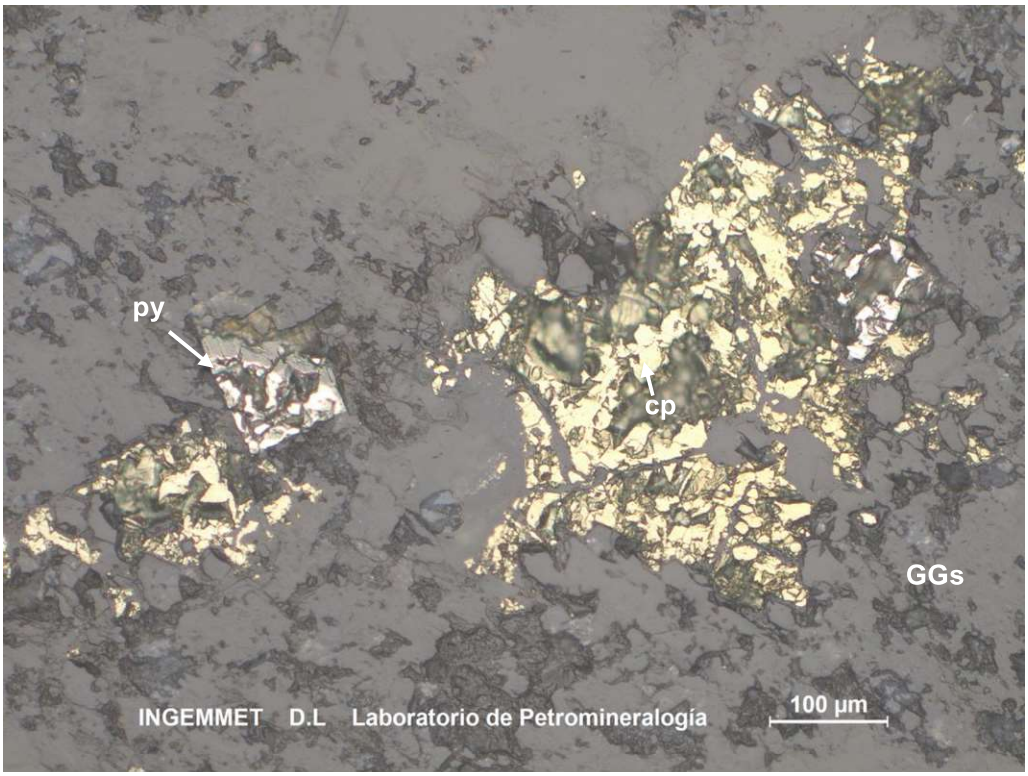
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



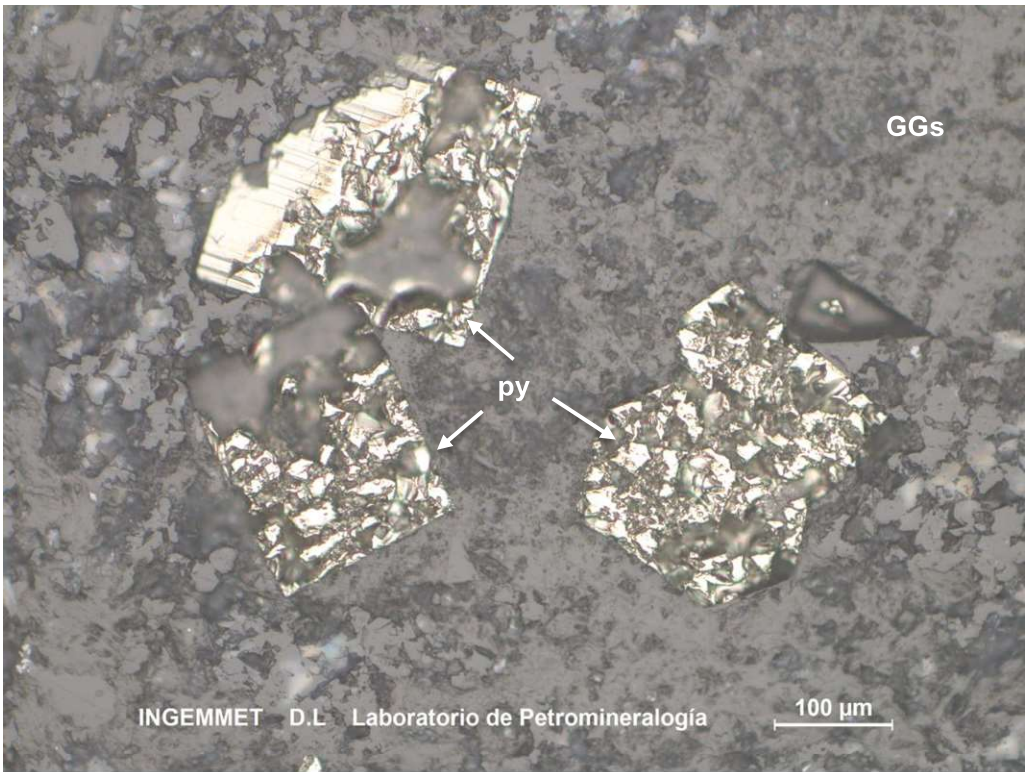
Muestra N° KIGAM-M-001 NXs

Moldes reemplazados por agregados de micas: MCs y cuarzo: cz, inmersos en una matriz silicificada: si; además minerales opacos diseminados: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-001 NPs

Agregados de calcopirita: cp, y cristal subhedral de pirita diseminada: py. Gangas: GGs



Muestra N° KIGAM-M-001 NPs

Cristales de pirita de formas euhedrales y subhedrales, diseminados: py. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

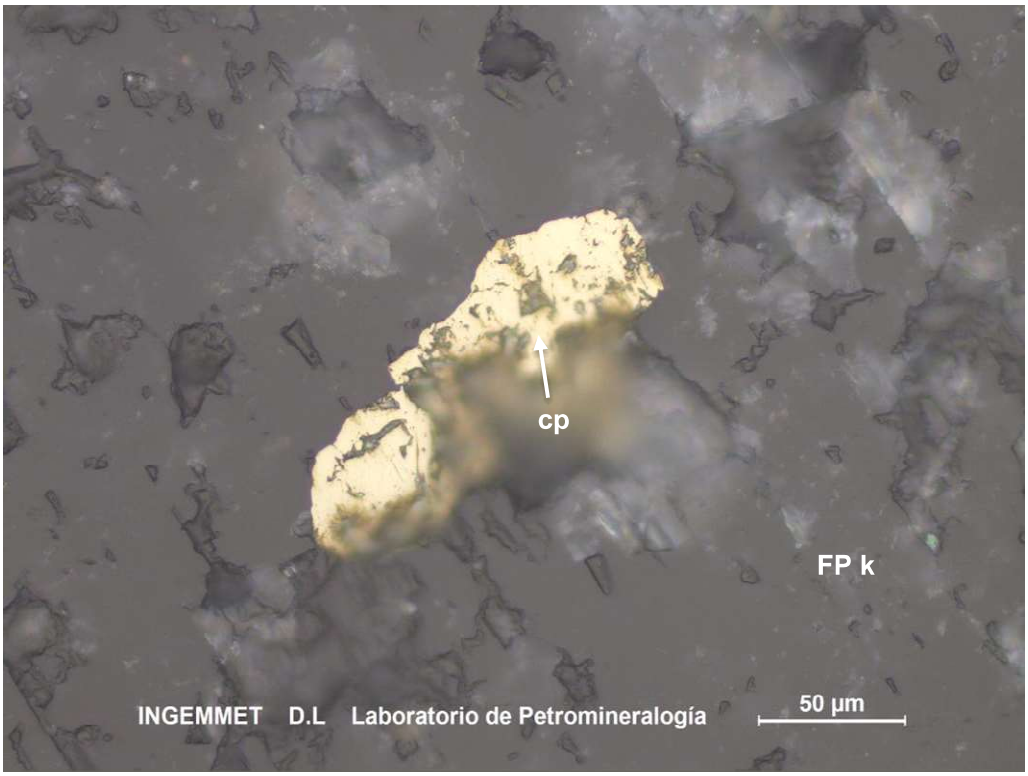
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-002	29Q	8396085	728857	18	Trapiche

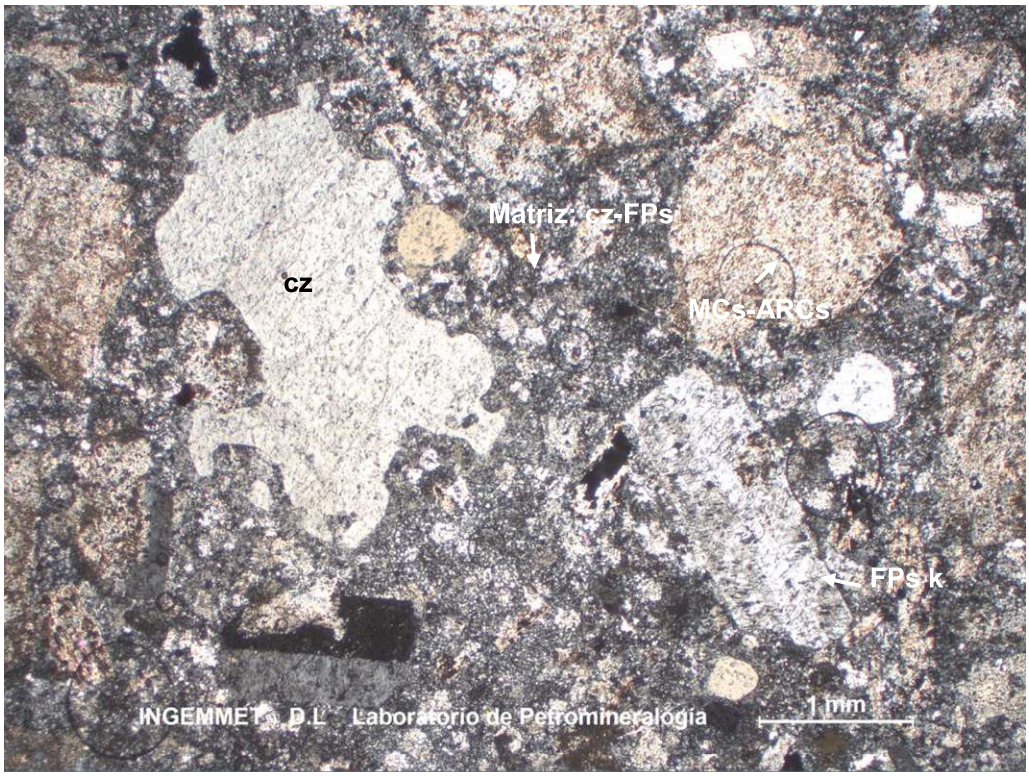
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



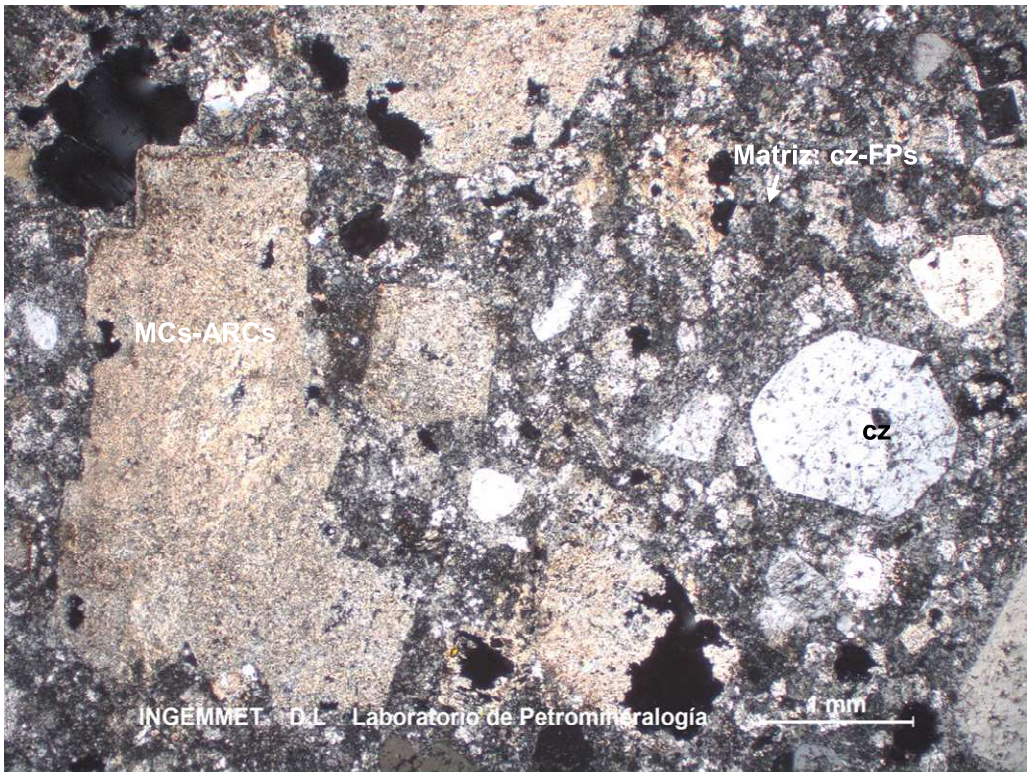
Muestra N° KIGAM-R-002 NPs

Cristal de calcopirita de forma anhedral: cp como inclusión en feldespato potásico: FPK.



Muestra N° KIGAM-R-002 NXs

Cristales de cuarzo: cz; feldespatos potásicos: FPs K; y moldes reemplazados por micas y arcillas: MCs-ARCs, inmersos en una matriz constituida por agregados de cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra N° KIGAM-R-002 NXs

Cristales de cuarzo: cz; moldes de plagioclasas reemplazados por micas y arcillas: MCs-ARCs, inmersos en una matriz constituida por agregados de cuarzo y feldespatos: cz-FPs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

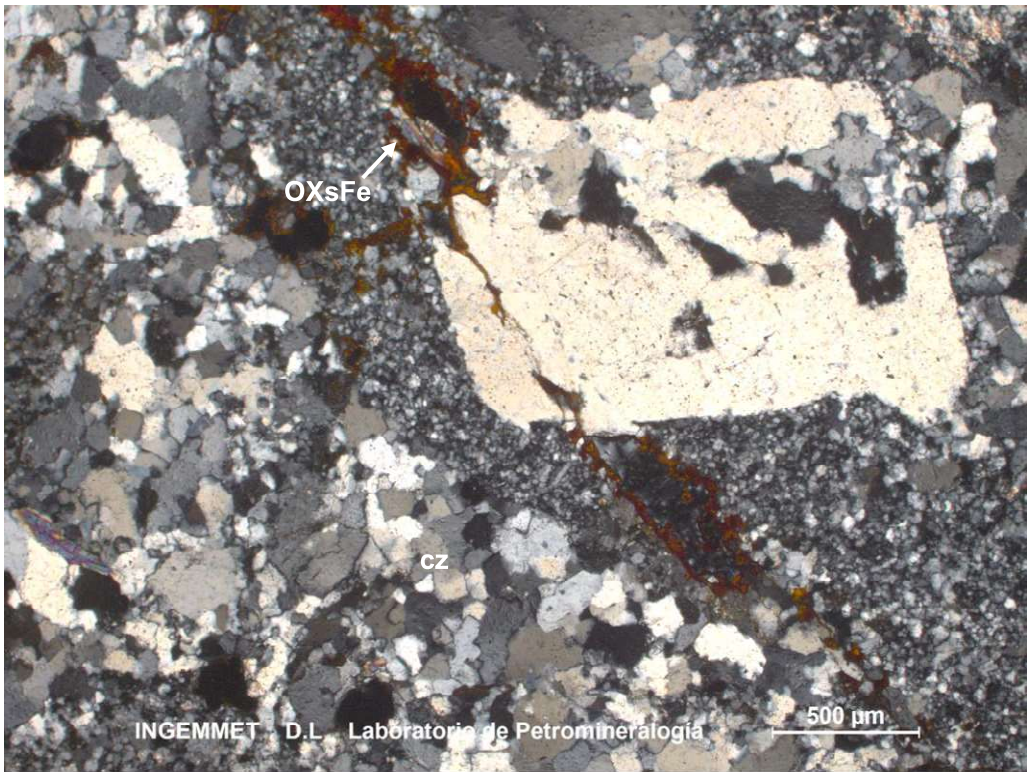
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-003	29Q	8396097	728870	18	Trapiche

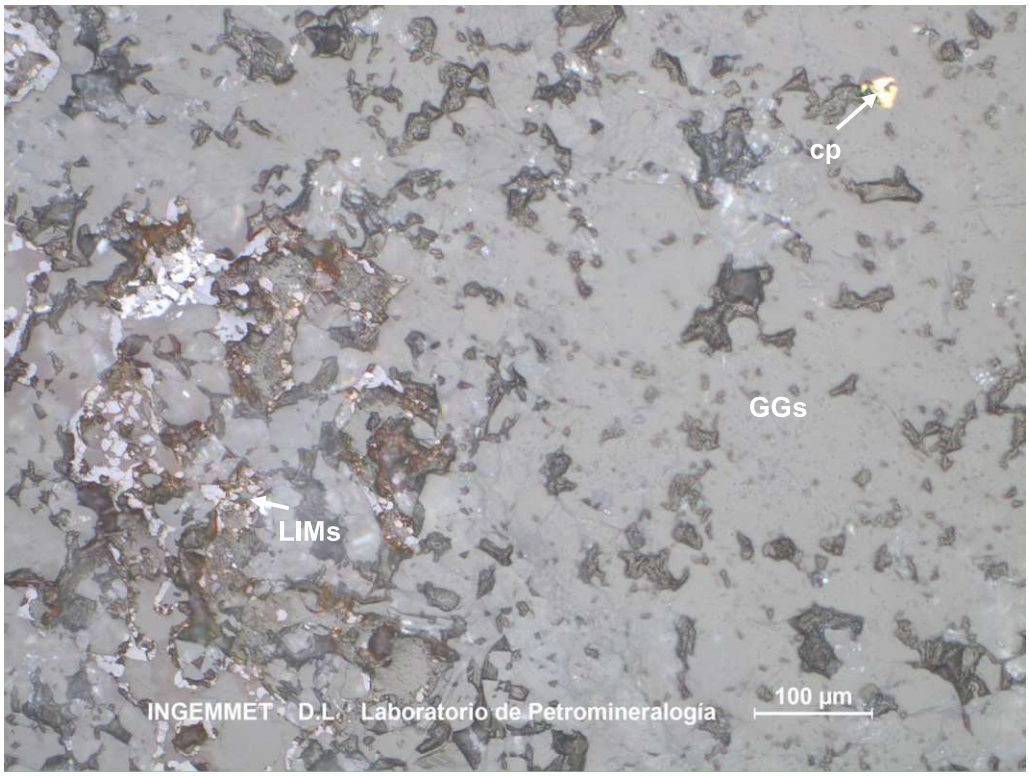
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



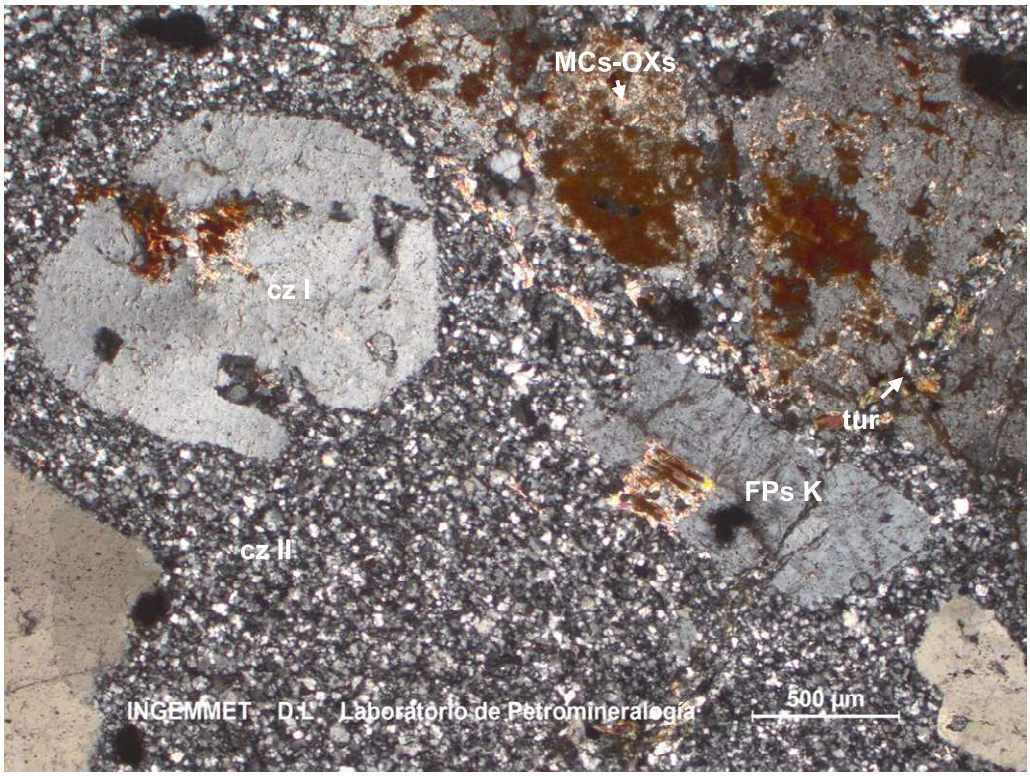
Muestra N° KIGAM-R-003 NXs

Agregados de cuarzo seriado: cz; venilla de óxidos de hierro: OXs Fe.



Muestra N° KIGAM-R-003 NPs

Agregados de limonitas: LIMs; cristal de calcopirita como inclusión en cuarzo: cp. Gangas: GGs.



Muestra N° KIGAM-R-003 NXs

Cristales de cuarzo: cz I; feldespatos potásicos: FPs K; moldes de cristales reemplazados por agregados de micas y limonitas: MCs-LIMs; además turmalina como relleno de microvenillas: tur. La matriz se encuentra silicificada: cz II.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

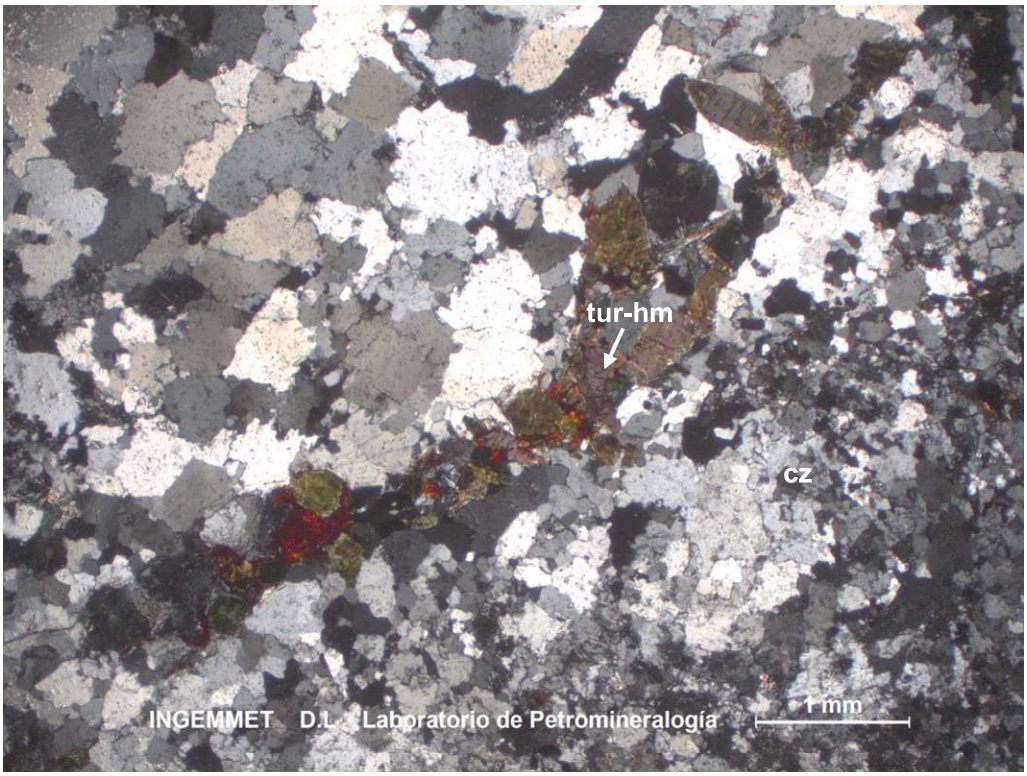
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-004	29Q	8396105	728916	18	Trapiche

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:

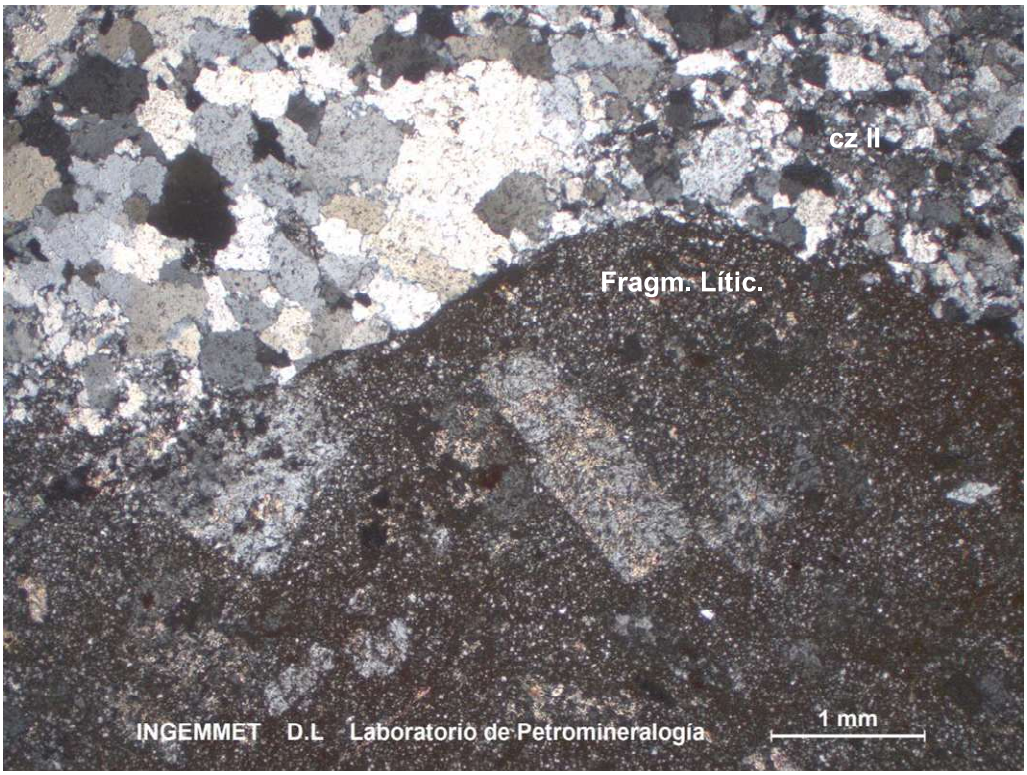


Muestra N° KIGAM-M-004 NXs

Agregados de cuarzo seriado: cz; cortado por una venilla de turmalina asociado con hematita: tur-hm.

Muestra N° KIGAM-M-004 NPs

Cristal de calcopirita: cp diseminada en cuarzo secundario.



Muestra N° KIGAM-M-004 NXs

Agregados de cuarzo seriado: cz; fragmento lítico: Fragm. Lític.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

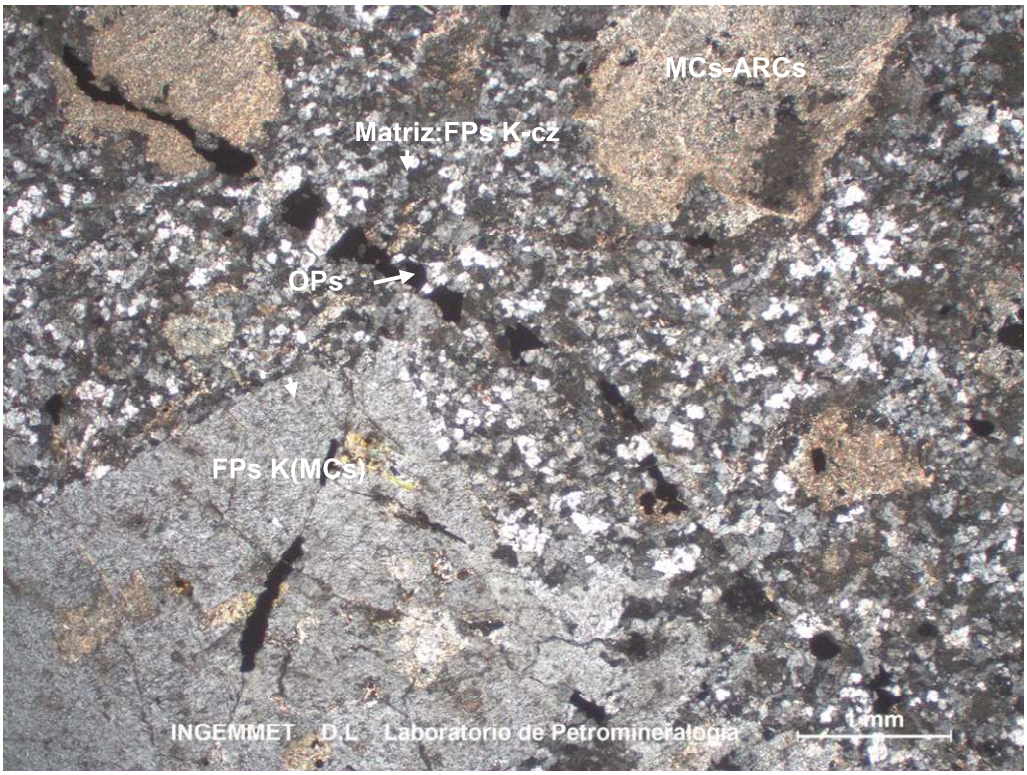
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-005	29Q	8396174	729053	18	Trapiche

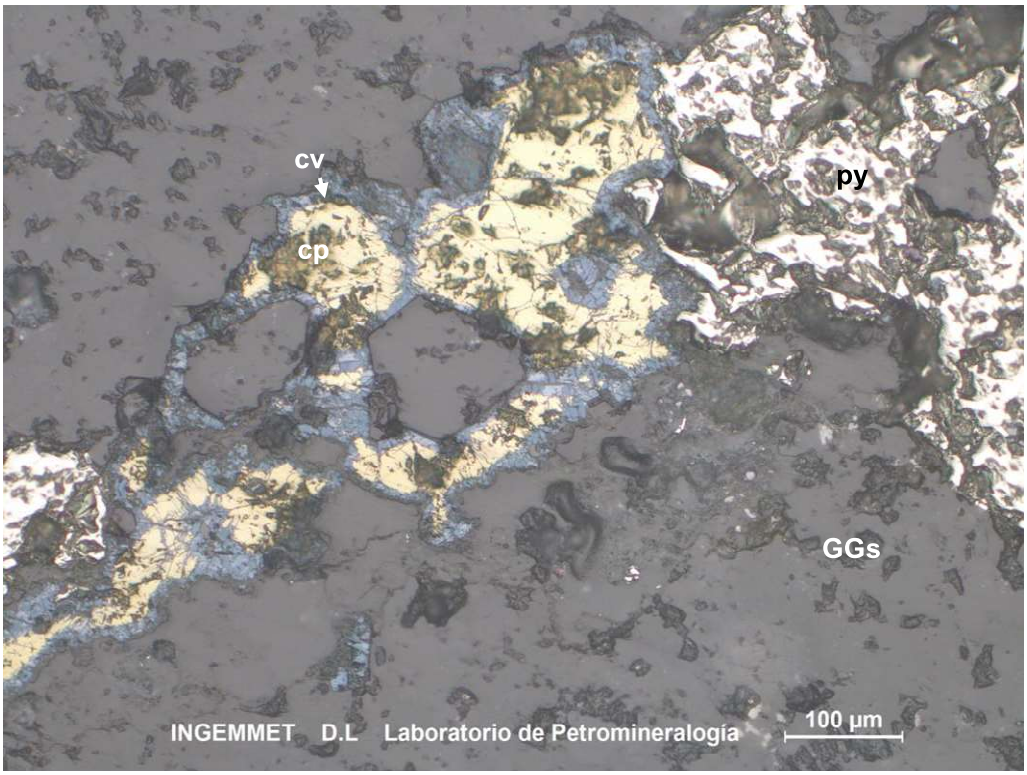
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



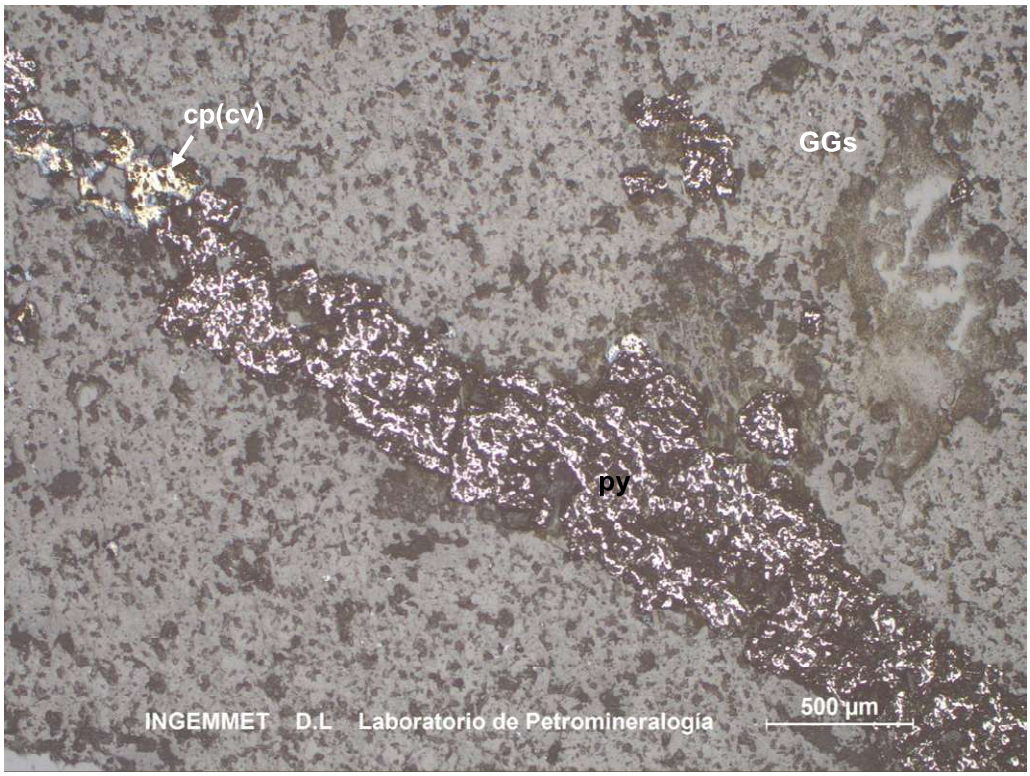
Muestra N° KIGAM-M-005 NXs

Cristal de feldespato potásico alterado por micas: FPs K(MCs); además moldes de cristales reemplazados por micas y arcillas: MCs-ARCs; inmersos en una matriz constituida por microcristales de feldespatos potásicos y cuarzo: FPs K-cz.



Muestra N° KIGAM-M-005 NPs

Cristales de calcopirita: cp reemplazados por covelita: cv, están asociados a pirita: py. Gangas: GGs.



Muestra N° KIGAM-M-005 NPs

Venilla de pirita: py asociada con calcopirita y a su vez reemplazada por covelita: cp(cv). Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

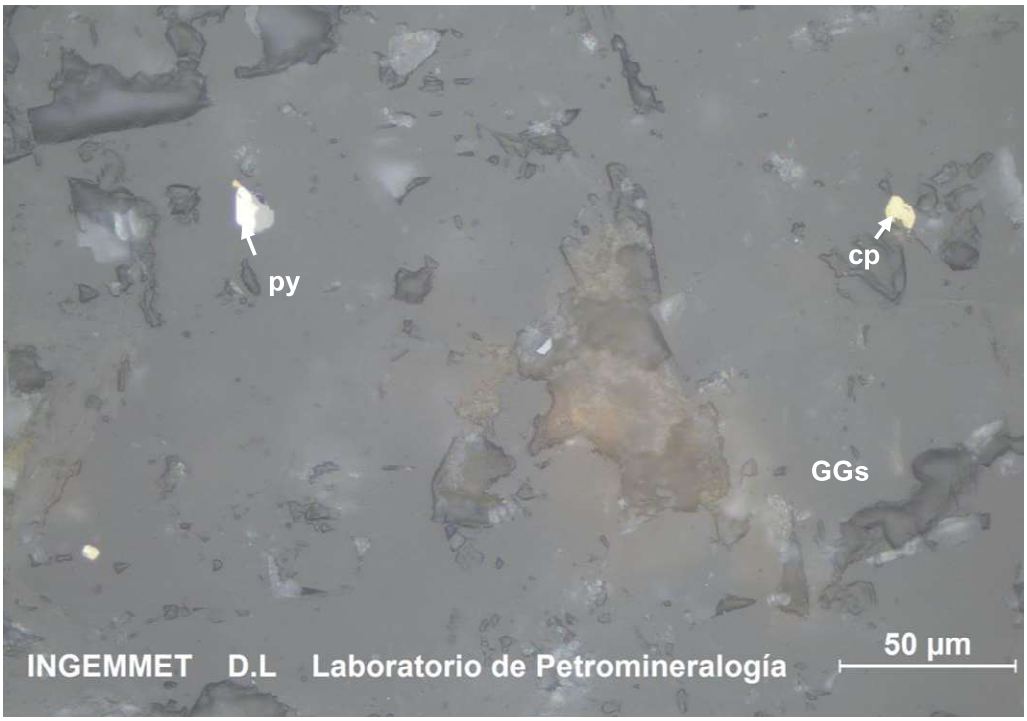
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-006	29Q	9395948	729277	18	Trapiche

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-006 NPs

Cristales de pirita: py y calcopirita: cp diseminados. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

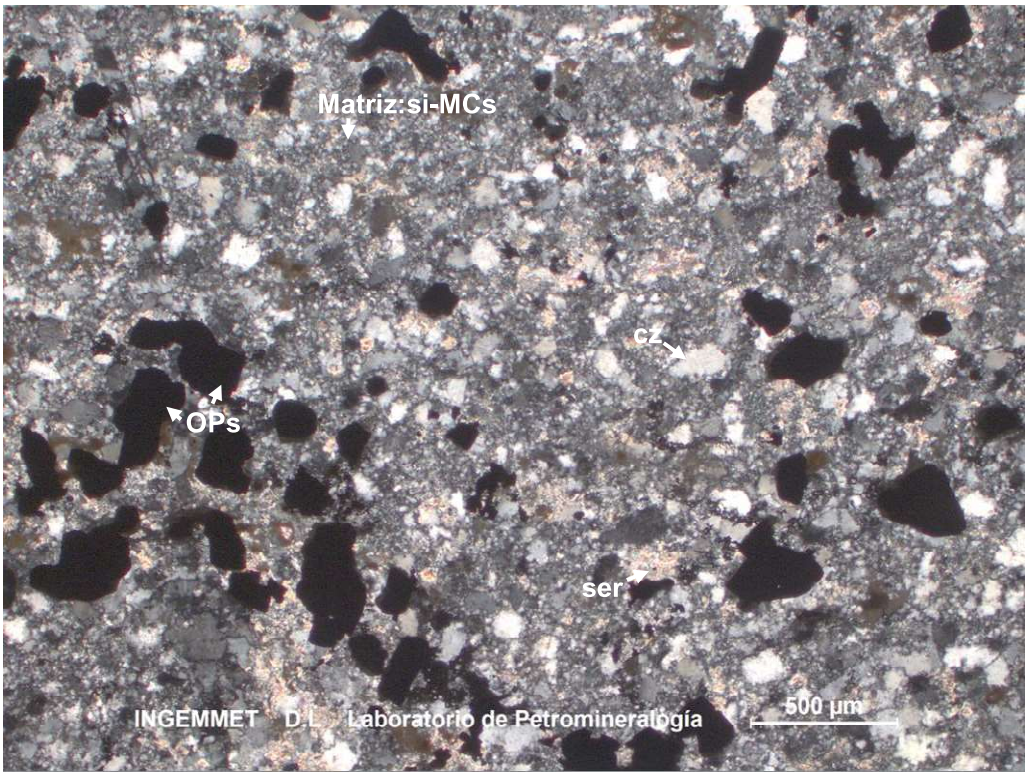
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-007	29Q	8395714	729868	18	Trapiche

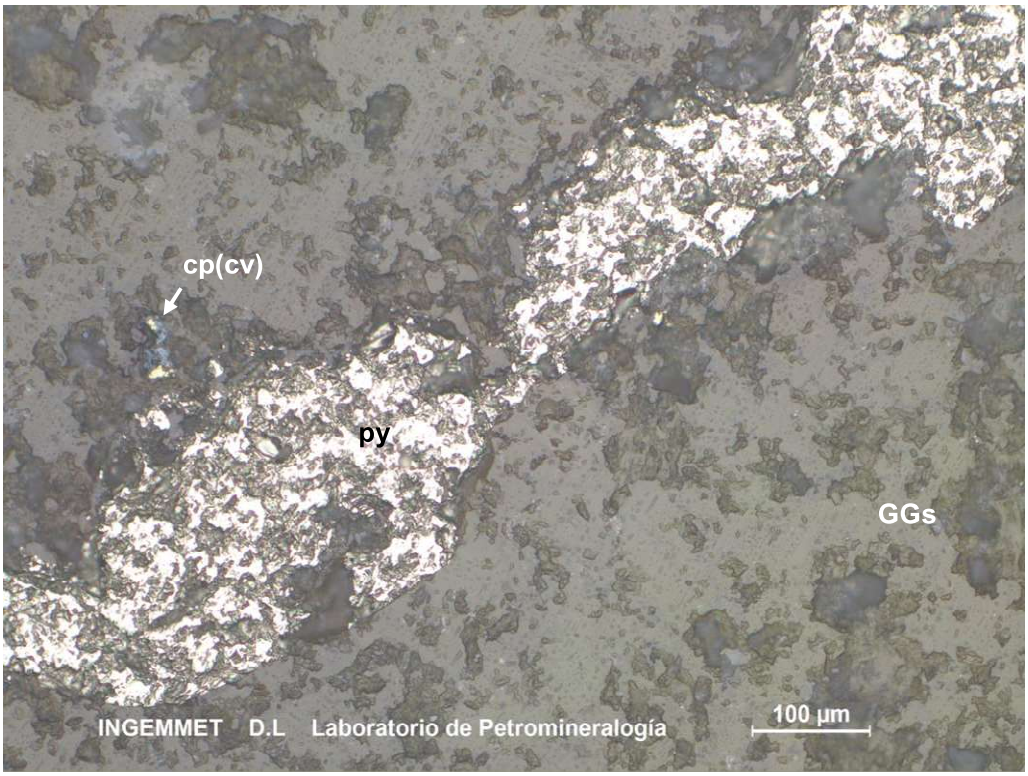
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



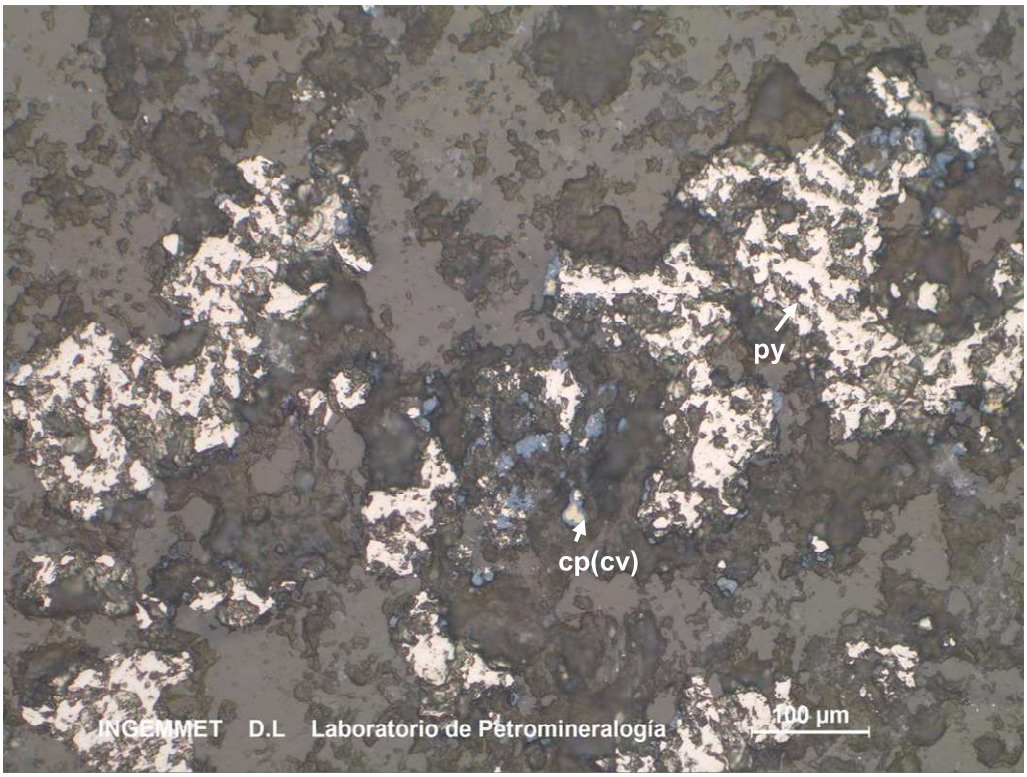
Muestra N° KIGAM-M-007 NXs

Clastos de cuarzo: cz; minerales opacos diseminados OPs; agregados de sericita: ser; inmersos en una matriz constituida por sílice y micas: si-MCs



Muestra N° KIGAM-M-007 NPs

Venilla de pirita: py; además pequeños cristales de calcopirita reemplazados por covelita: cp(cv). Gangas: GGs



Muestra N° KIGAM-M-007 NPs

Agregados de pirita: py; asociados con calcopirita reemplazados por covelita: cp(cv)

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

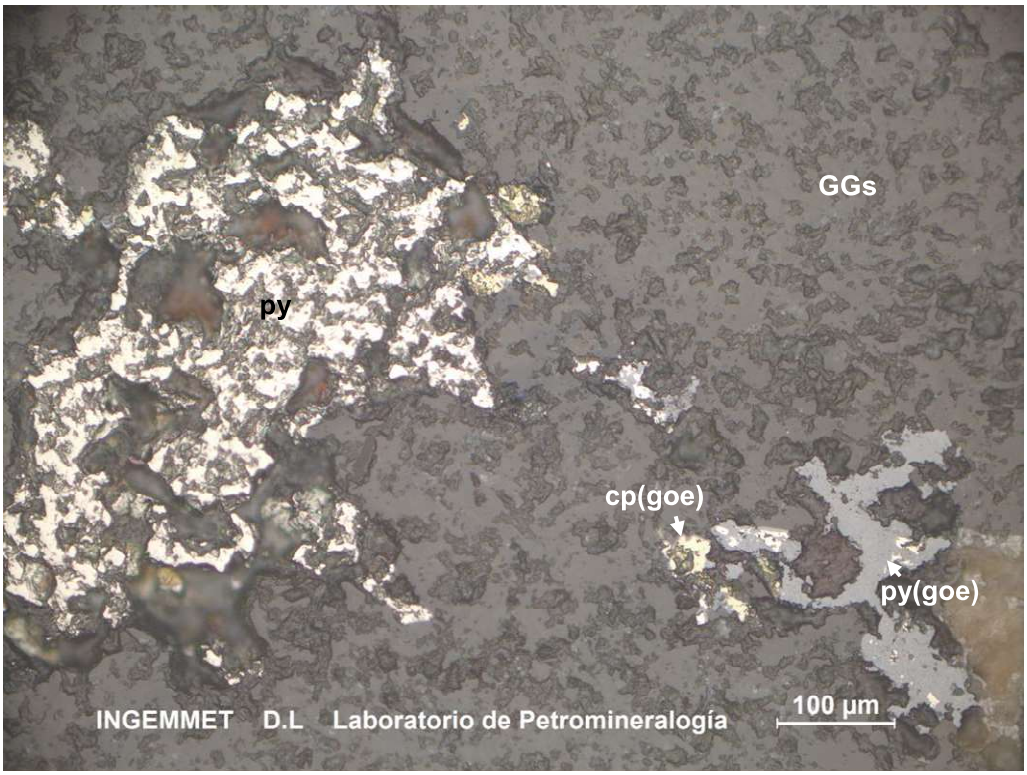
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-008	29Q	8394264	729820	18	Trapiche

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-008 NPs

Agregados de pirita: py, por sectores se observan calcopirita y pirita remplazadas por goethita: cp(goe); y py(goe).

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

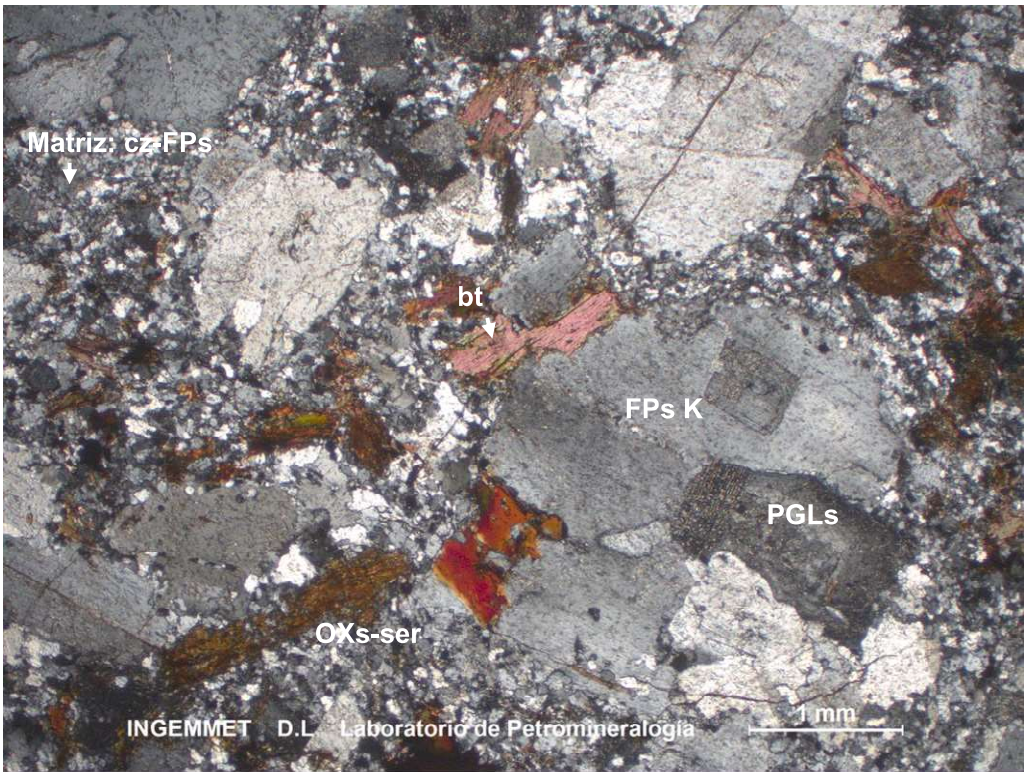
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-009	29Q	9394263	729821	18	Trapiche

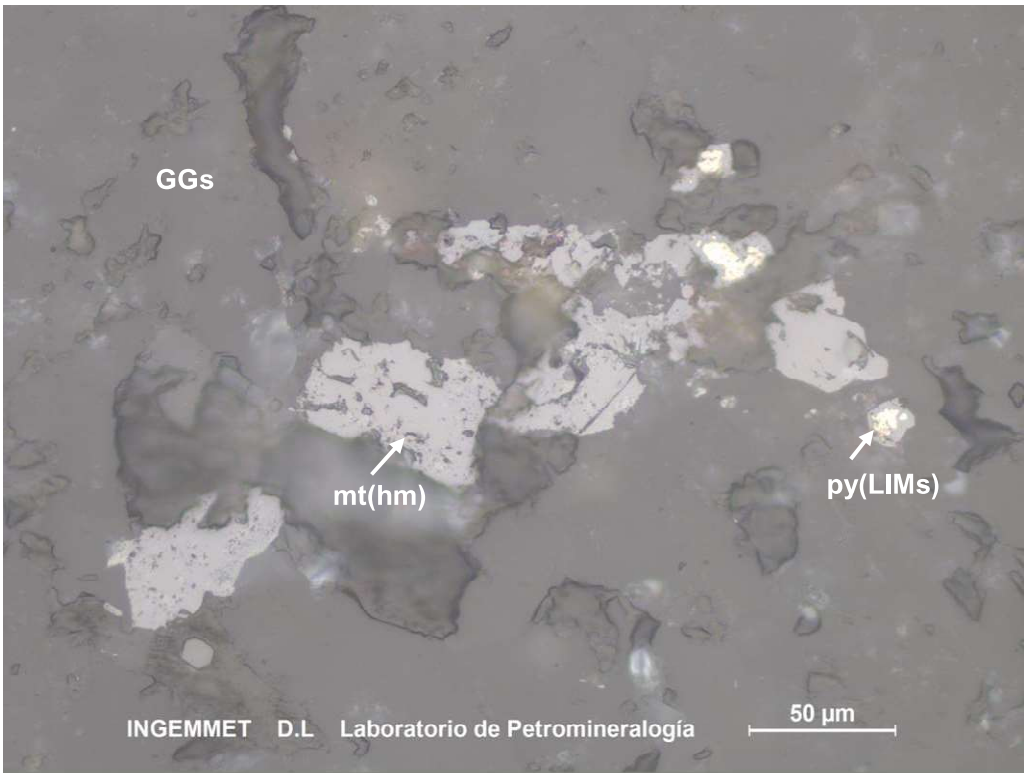
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



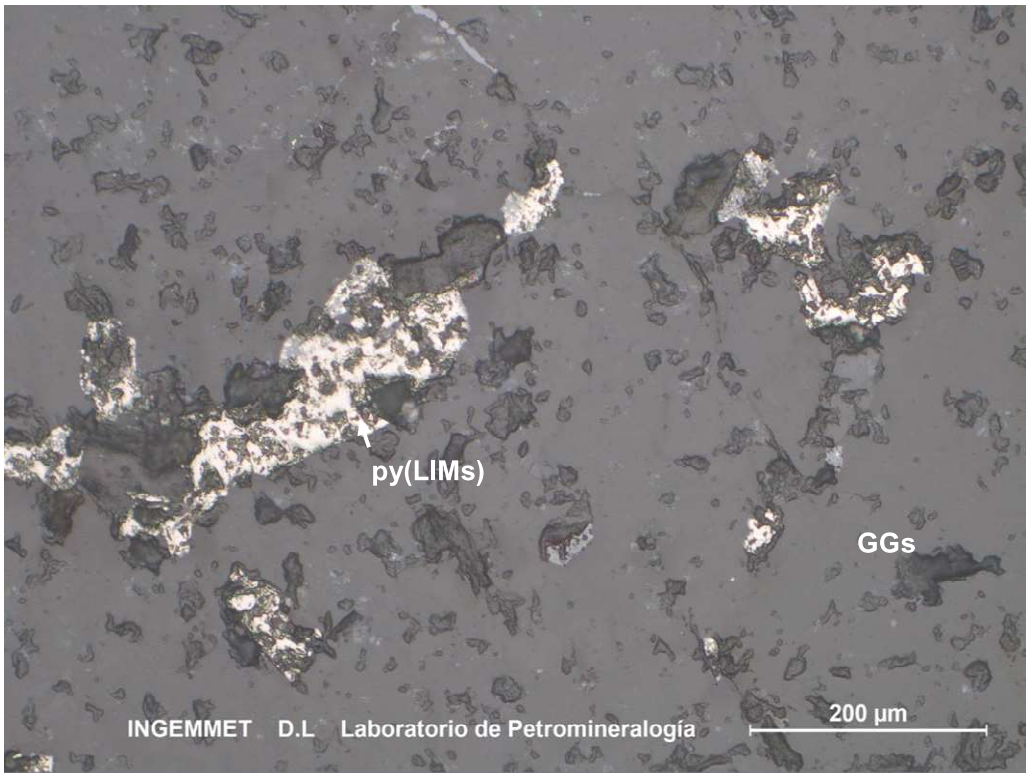
Muestra N° KIGAM-R-009 NXs

Cristales de feldespatos potásicos: FPs K; plagioclasas: PGLs; biotita: bt; moldes de ferromagnesianos reemplazados por óxidos y micas: OXs-ser, inmersos en una matriz constituida por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra N° KIGAM-R-009 NPs

Cristales de magnetita débilmente reemplazado por hematita: mt(hm); asociados con pirita y a su vez reemplazados por limonitas: py(LIMs). Gangas: GGs



Muestra N° KIGAM-R-009 NPs

Agregados de pirita reemplazados por limonitas: py(LIMs). Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

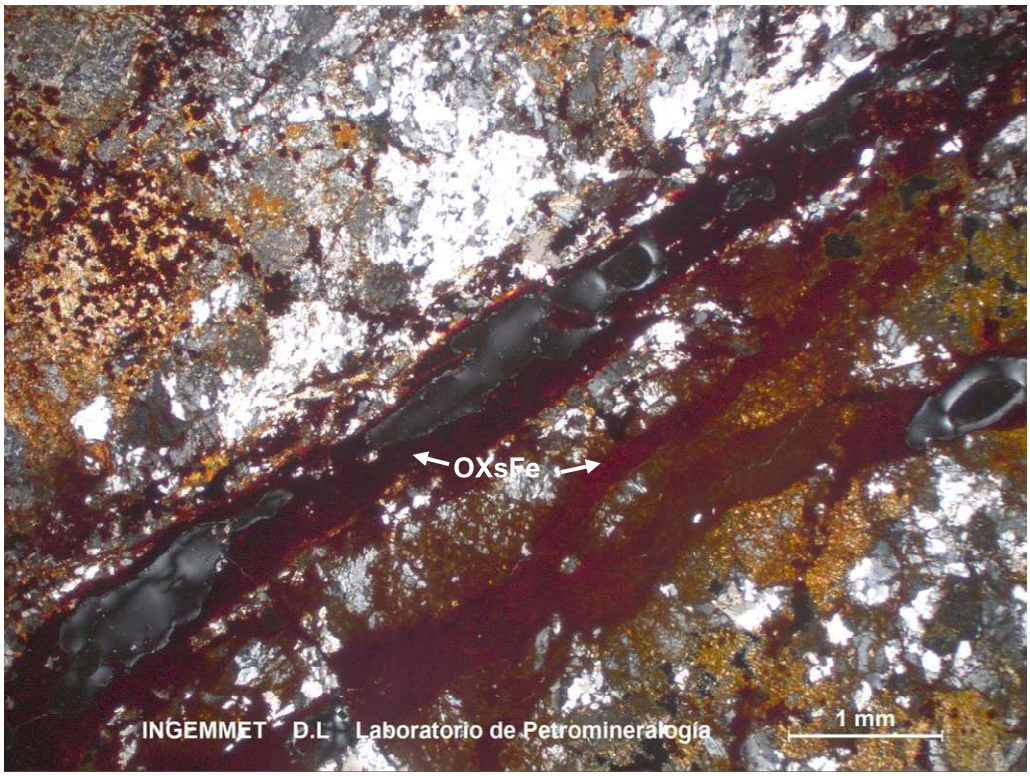
Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-011	29Q	9393329	729900	18	Trapiche

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:

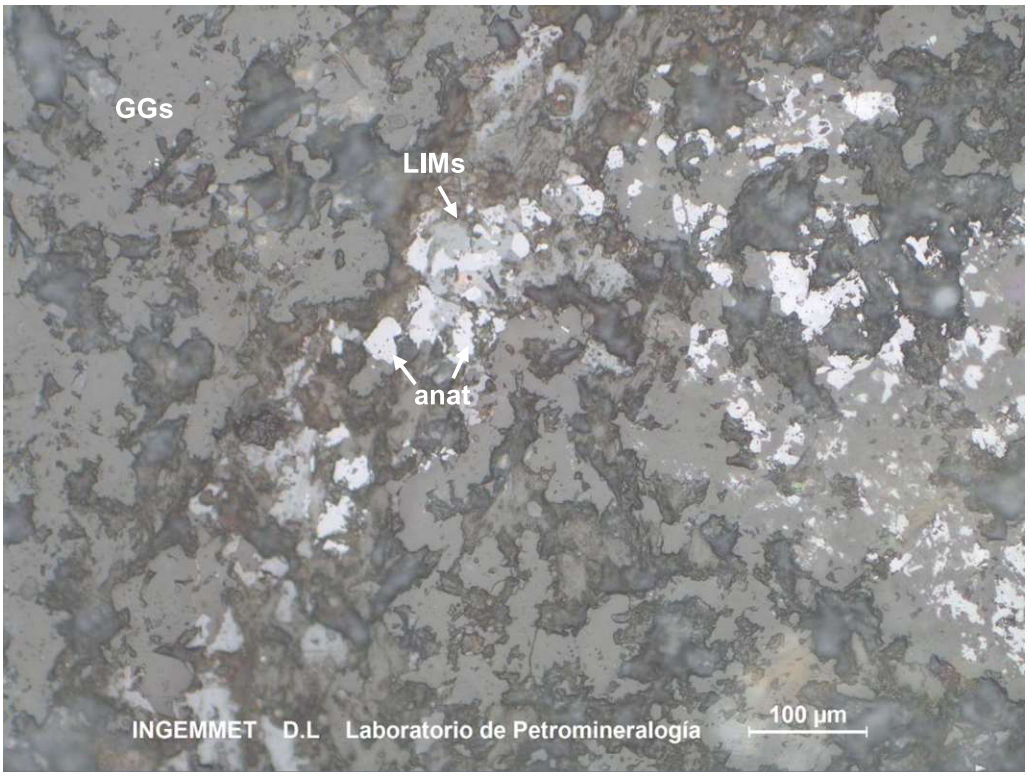
Muestra N° KIGAM-R-011 NXs

Cristales de feldespatos potásicos: FPsK, moscovita: mos; agregados de cuarzo y feldespatos: cz-FPs; además sericita como relleno de intersticios con impregnación de óxidos: ser(OXs)



Muestra N° KIGAM-R-011 NXs

Venillas de óxidos de hierro: OXsFe



Muestra N° KIGAM-R-011 NPs

Agregados de limonitas: LIMs y anatasa: anat. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

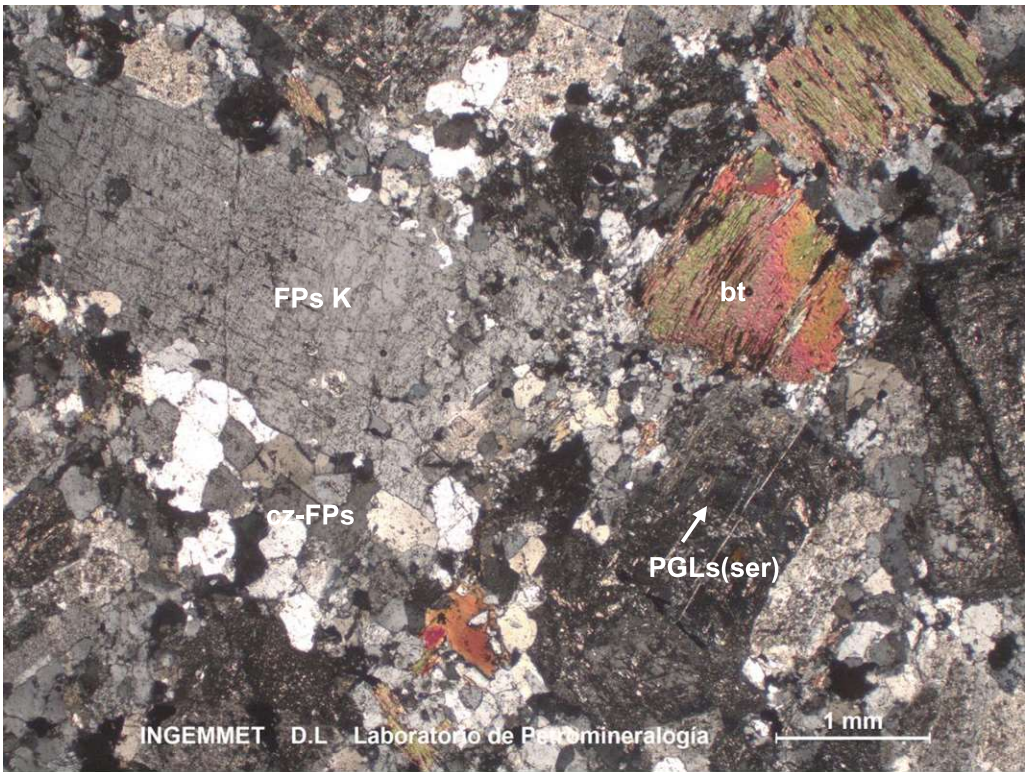
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-012	29Q	8395804	729446	18	Trapiche

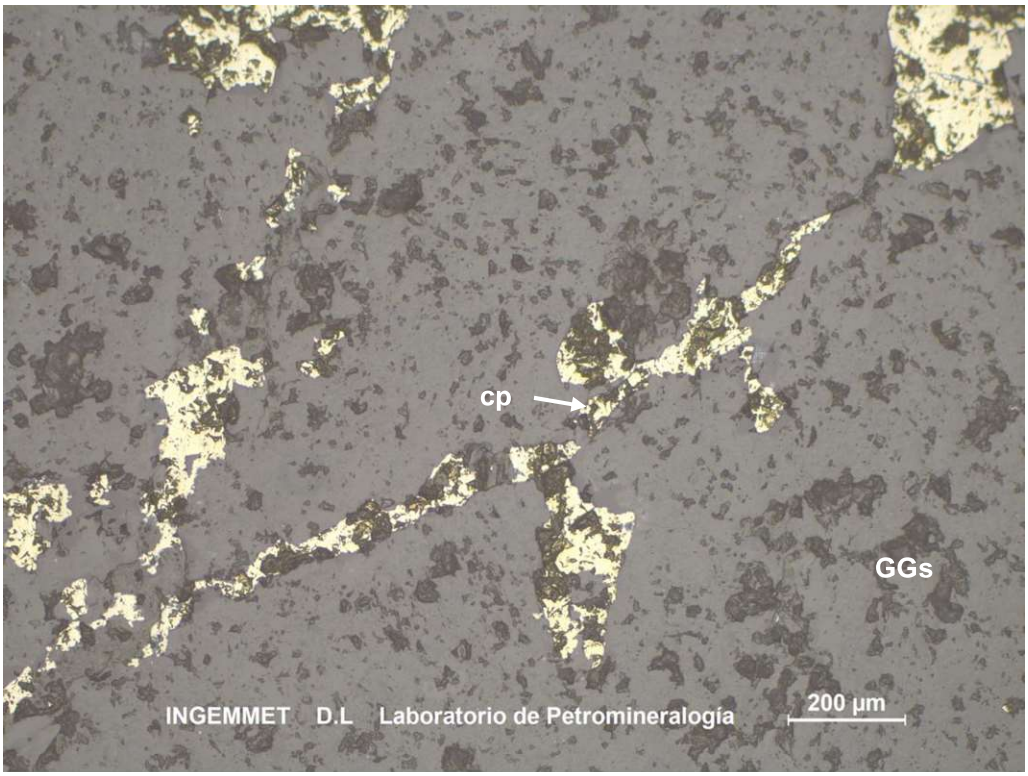
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-012 NXs

Cristales de plagioclasas alteradas por sericita: PGLs(ser), feldespatos potásicos alterados: FPs K; y biotita: bt inmersos en una matriz microcristalina constituido por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra N° KIGAM-M-012 NPs

Venilla de calcopirita: cp. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

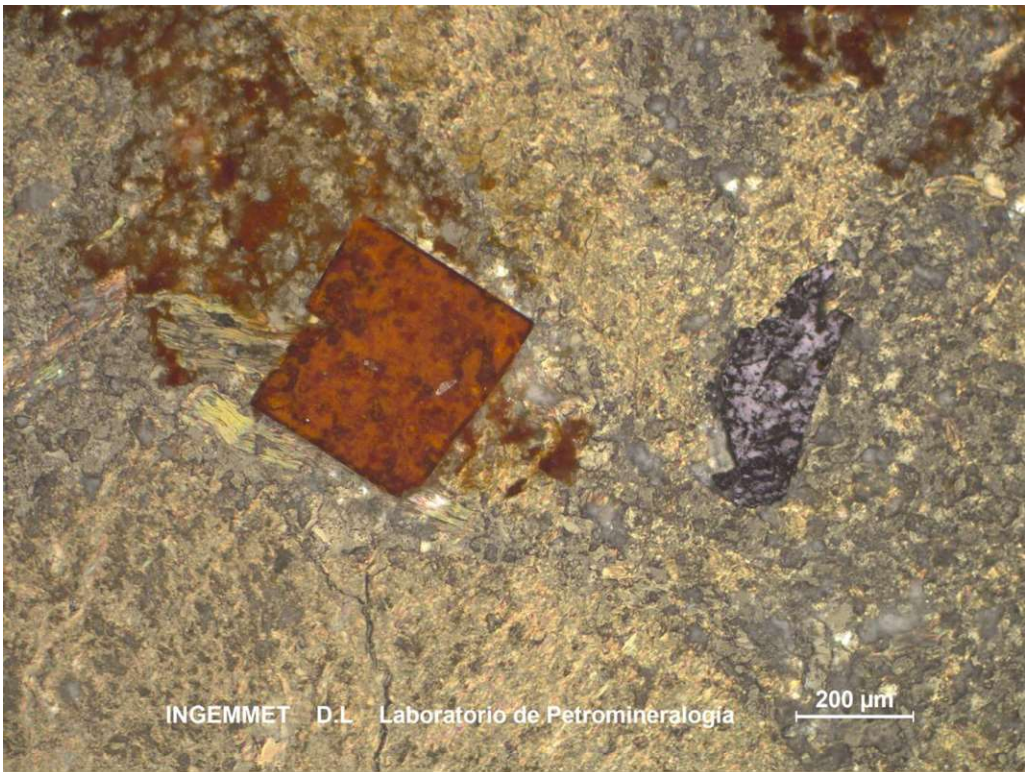
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-013	29Q	8395684	728708	18	Trapiche

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-013 NXs

Pseudomorfos de pirita reemplazados por limonitas: LIMs y cristal de molibdenita: mb. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

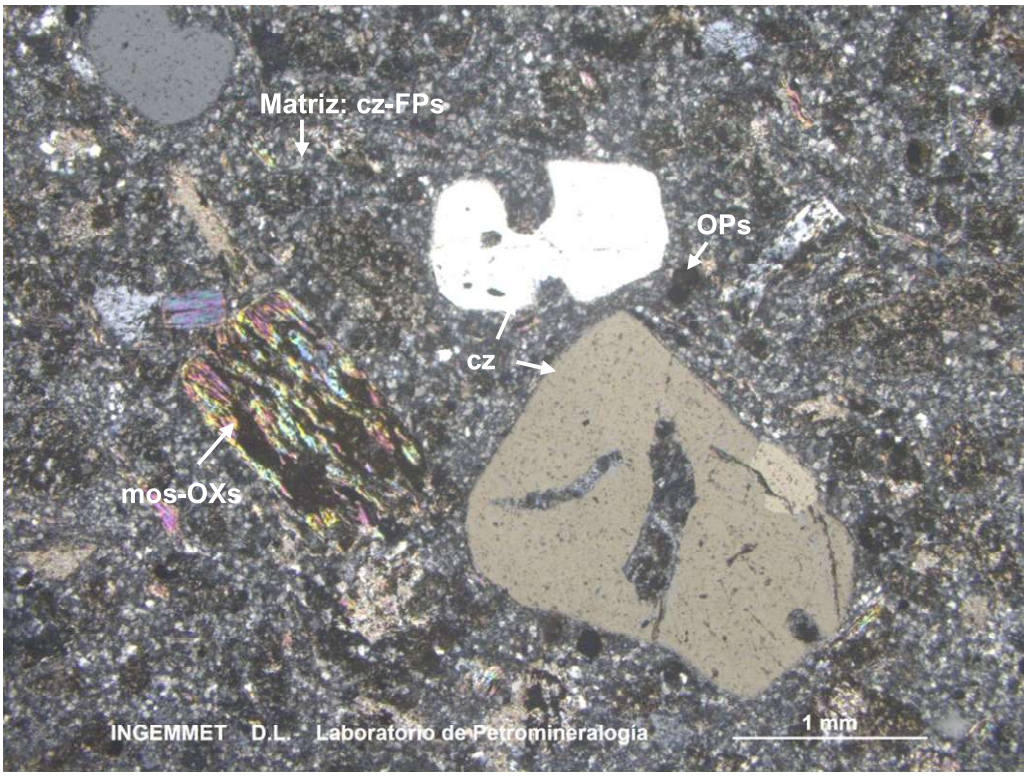
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-014	29Q	8395674	728708	18	Trapiche

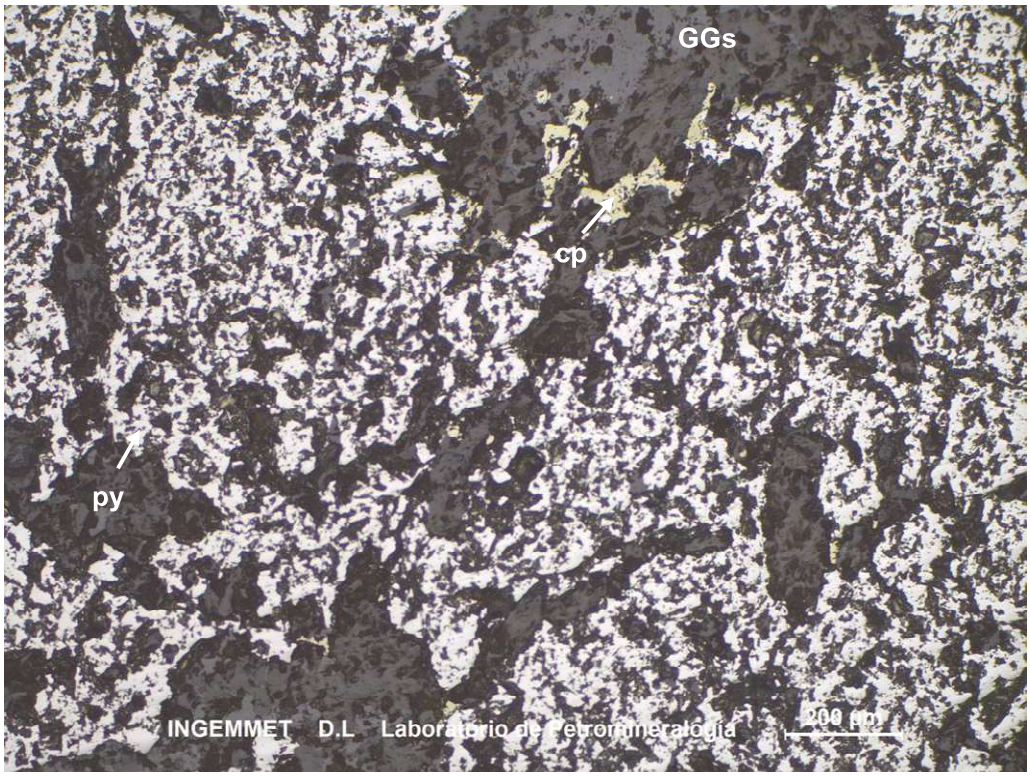
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



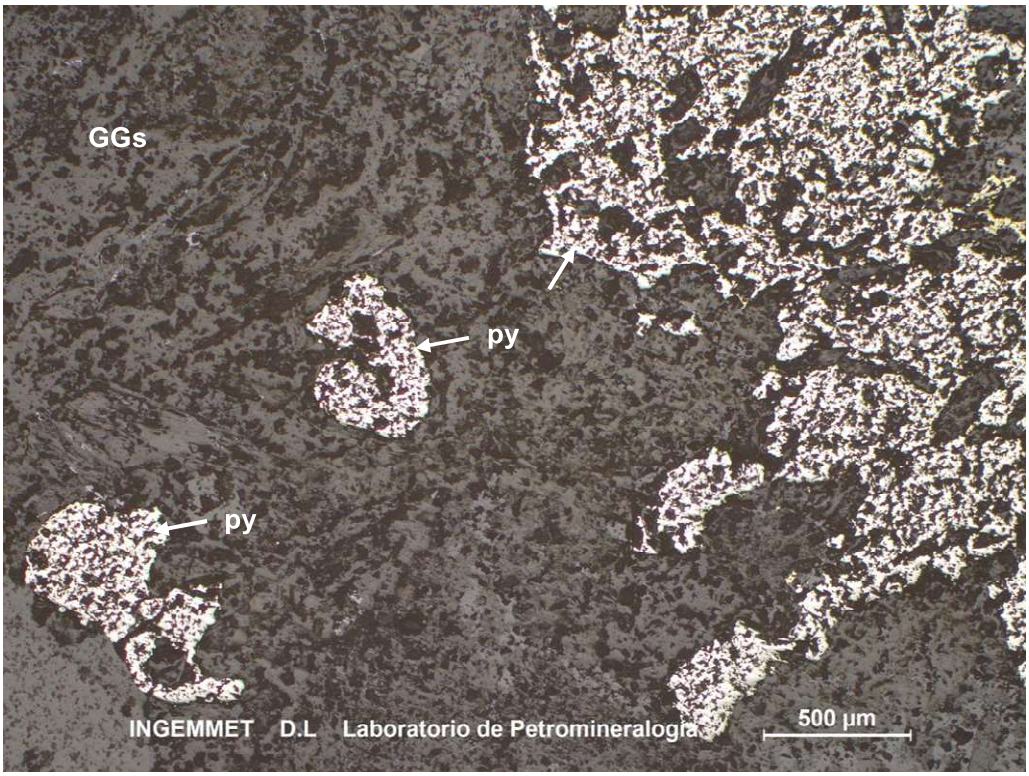
Muestra N° KIGAM-R-014 NXs

Cristales de cuarzo con bordes de reabsorción: cz, moscovita con impregnaciones de óxidos: mos-OXs y minerales opacos diseminados: OPs inmersos en una matriz microcristalina constituida por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra N° KIGAM-R-014 NPs

Agregados anhedrales de pirita: py asociados con calcopirita: cp. Gangas: GGs



Muestra N° KIGAM-R-014 NPs

Cristales y parches de pirita diseminados: py. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

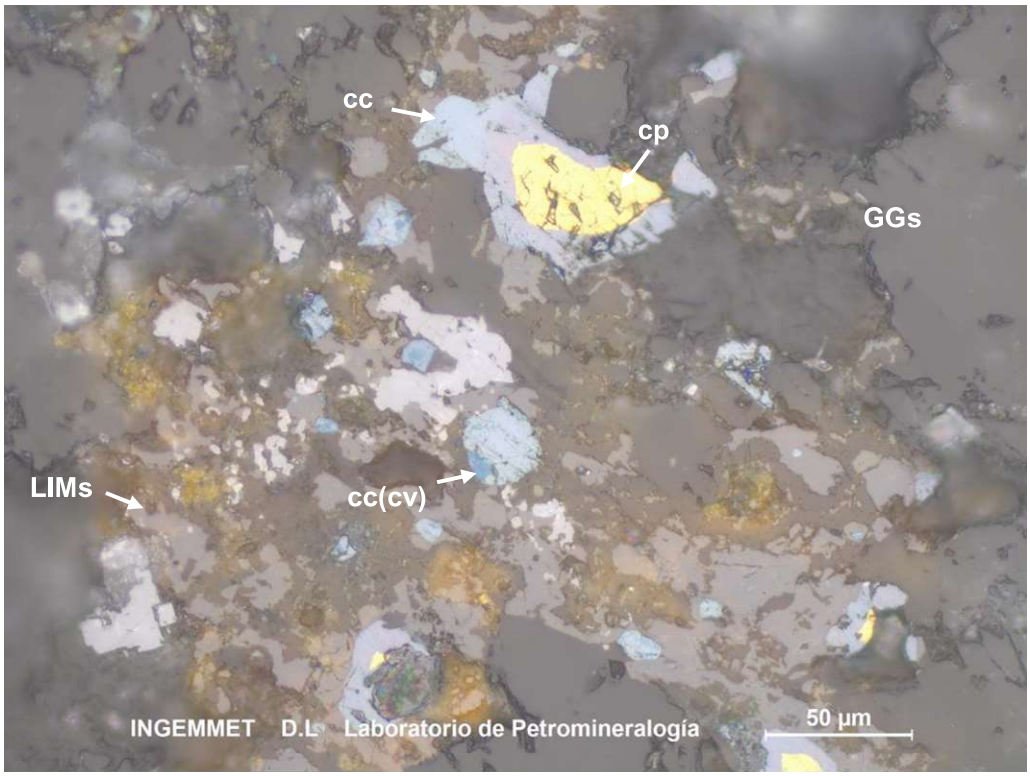
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-015	29Q	8395798	729464	18	Trapiche

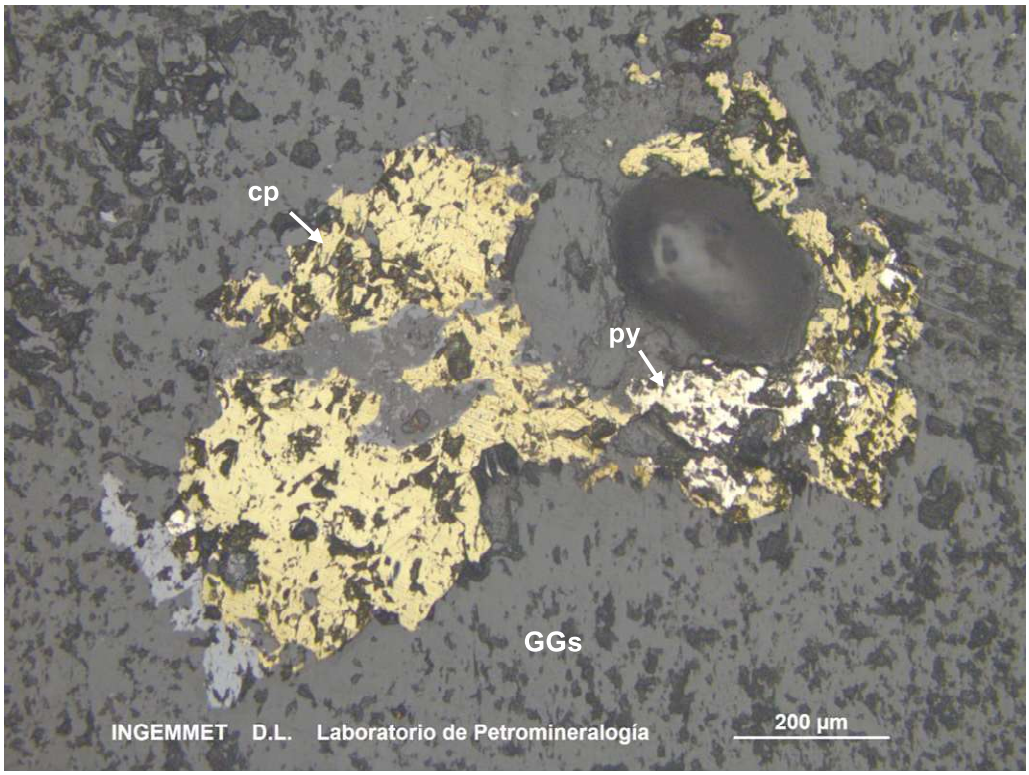
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



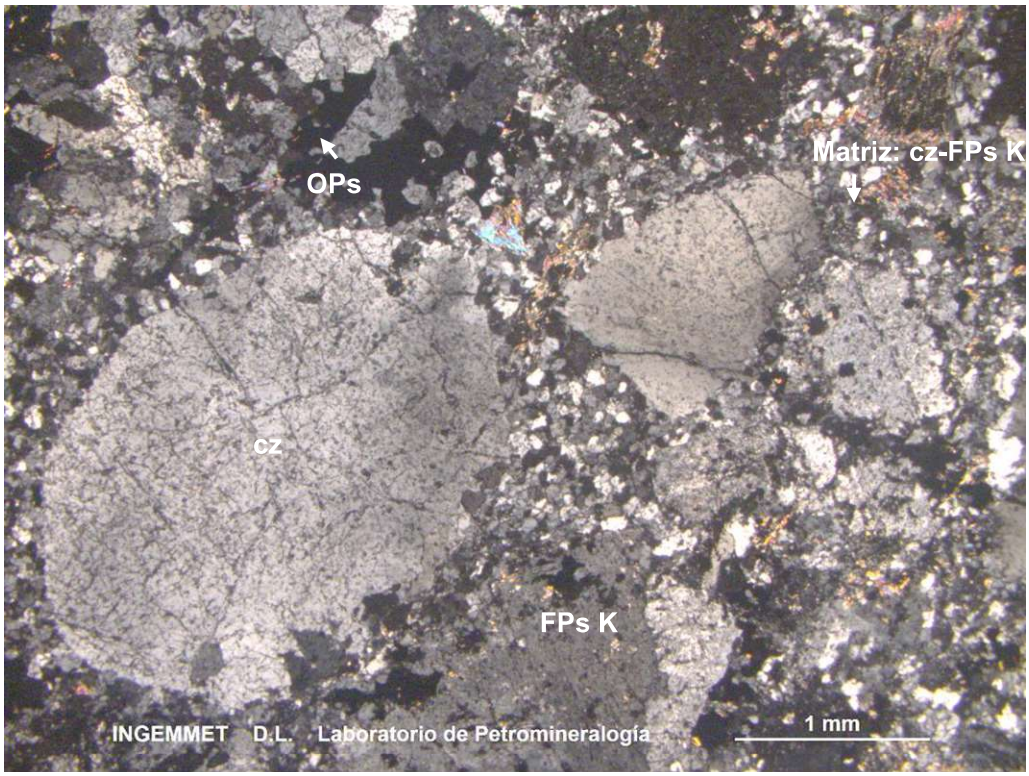
Muestra N° KIGAM-M-015 NPs

Cristales de calcopirita: cp reemplazados por calcosita: cc, además calcosita reemplazada por covelita: cc(cv); limonitas: LIMs y gangas: GGs.



Muestra N° KIGAM-M-015 NPs

Agregados anhedrales de calcopirita: cp, asociado con pirita: py. Gangas: GGs.



Muestra N° KIGAM-M-015 NXs

Cristales de cuarzo: cz; feldespatos potásicos: FPs K; y minerales opacos diseminados: OPs inmersos en una matriz constituida por cuarzo y feldespatos potásicos: cz-FPs K.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

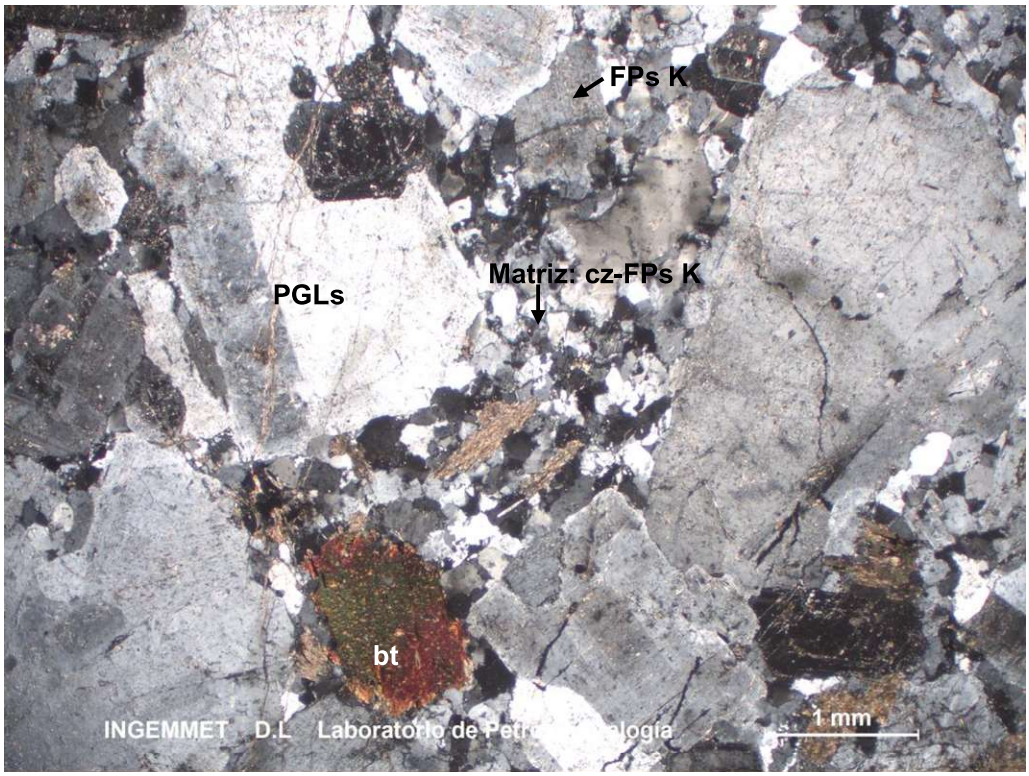
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-017	29Q	8395798	729464	18	Trapiche

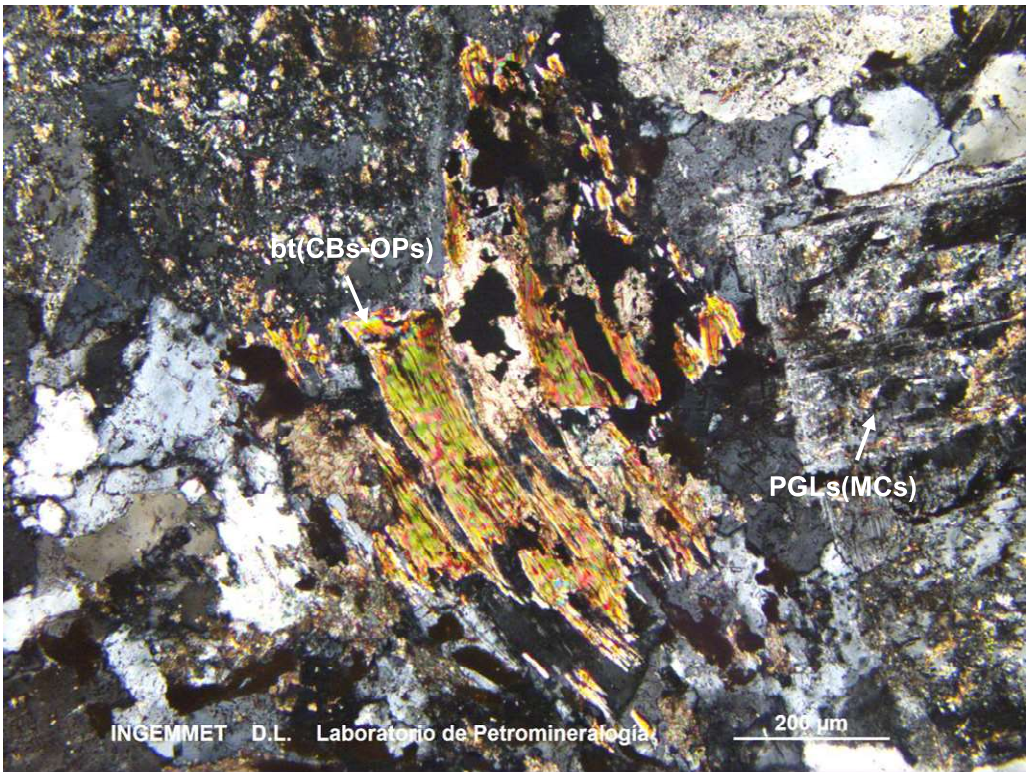
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



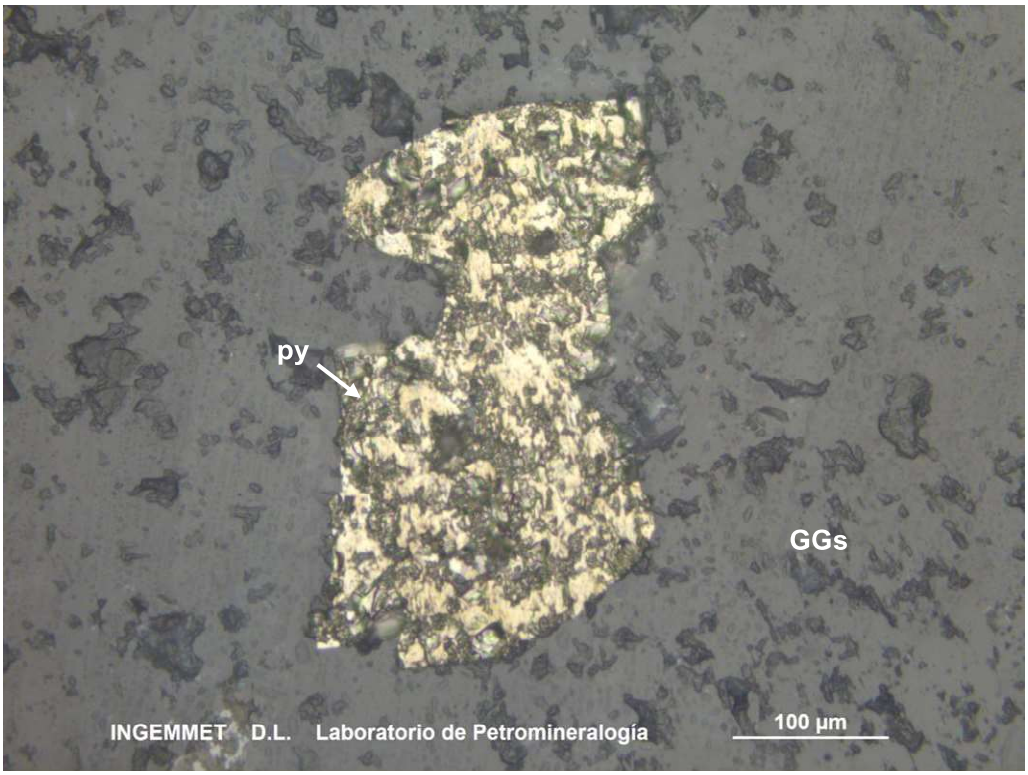
Muestra N° KIGAM-R-017 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs, feldespatos potásicos: FPs K; y biotita: bt inmersos en un matriz constituida por cristales de cuarzo y feldespatos potásicos: cz- FPs K.



Muestra N° KIGAM-R-017 NXs

Cristales de plagioclasas alteradas a micas: PGLs(MCs), también biotita alterada por carbonatos y minerales opacos: bt(CBs-OPs).



Muestra N° KIGAM-R-017 NPs

Cristal subhedral de pirita: py inmerso en gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

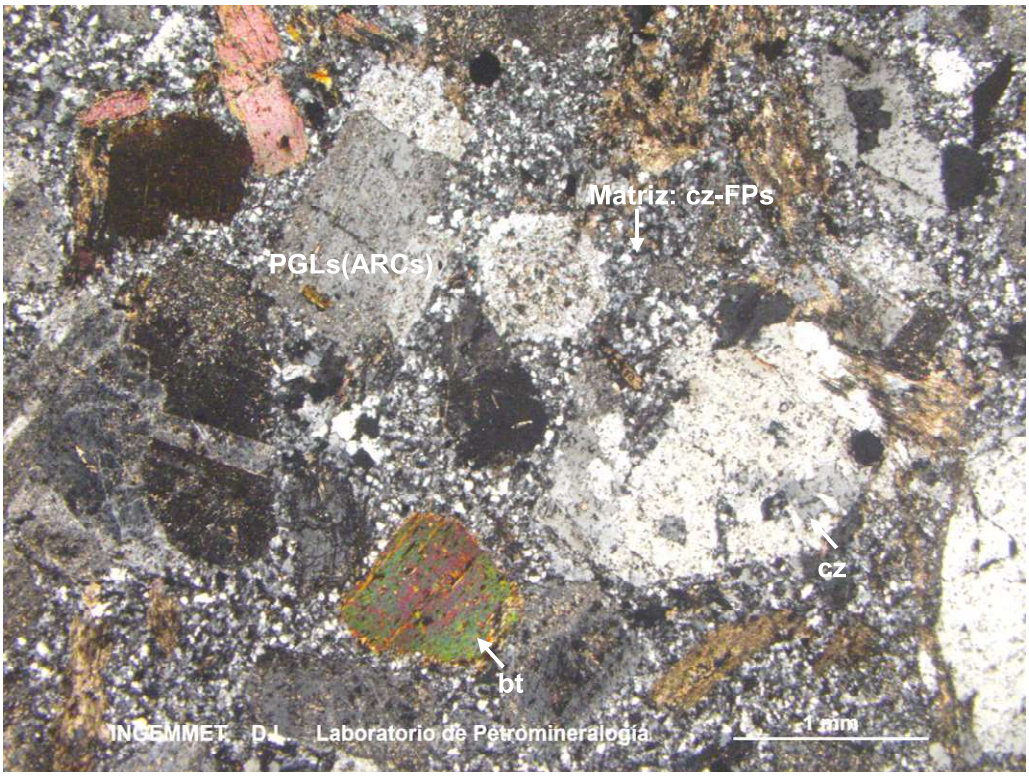
Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-019	29Q	8395798	729464	18	Trapiche

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:

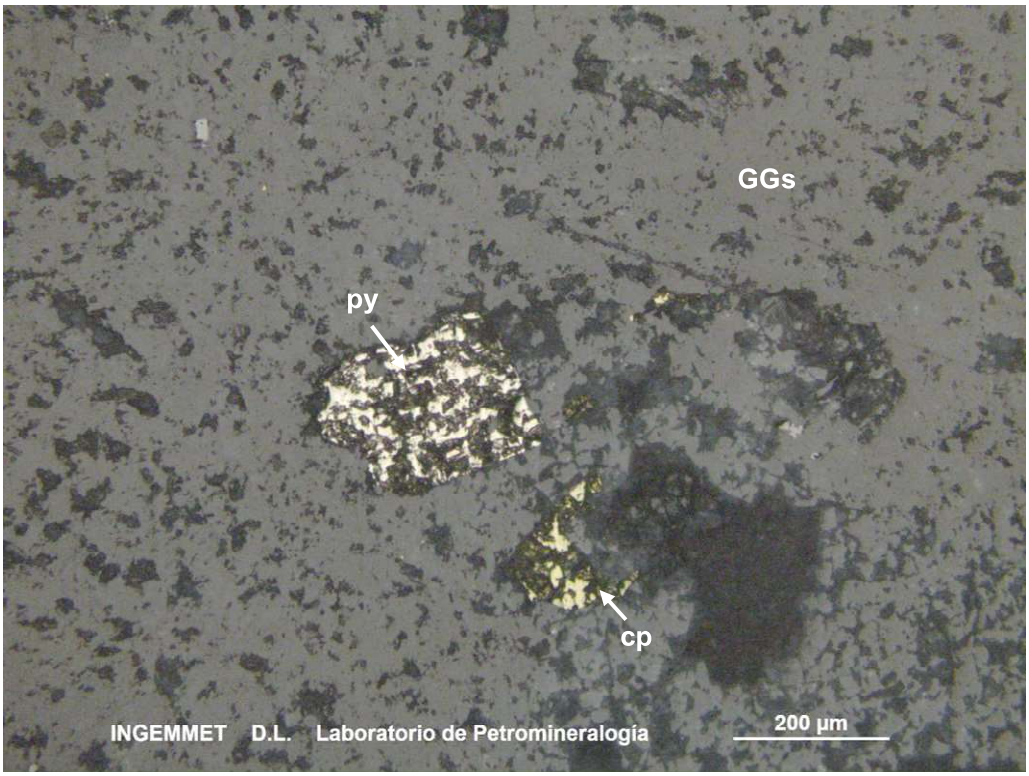
Muestra N° KIGAM-R-019 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs, biotita: bt, cuarzo: cz inmersos en una matriz constituida por cuarzo: cz.



Muestra N° KIGAM-R-019 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs, agregados de cuarzo: cz y cristales de biotita: bt, inmersos en una matriz microcristalina constituida por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra N° KIGAM-R-019 NPs

Cristal subhedral de pirita: py y cristal anhedral de calcopirita: cp diseminados. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

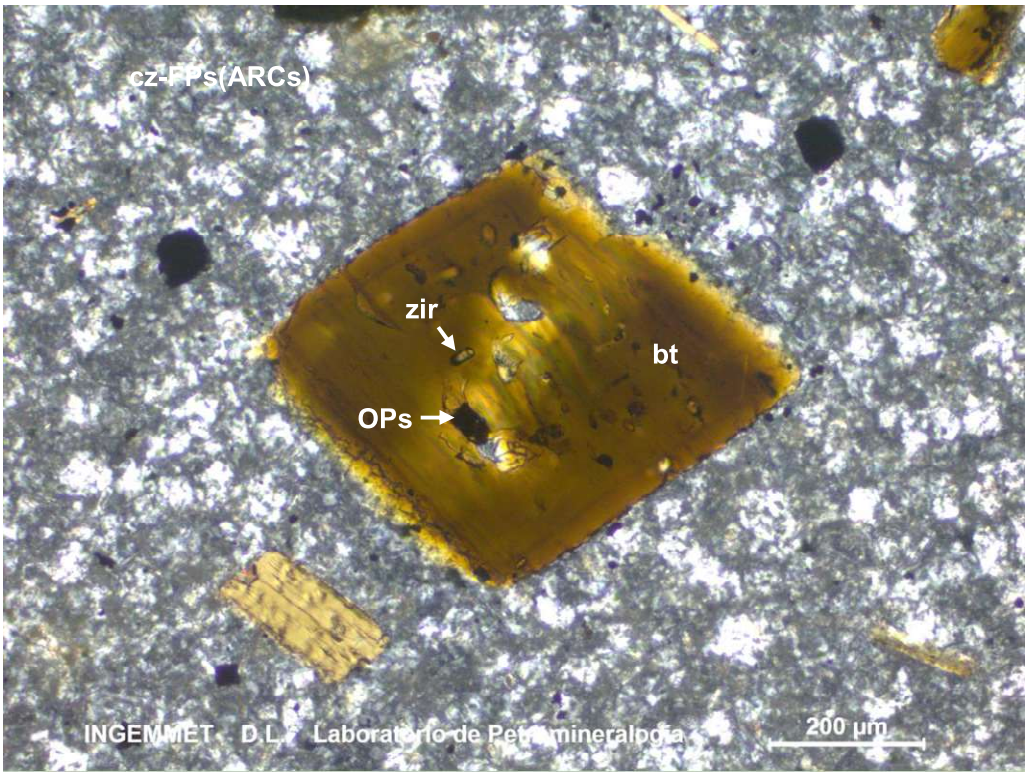
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-021	29Q	8408955	725234	18	Antabamba

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-021 NXs

Cristal de biotita euhedral: bt con inclusiones de minerales opacos: OPs y zircón: zir, la matriz está constituida por cuarzo y feldespatos alterados a arcillas: cz-FPs(ARCs).

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

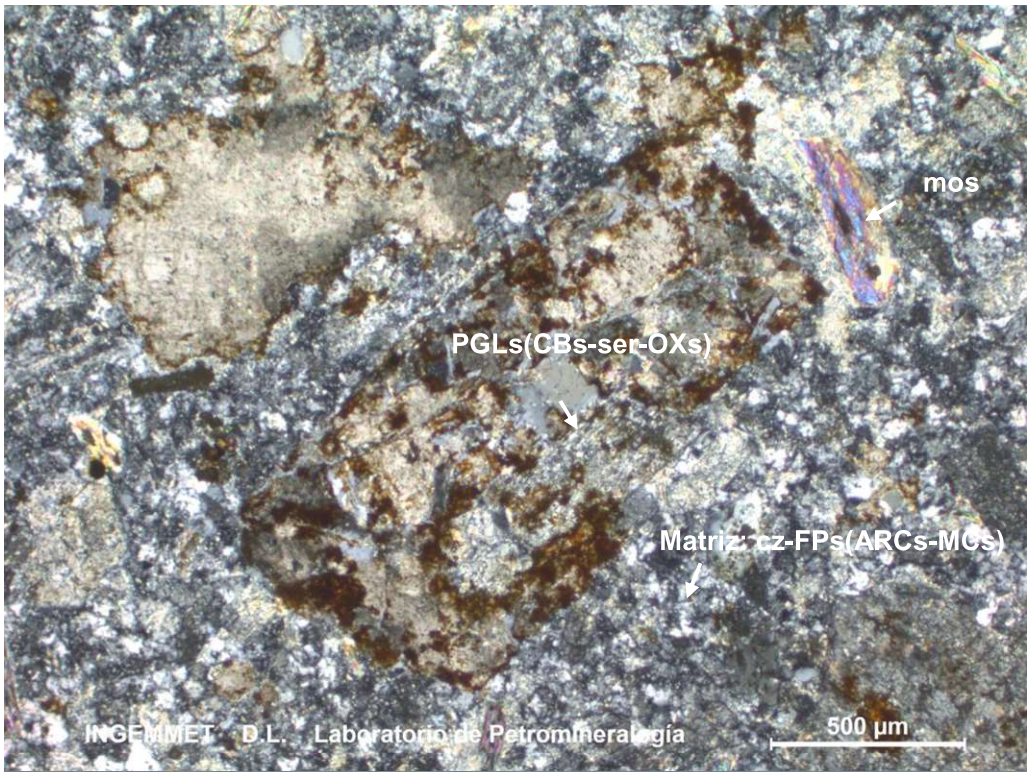
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-022	29Q	8413860	722782	18	Antabamba

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-022 NXs

Cristales de plagioclasas reemplazado por carbonatos, sericita y óxidos: PGLs(CBs-ser-OXs); además cristal de moscovita: mos; la matriz está conformada por cuarzo, feldespatos alterados a arcillas y micas: cz-FPs(ARCs-MCs).

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

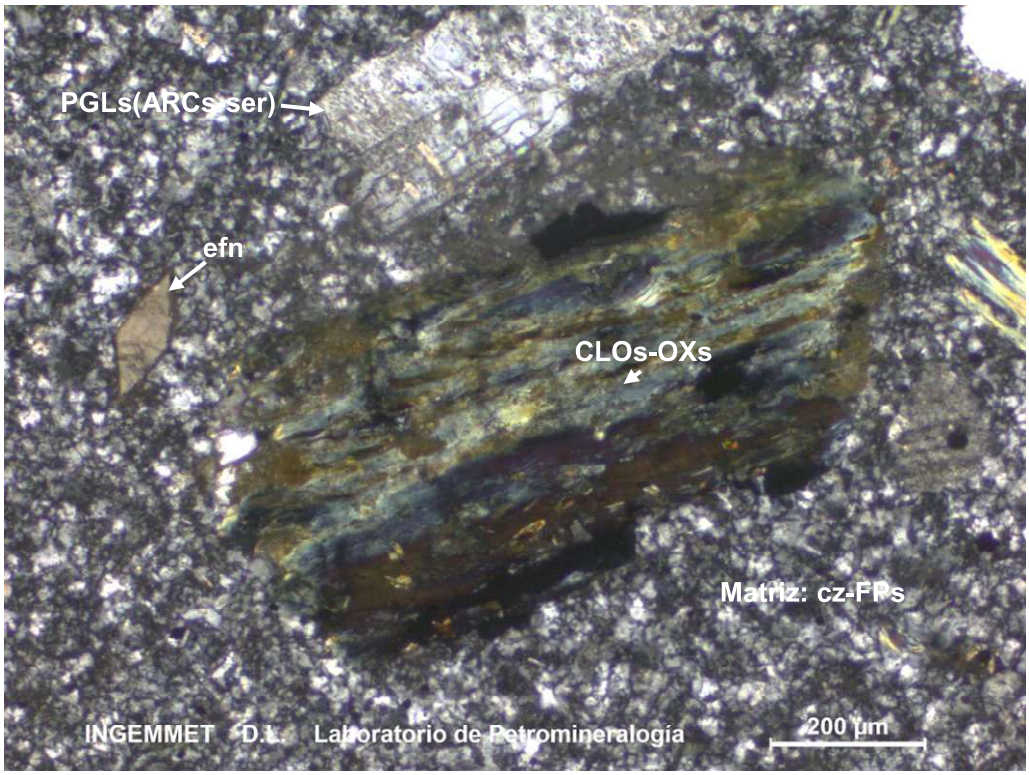
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-023	29Q	8423895	711057	18	Antabamba

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-023 NXs

Cristales de plagioclasas alterados a arcillas y sericita: PGLs(ARCs-ser); molde de biotita reemplazado por cloritas y óxidos: CLOs-OXs; además cristal euhedral de esfena: efn; inmersos en una matriz microcristalina constituida por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

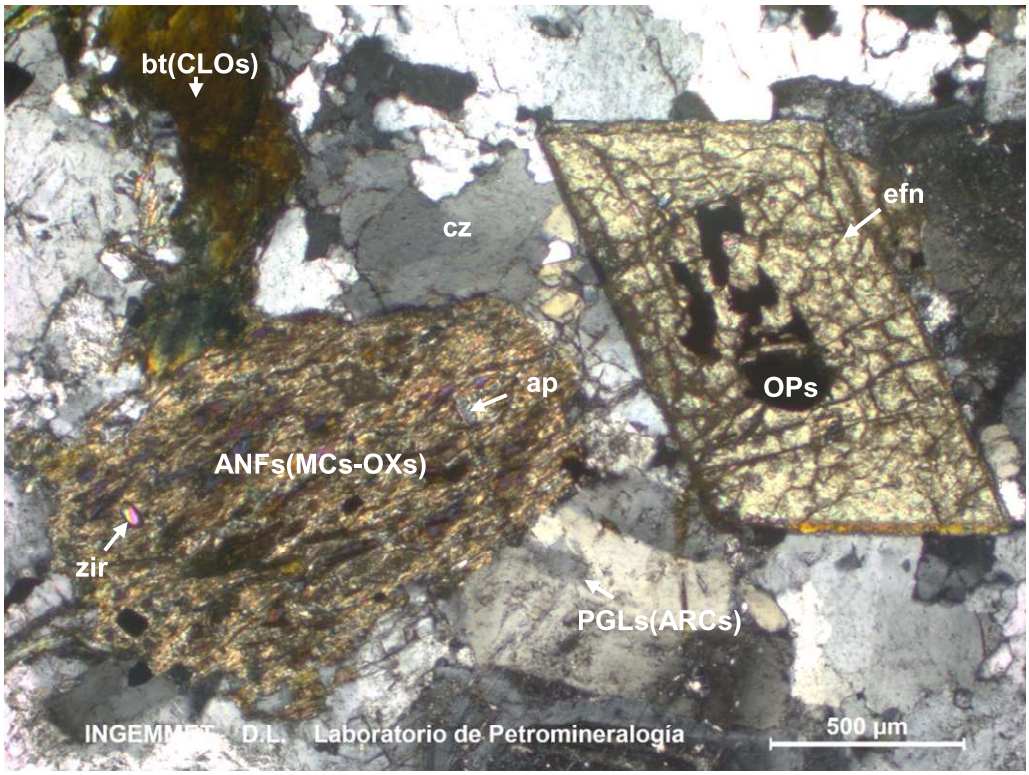
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-024	29Q	8423895	711057	18	Antabamba

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-024 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs; cuarzo intersticial: cz; anfíboles alterados a micas y óxidos: ANFs(MCs-OXs) además posee inclusiones de zircón: zir y apatito: ap; biotita alterado a cloritas: bt(CLOs); también se observa cristal euhedral de esfena: efn.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

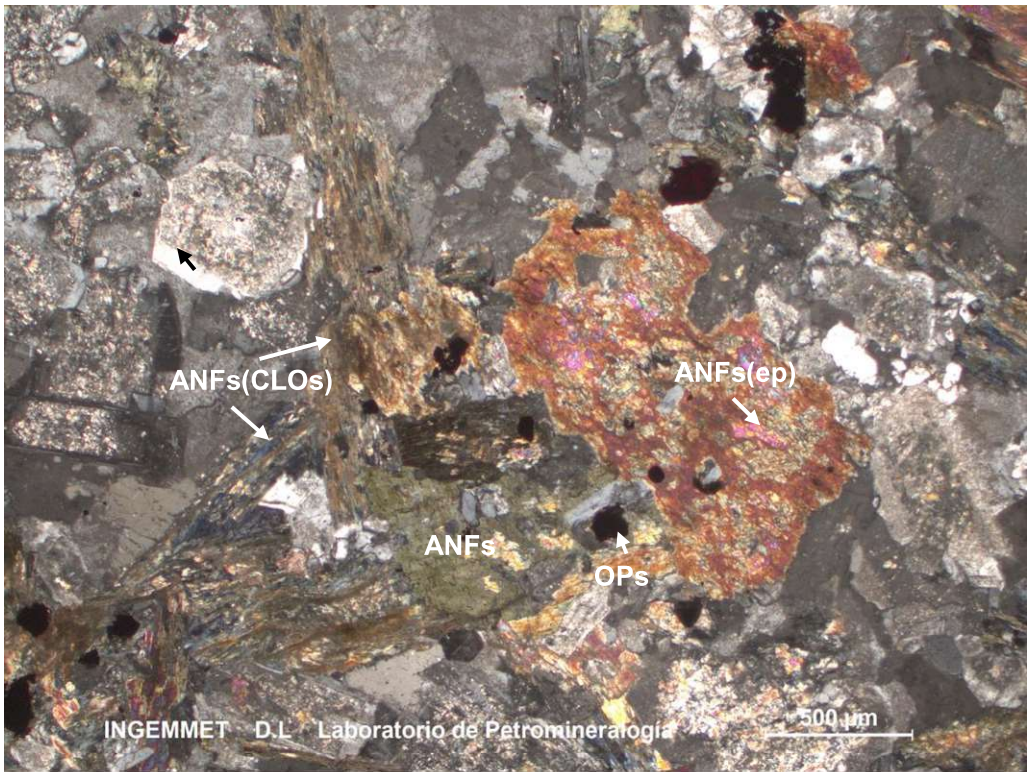
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-025	29Q	8442682	696110	18	Antabamba

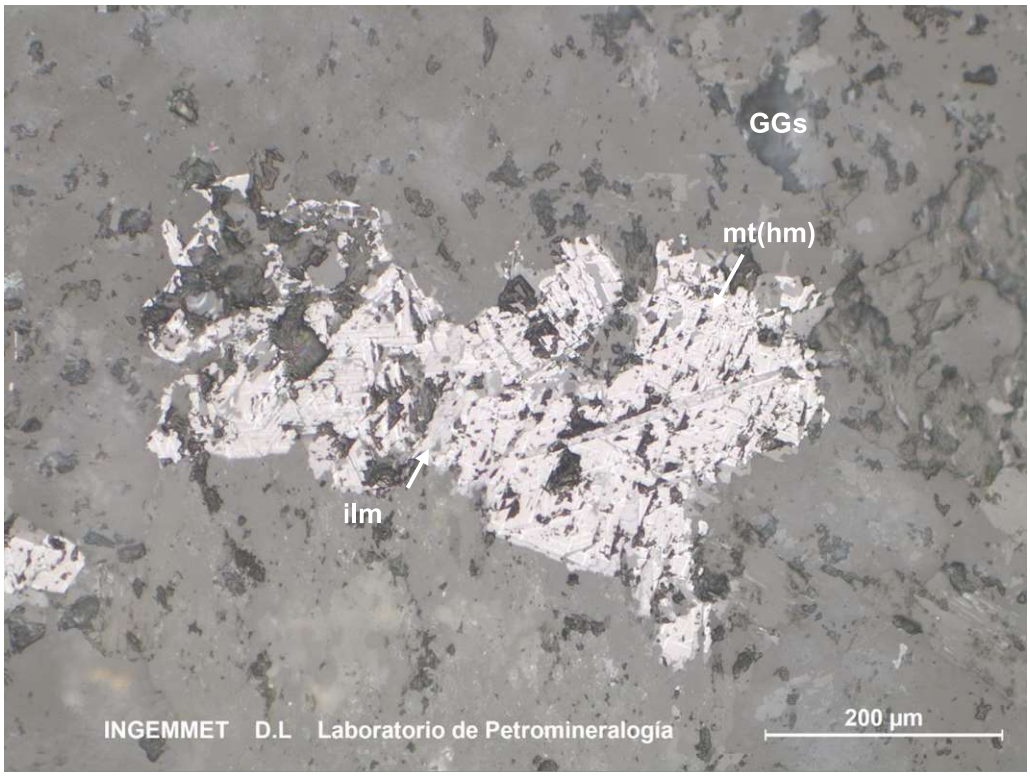
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



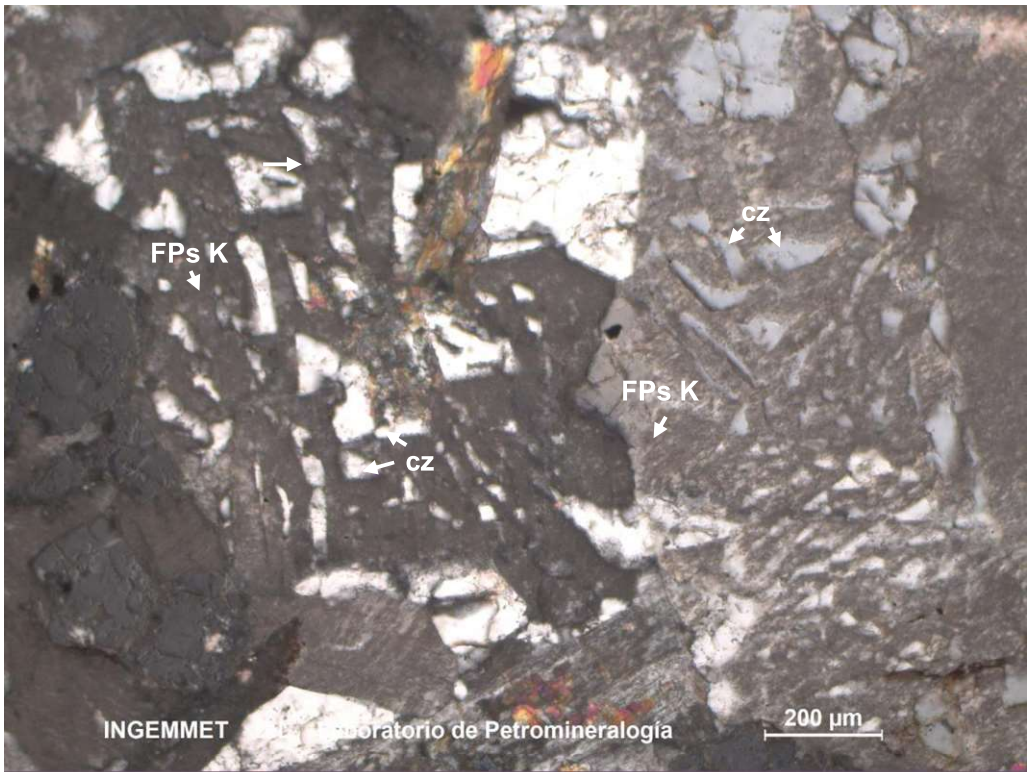
Muestra N° KIGAM-R-025 NXs

Cristales de anfíboles alterados a epidota: ANFs(ep) y cloritas: ANFs(CLOs), además asociados con minerales opacos: OPs.



Muestra N° KIGAM-R-025 NPs

Cristales de magnetita diseminados, están reemplazados por hematita desde sus planos de clivaje: mt(hm), además están reemplazados por ilmenita: ilm. Gangas: GGs



Muestra N° KIGAM-R-025 NXs
Cristales de feldespatos potásicos: FPs K intercrecidos con cuarzo: cz constituyendo la textura gráfica.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

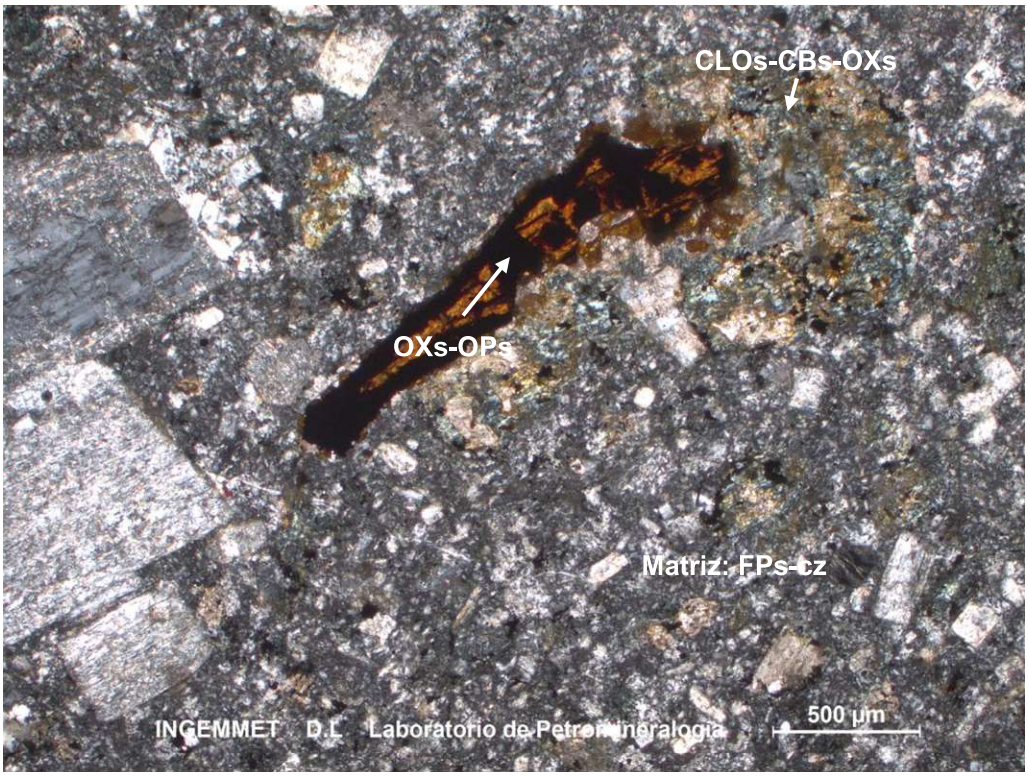
Sin observaciones.

II. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-026	30S	8399676	198850	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

III. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-026 NXs

Moldes de ferromagnesianos reemplazados por agregados de cloritas, carbonatos y óxidos: CLOs-CBs-OXs inmersos en una matriz microcristalina, constituida por feldespatos y cuarzo: FPs-cz.

IV. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

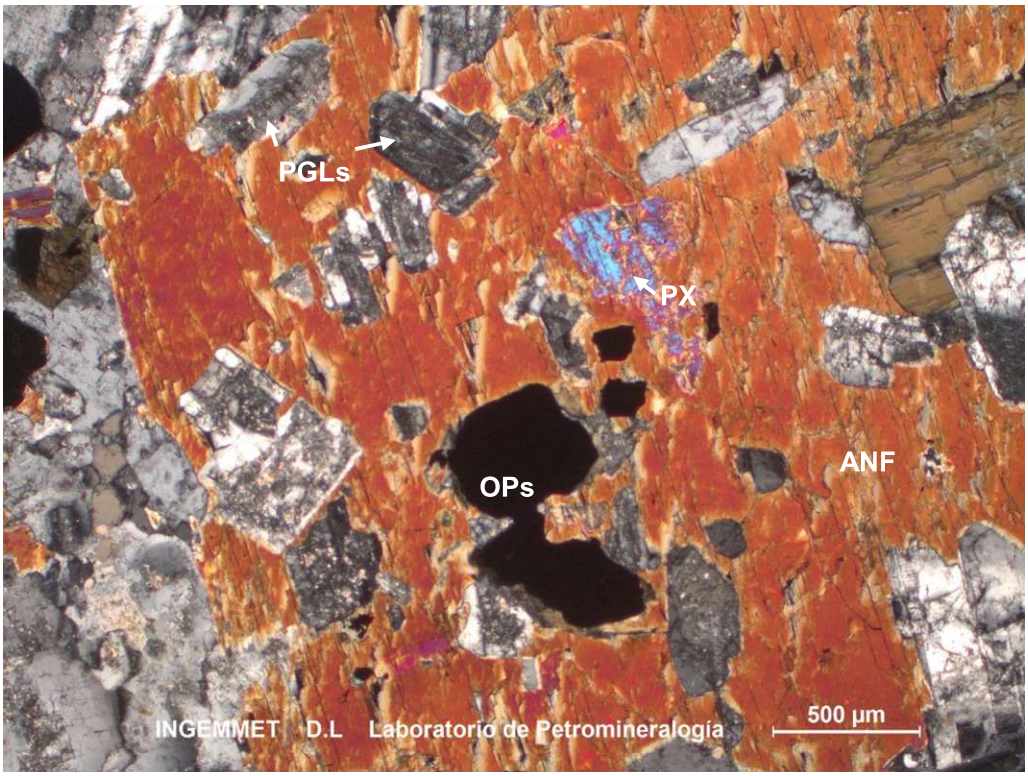
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-027	30S	8399672	198900	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-027 NXs

Cristal de anfíbol: ANF englobando a plagioclasas: PGLs, piroxeno: PX, minerales opacos: OPs.

III. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

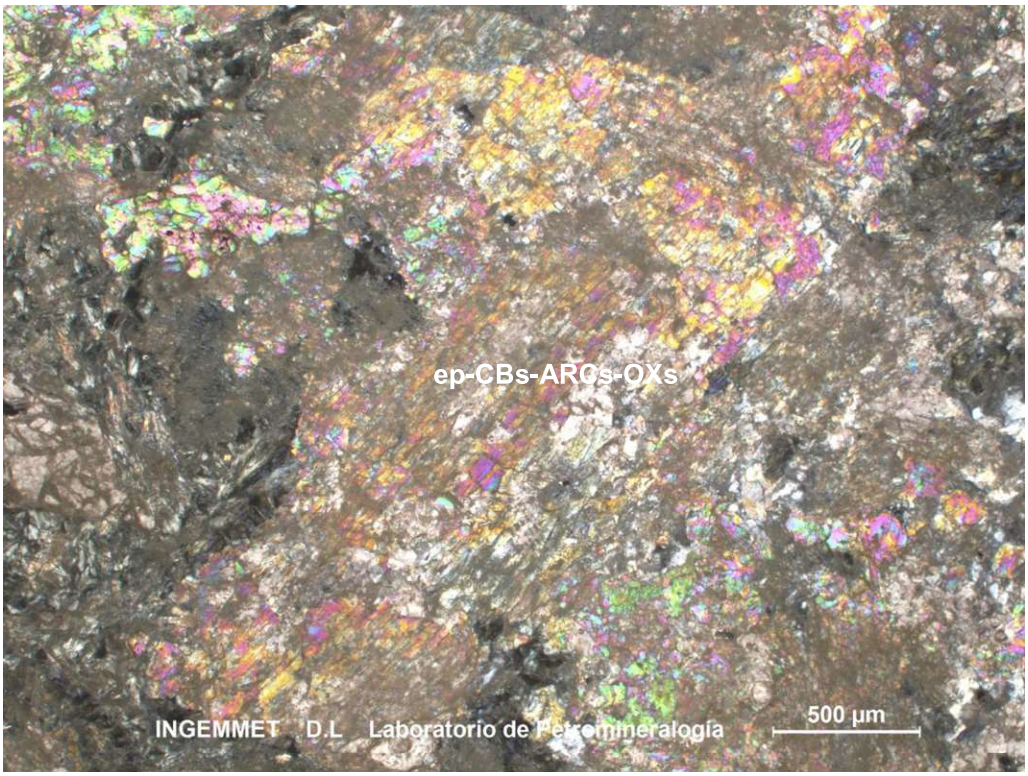
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-028	30S	8399672	198900	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-028 NXs

Moldes de ferromagnesianos reemplazados por agregados de epidota: ep; carbonatos: CBs arcillas: ARCs y óxidos: OXs.

III. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

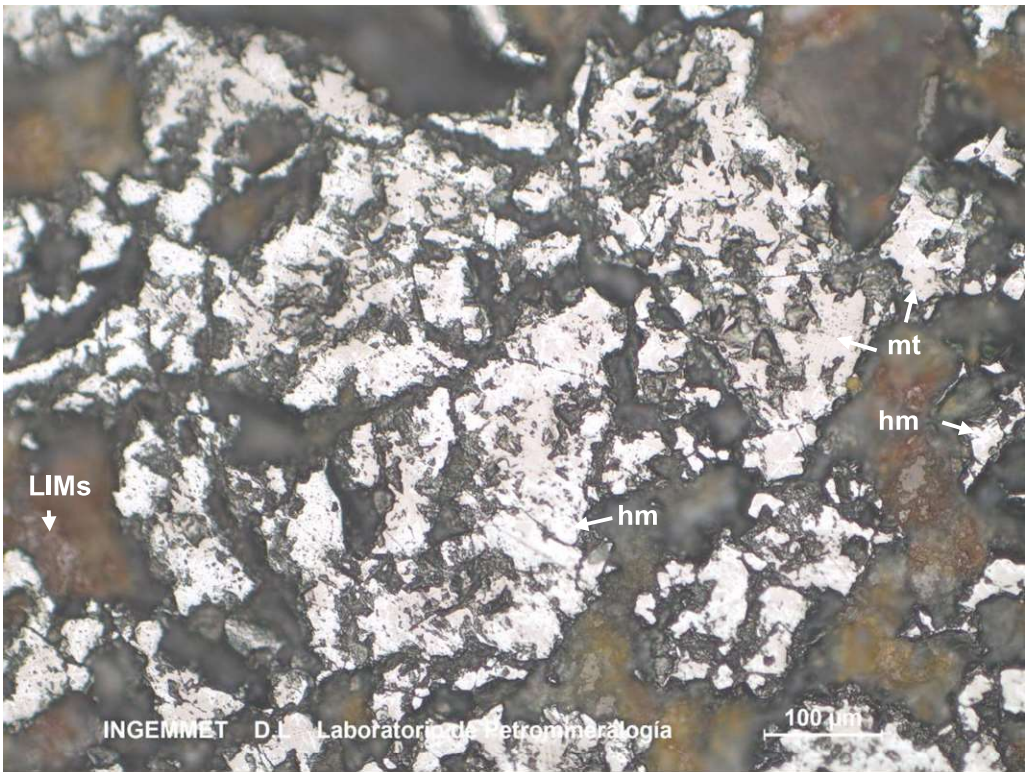
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-029	30S	8399502	198991	19	Constancia

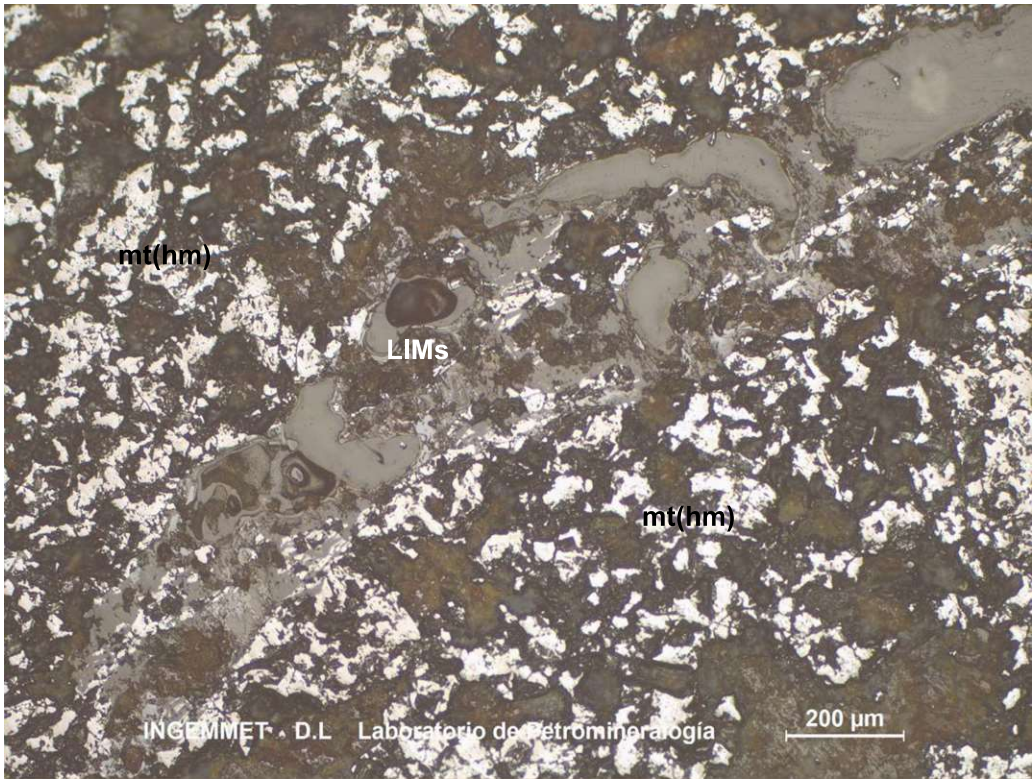
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



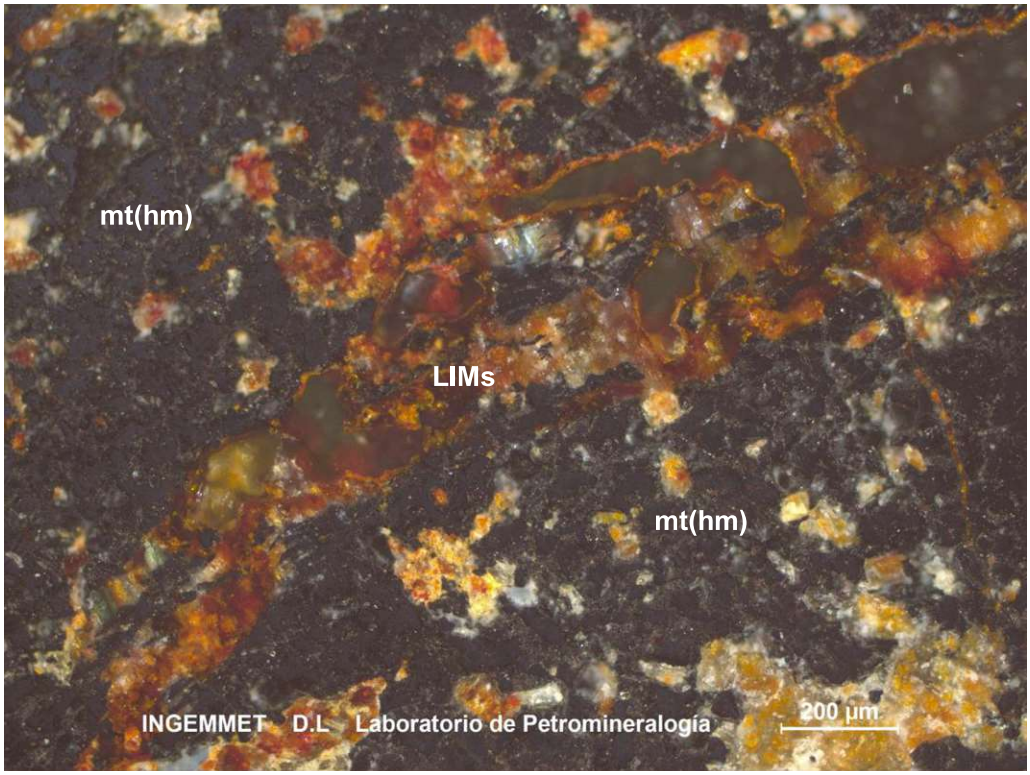
Muestra N° KIGAM-R-029 NPs

Agregados de magnetita: mt reemplazado por hematita a través de sus planos de clivaje: hm, además alterado por limonitas: LIMs.



Muestra N° KIGAM-R-029 NPs

Agregados de magnetita reemplazados por hematita a través de sus planos de clivaje: mt(hm), venilla de limonitas: LIMs.



Muestra N° KIGAM-R-029 NXs

Agregados de magnetita reemplazados por hematita a través de sus planos de clivaje: mt(hm), venilla de limonitas: LIMs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

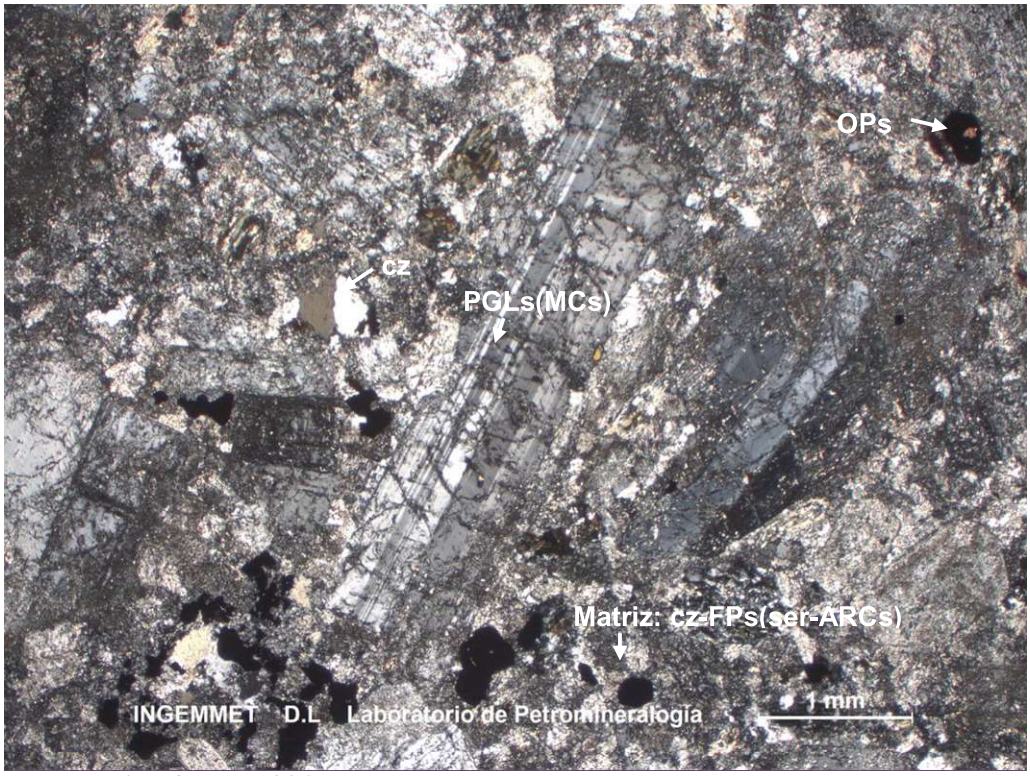
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-031	30S	8399685	201572	19	Constancia

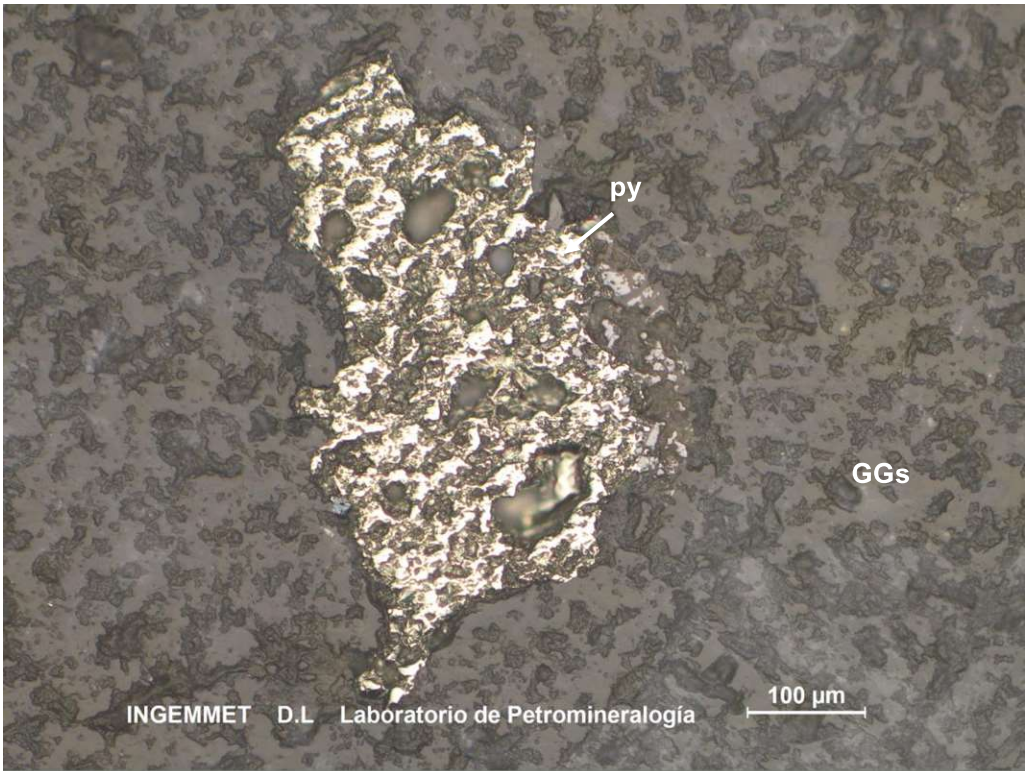
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



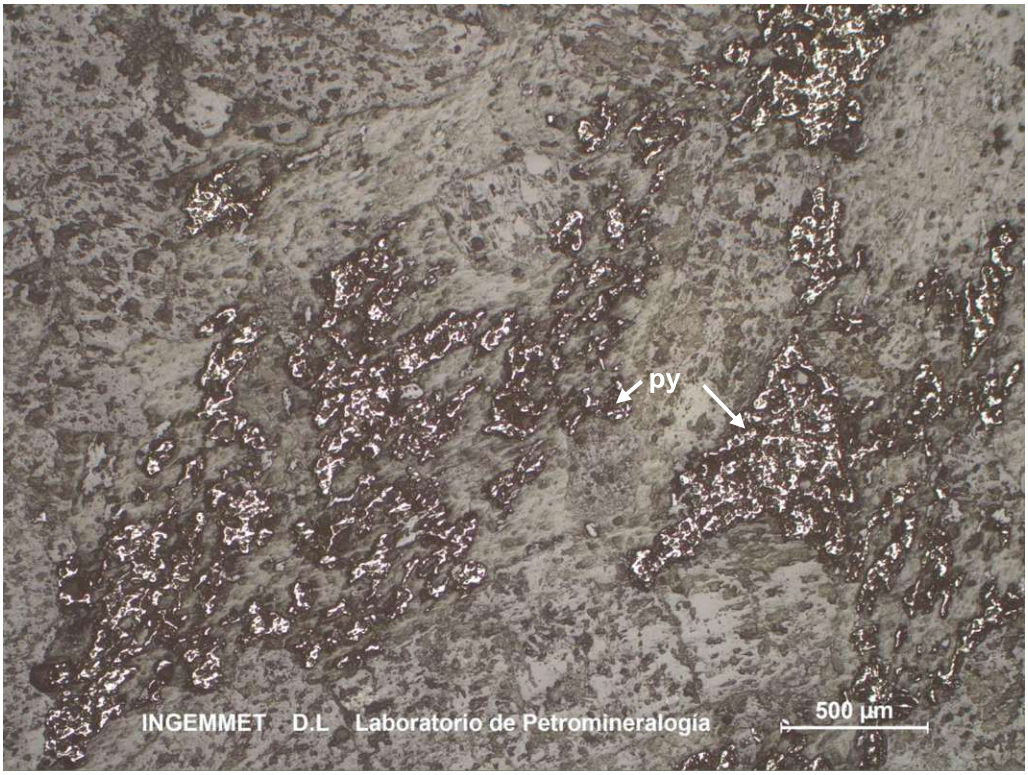
Muestra N° KIGAM-R-031 NXs

Cristales de plagioclasas alterados a arcillas: PGLs; cuarzo: cz; minerales opacos diseminados: OPs. La matriz está constituida por cuarzo y feldespatos, además esta alterada a sericita y arcillas: cz-FPs(ser-ARCs).



Muestra N° KIGAM-R-031 NPs

Cristal de pirita diseminado: py; gangas: GGs.



Muestra N° KIGAM-R-031 NPs

Agregados de pirita: py como reemplazamiento de moldes de ferromagnesianos.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

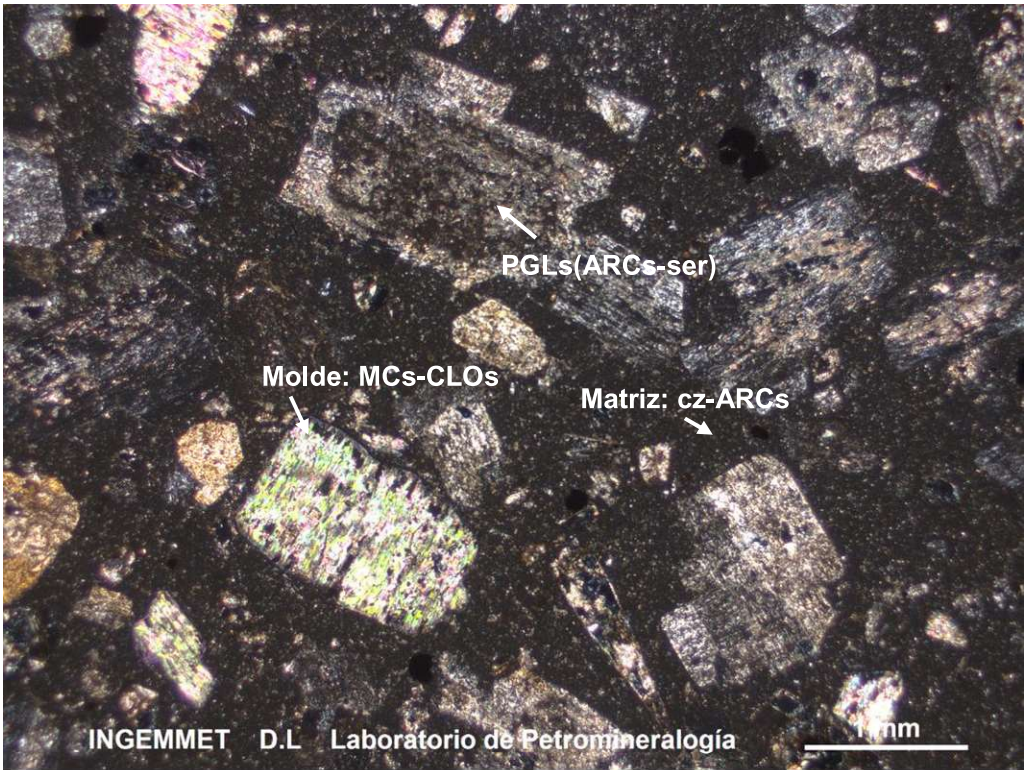
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-032	30S	8399704	201776	19	Constancia

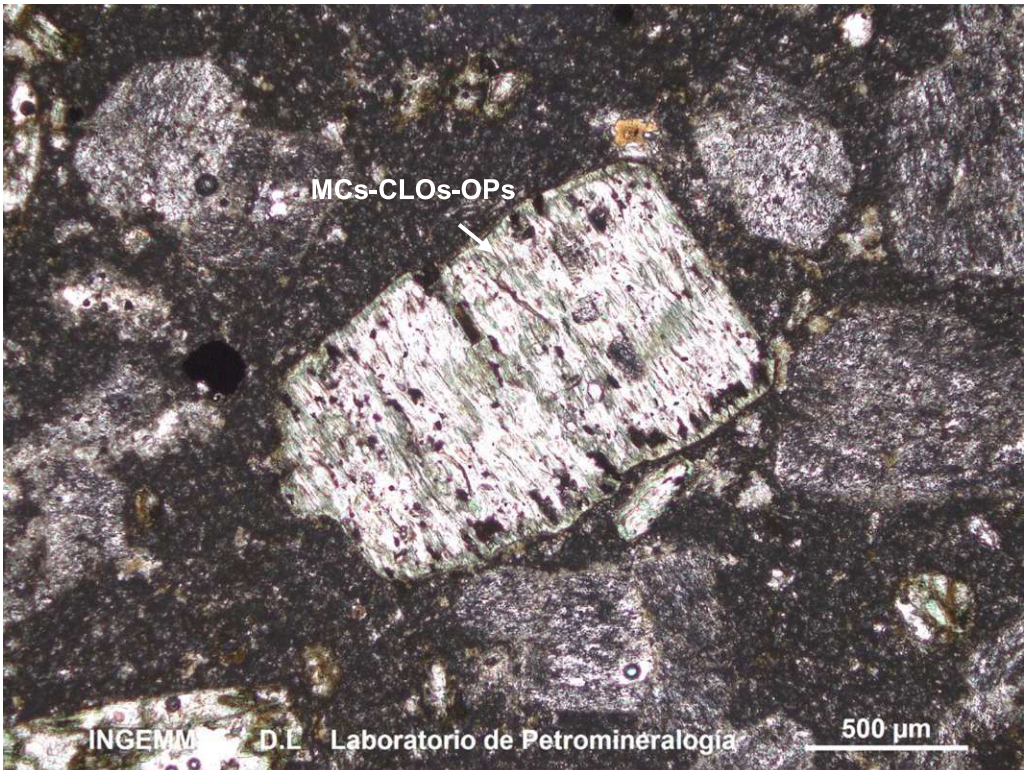
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



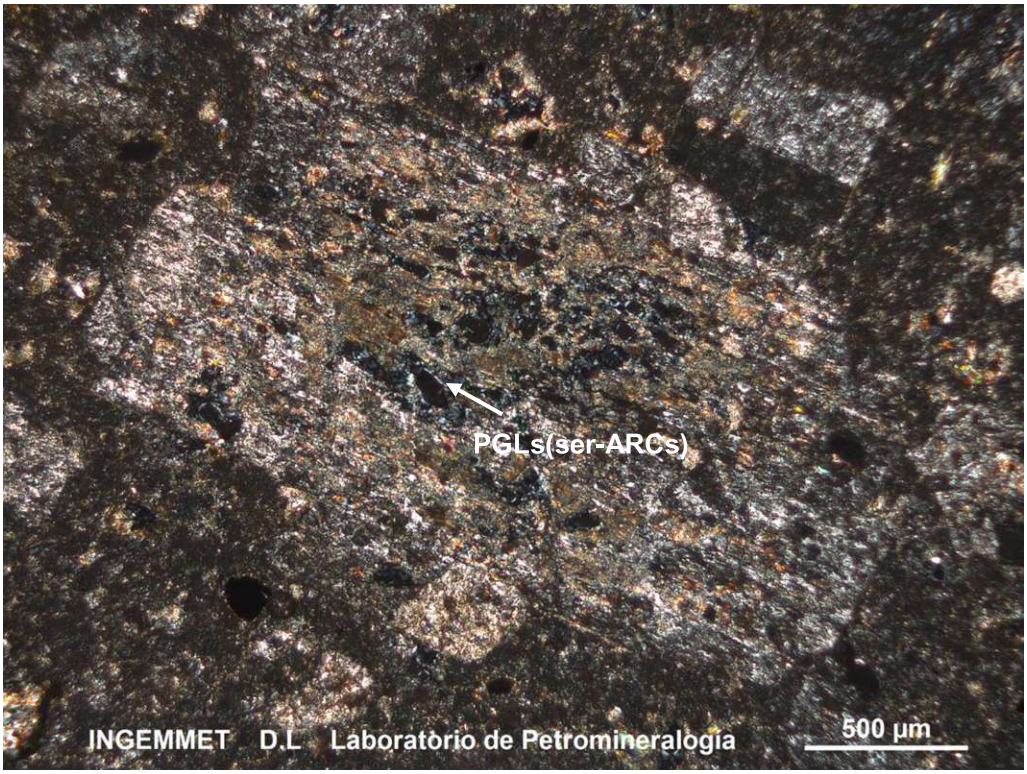
Muestra: KIGAM-R-032 NXs

Cristales de plagioclasas alterados a sericita y arcillas: PGLs(ARCs-ser) y molde de ferromagnesiano reemplazados por moscovita y cloritas: MCs-CLOs. La matriz microcristalina esta alterada por cuarzo y arcillas: cz-ARCs.



Muestra: KIGAM-R-032 NPs

Molde de posible ferromagnesiano reemplazado por micas, cloritas y minerales opacos: MCs-CLOs-OPs.



Muestra: KIGAM-R-032 NXs

Cristal de plagioclasa reemplazado por sericita y arcillas: PGLs(ser-ARCs)

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

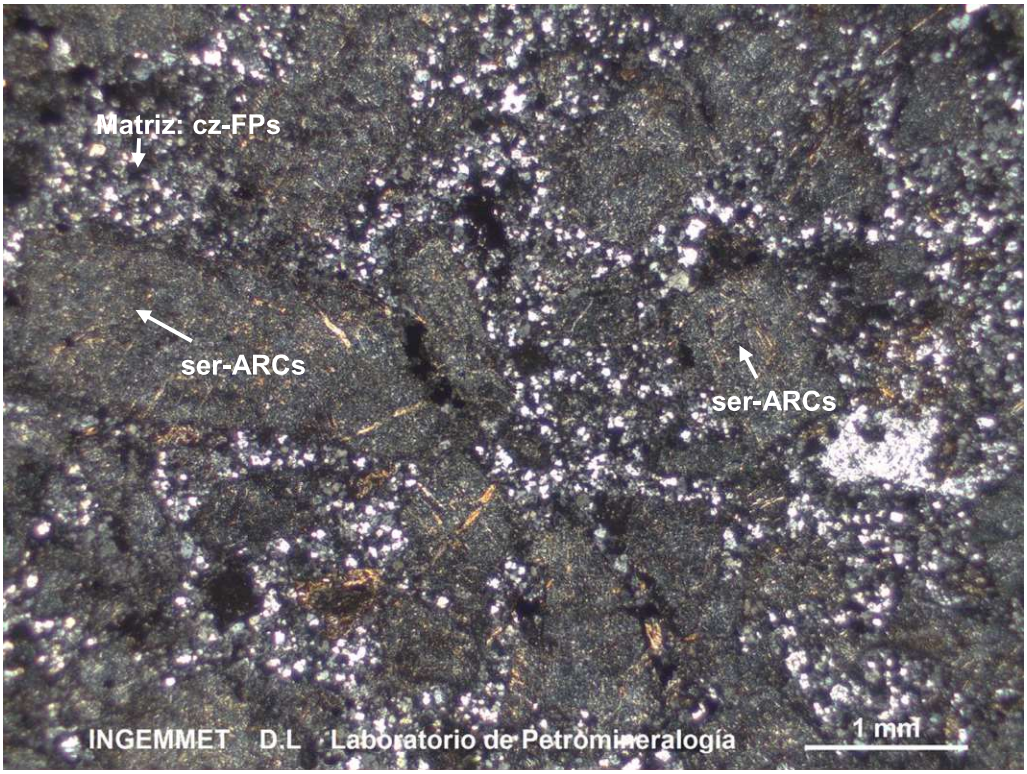
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-033	30S	8399704	201776	19	Constancia

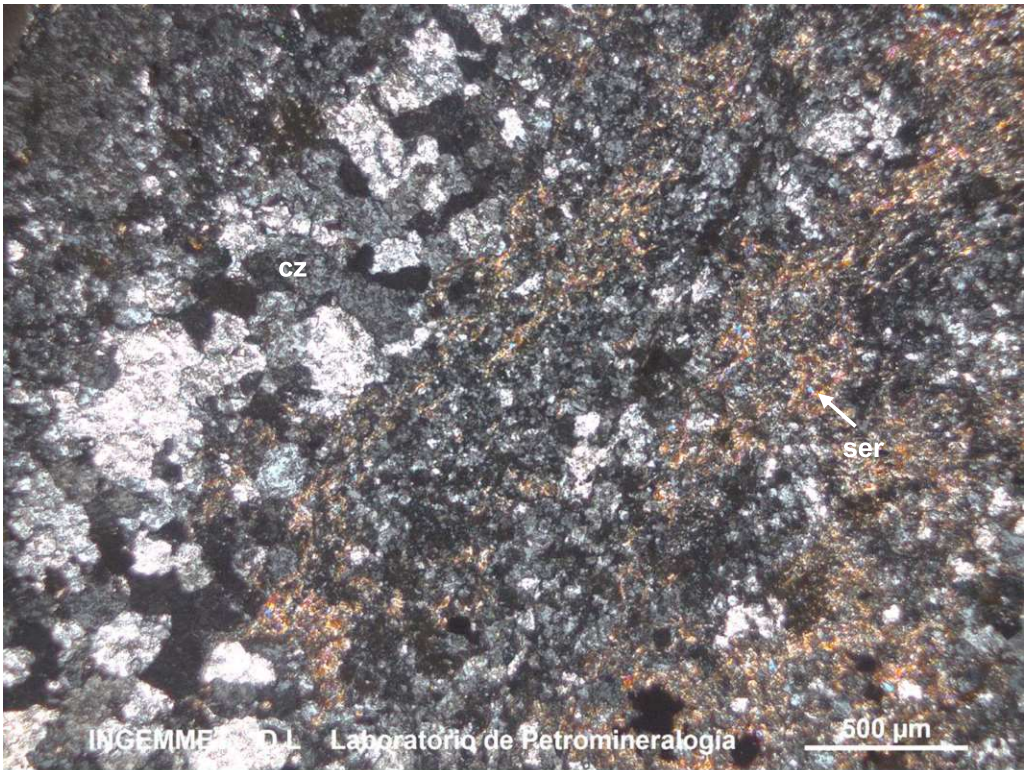
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



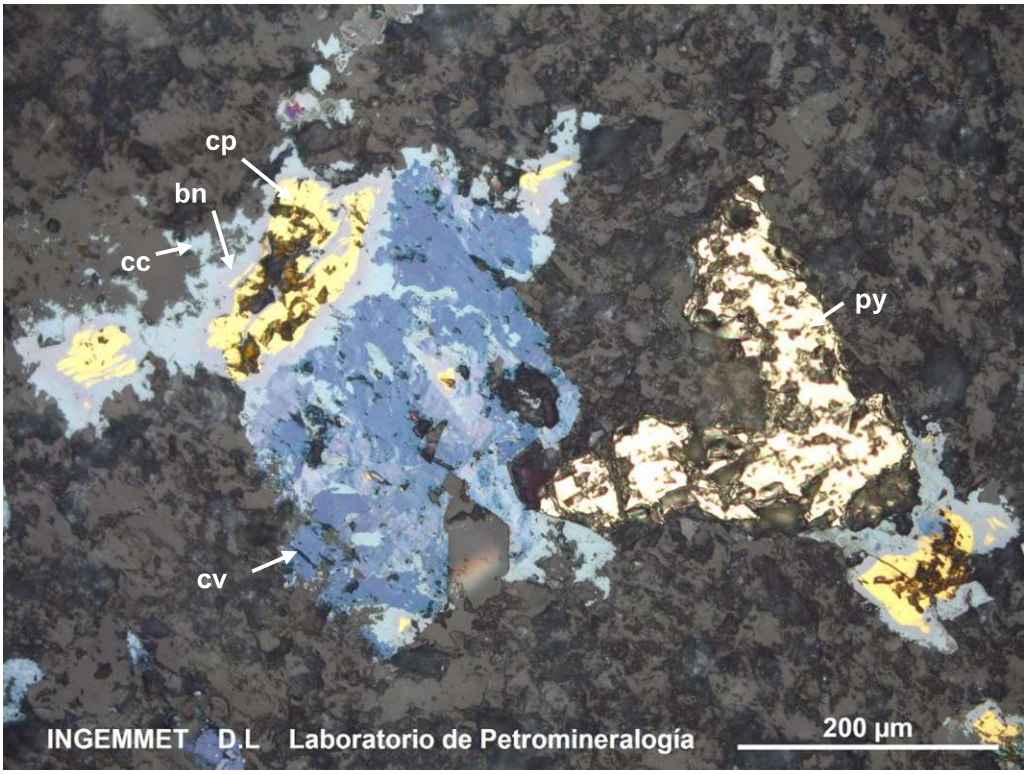
Muestra KIGAM-R-033 NXs

Moldes de cristales reemplazados por sericita y arcillas: ser-ARCs, inmersos en una matriz constituida por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra KIGAM-R-033 NXs

Agregados microescamosos de sericita: ser y venillas de cuarzo secundario: cz.



Muestra KIGAM-R33 NXs

Cristales de calcopirita: cp reemplazados por bornita: bn, calcosita: cc y a su vez reemplazados por covelita: cv; también se observan cristales de pirita: py.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

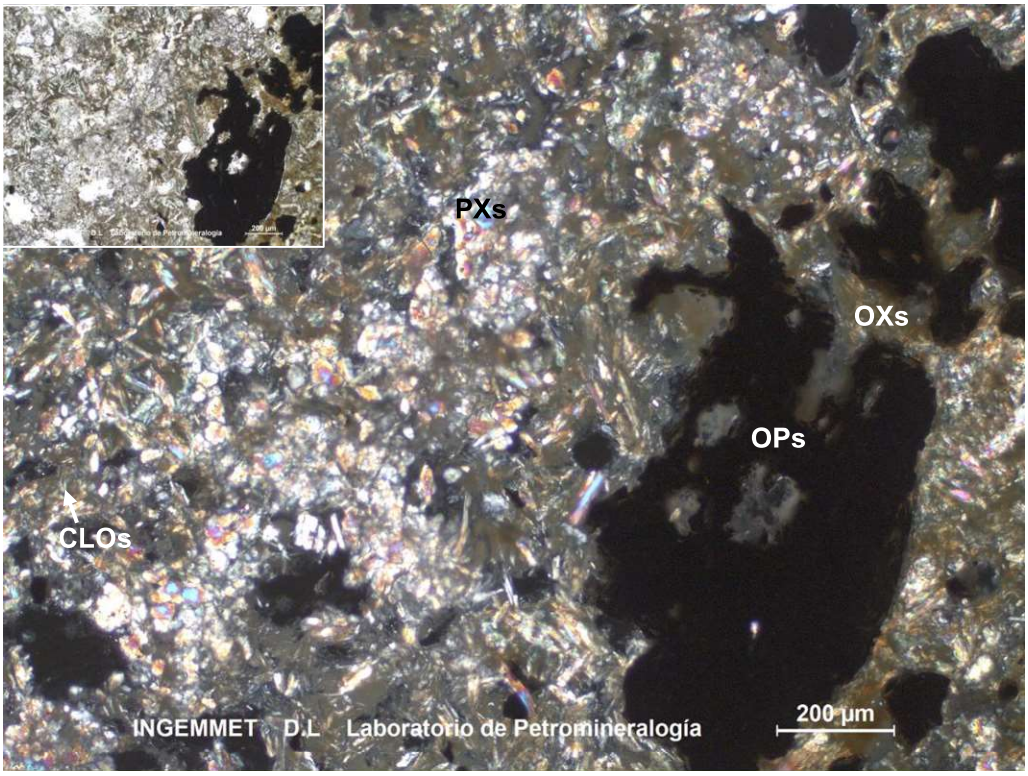
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-034	30S	8399430	201975	19	Constancia

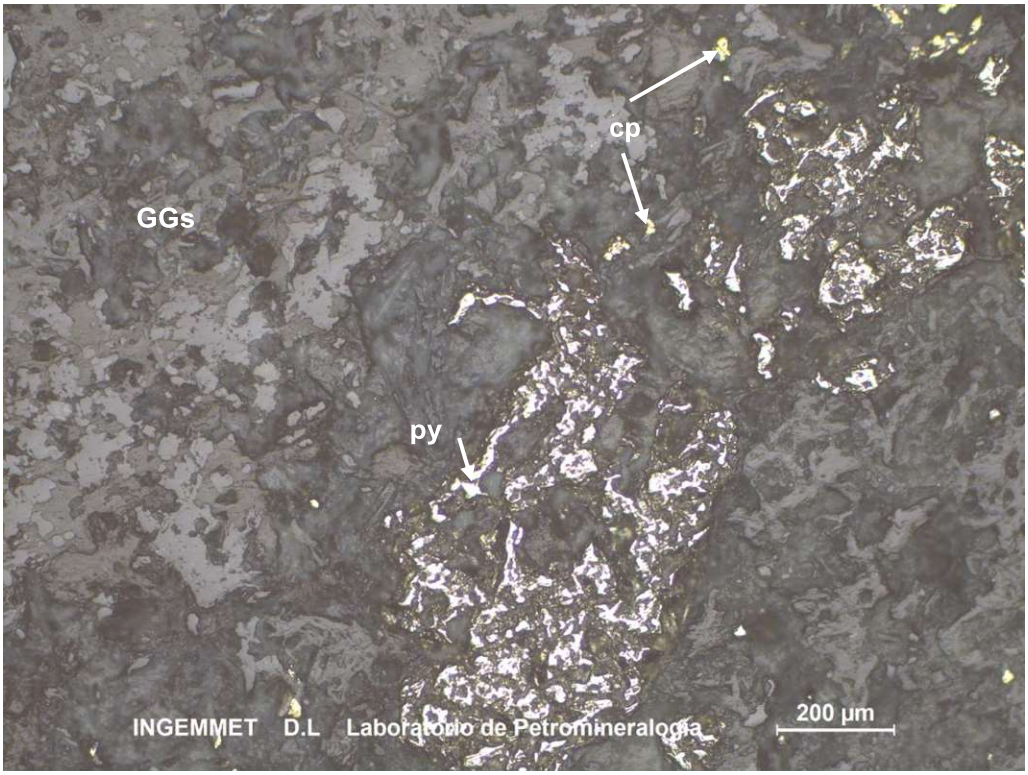
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



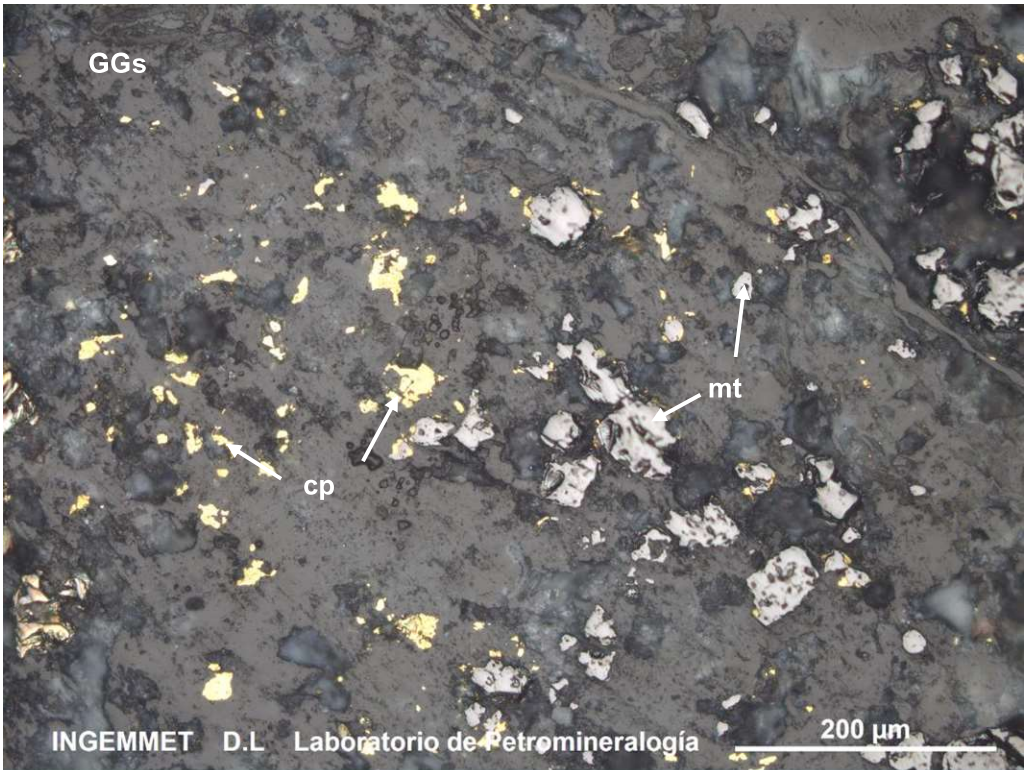
Muestra KIGAM-R-034 NXs

Agregados de piroxenos: PXs y cloritas: CLOs, además minerales opacos: OPs en venillas con óxidos: OXs:



Muestra KIGAM-R-034 NPs

Venilla de pirita: py asociados con calcopirita: cp. Gangas: GGs.



Muestra KIGAM-R-034 NPs

Agregados diseminados de magnetita: mt y calcopirita: cp. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

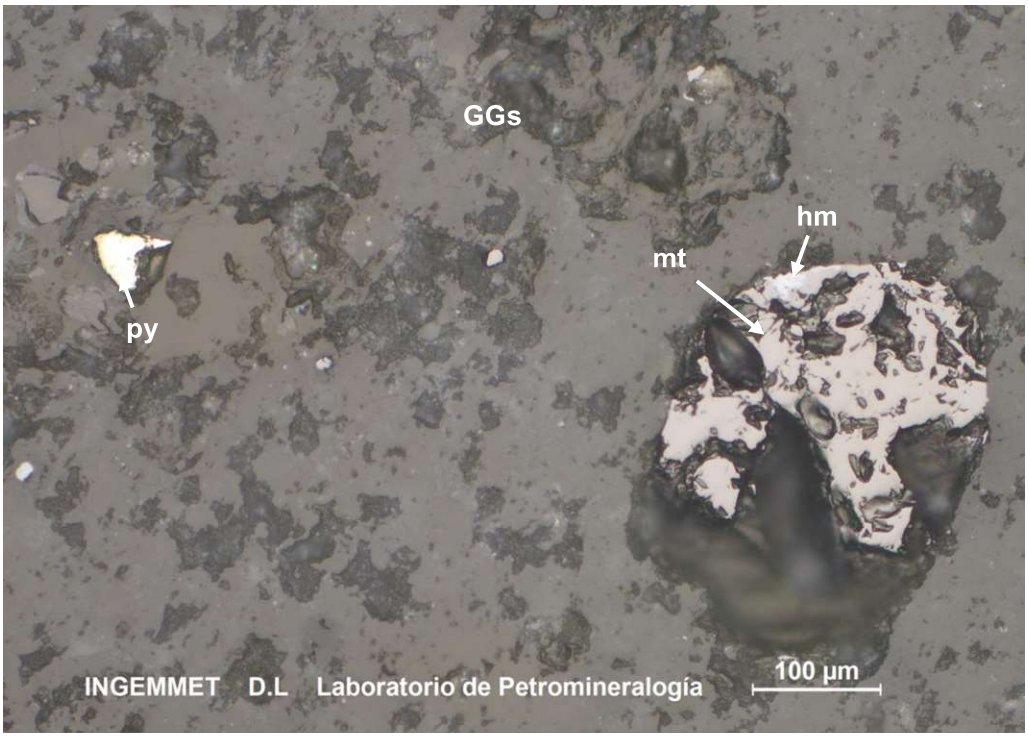
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-035	30S	8400322	199980	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-035 NPs
Cristal de magnetita: mt está reemplazado por hematita a través de sus bordes: hm, además pirita diseminada: py. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

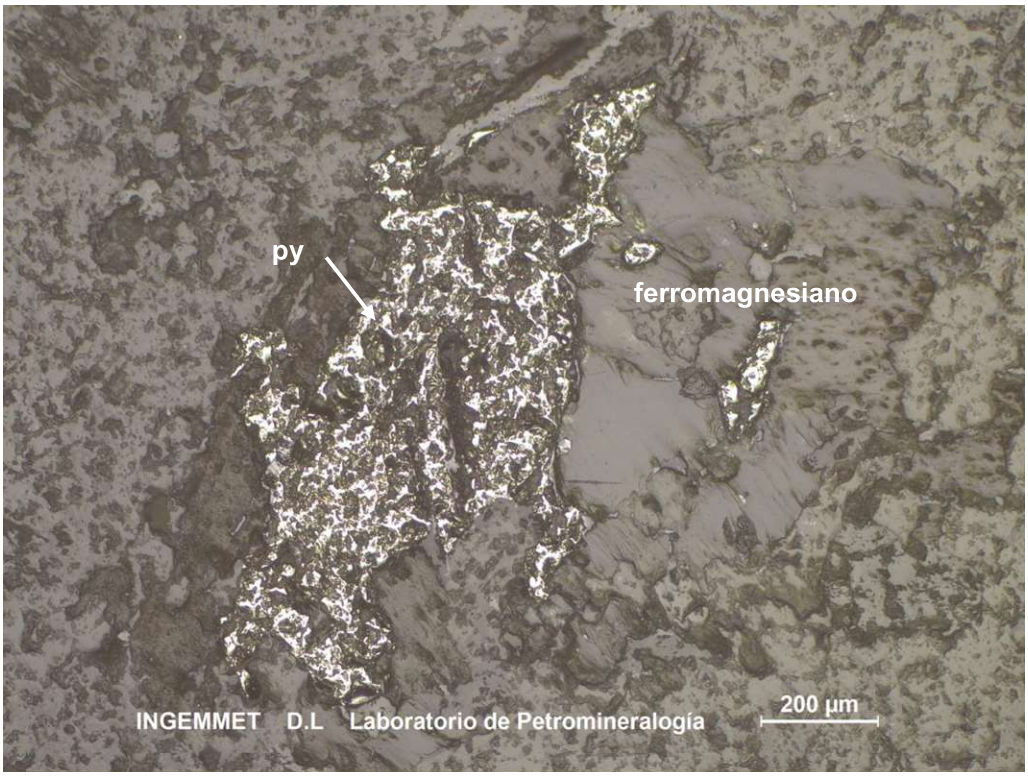
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-036	30S	8402154	196282	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-036 NPs

Pirita: py diseminada asociada a ferromagnesianos. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

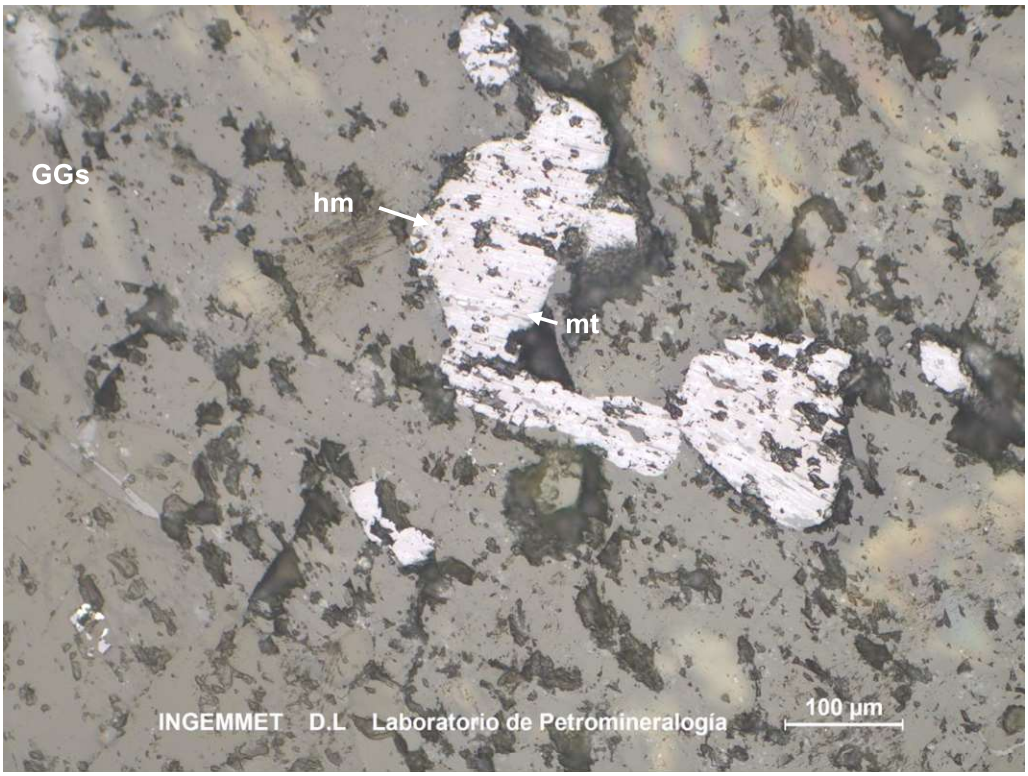
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-037	30S	8397873	197855	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-037 NPs

Cristales de magnetita diseminados: mt, están reemplazados por hematita desde sus planos de clivaje: hm. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

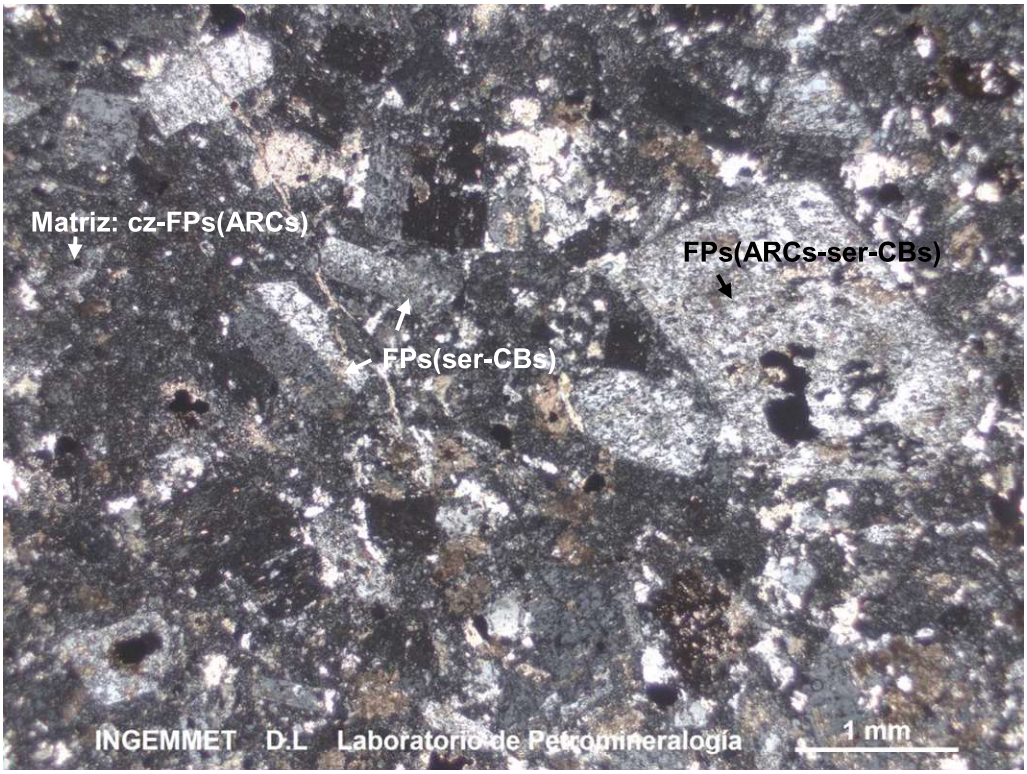
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-038	30S	8394405	202469	19	Constancia

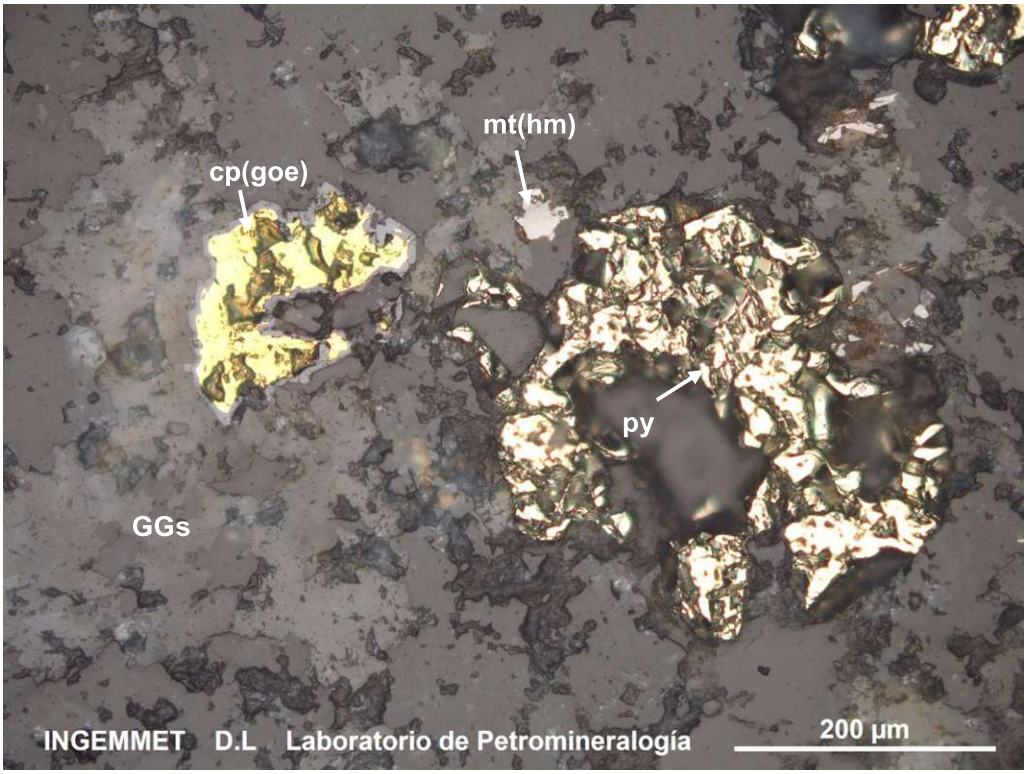
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



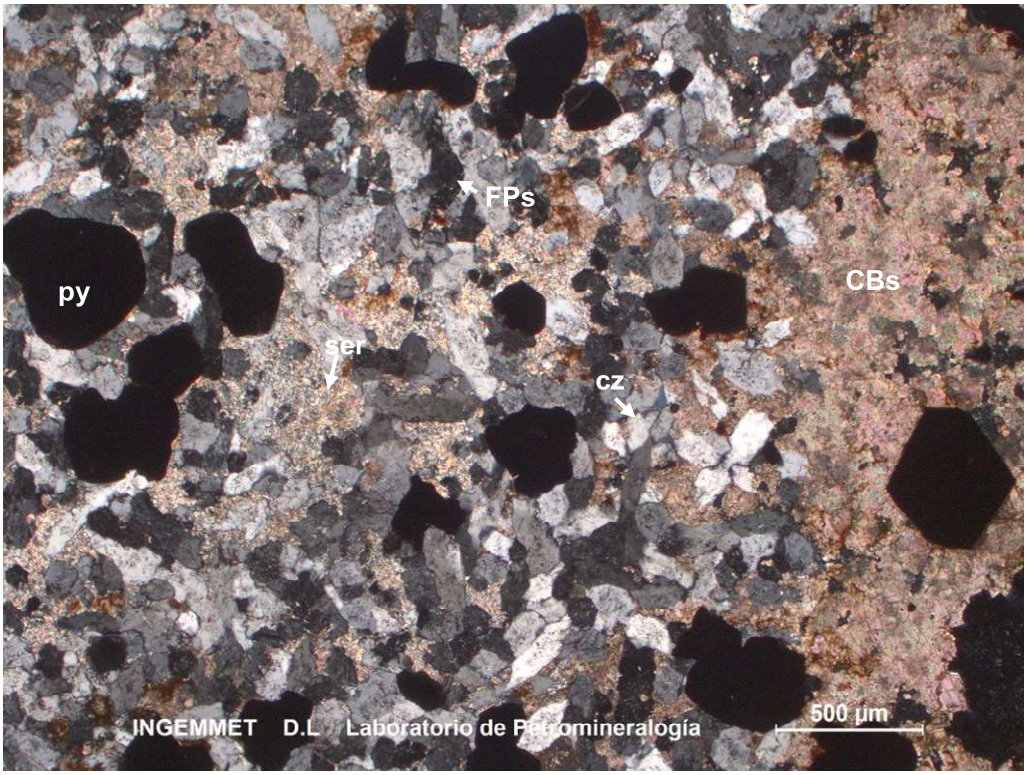
Muestra KIGM-R-038 NXs

Cristales de feldespatos alterados a arcillas, sericita y carbonatos: FPs(ARCs-ser-CBs) inmersos en una matriz microcristalina compuesta por cuarzo feldespatos alterados a arcillas: cz-FPs(ARCs).



Muestra KIGAM-R-038 NPs

Cristales de pirita: py; y calcopirita reemplazado por goethita a través de sus bordes: cp(goe). También magnetita reemplazada por hematita: mt(hm).



Muestra KIGAM-R-038 NXs

Agregados de cuarzo: cz; feldespatos: FPs con sericita en intersticios: ser y carbonatos hacia sus bordes: CBs. Minerales opacos (pirita) diseminados: py.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

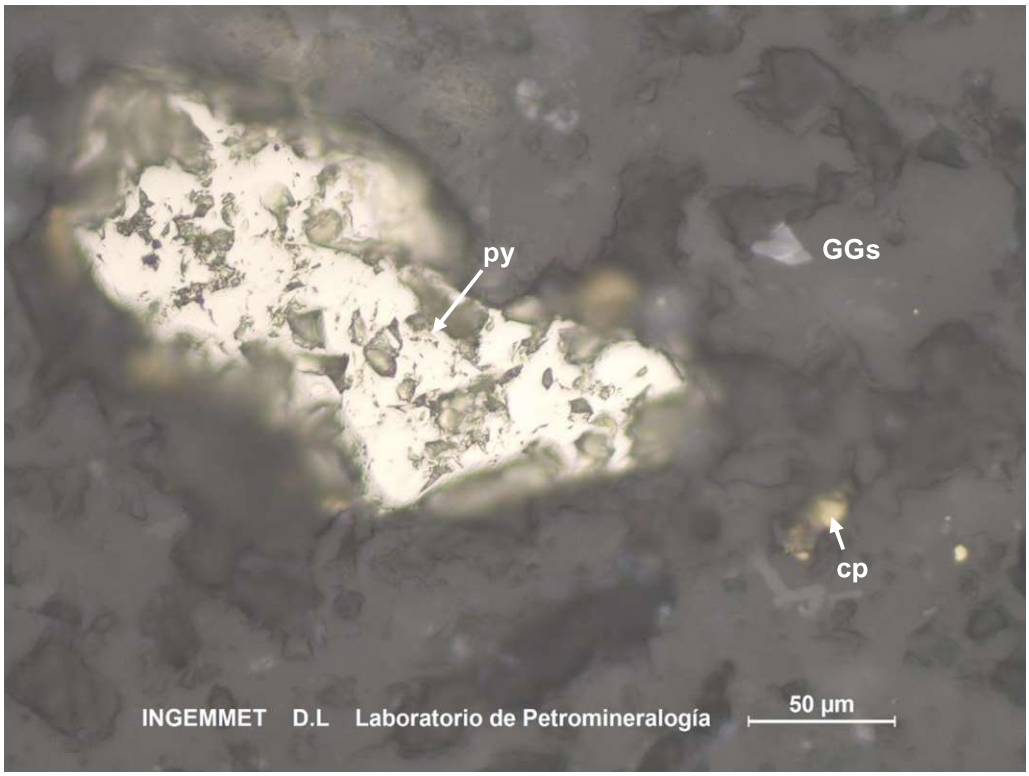
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-039	30S	8396598	205082	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-R-039 NPs

Cristales de pirita: py y calcopirita: cp diseminados. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / BSERVACIONES:

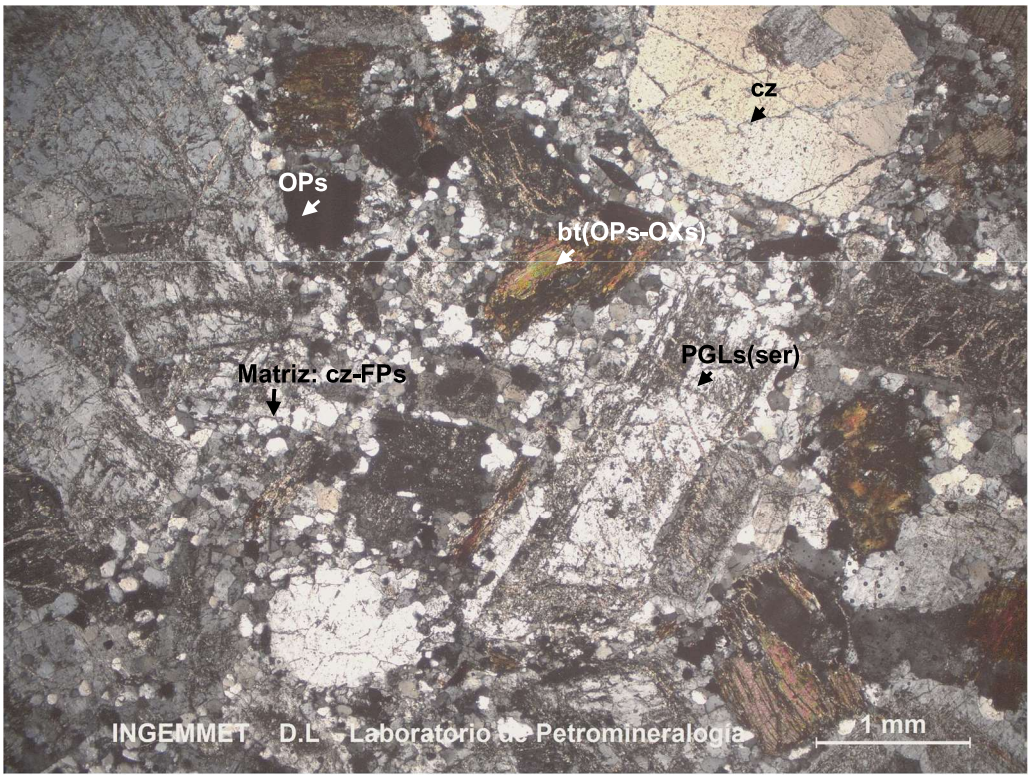
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-006	29Q	9395948	729277	18	Trapiche

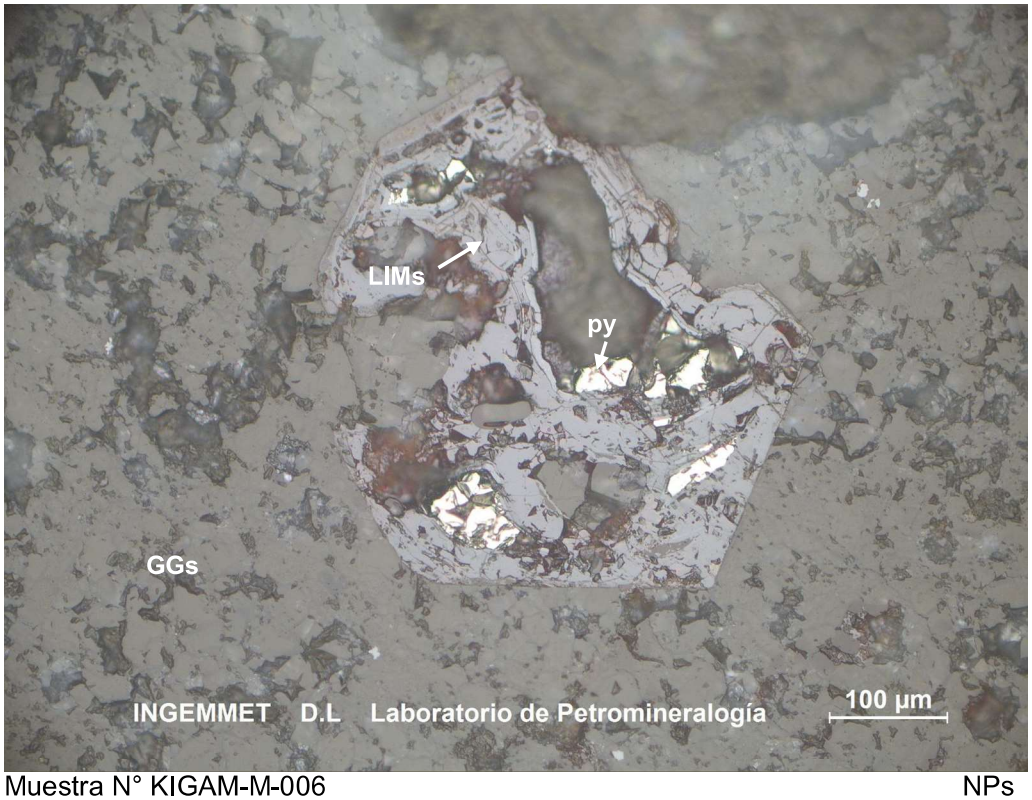
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-006 NXs

Cristales de plagioclasas alterados por sericita: PGLs(ser), cuarzo: cz y biotita: bt(OPs) inmersos en una matriz microcristalina constituido por cuarzo y feldespatos: cz-FPs. Minerales opacos diseminados: OPs



Muestra N° KIGAM-M-006 NPs
Molde de ferromagnesiano reemplazado por limonitas: LIMs y pirita: py. Gangas:GGs

I. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

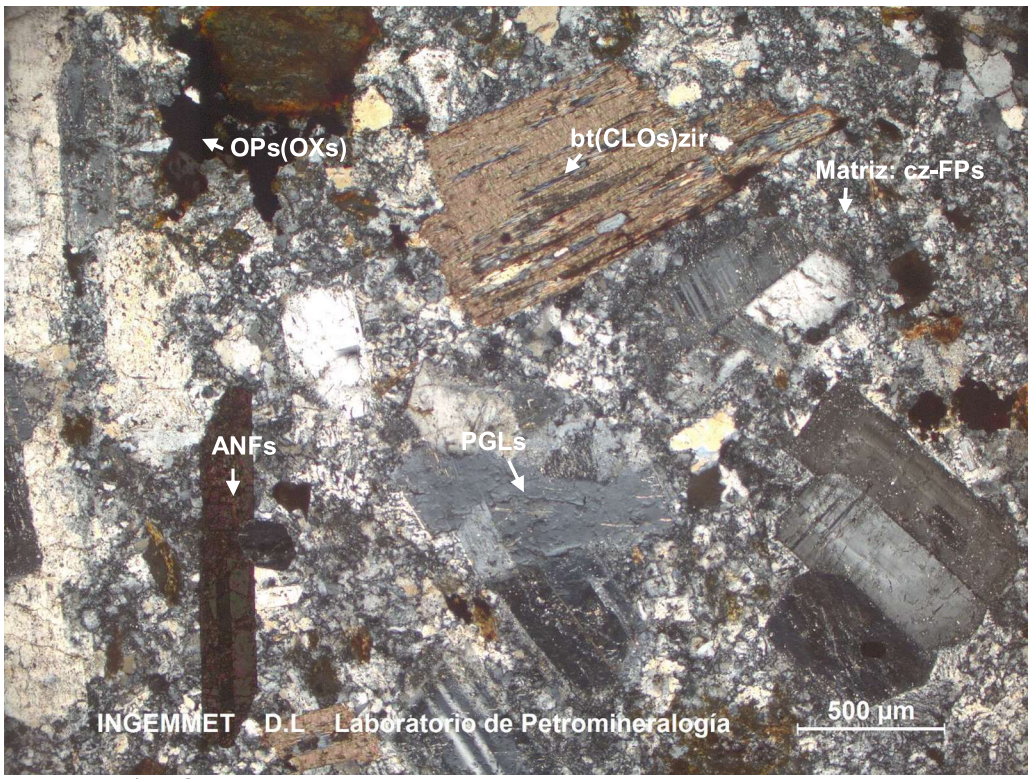
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-008	29Q	8394264	729820	18	Trapiche

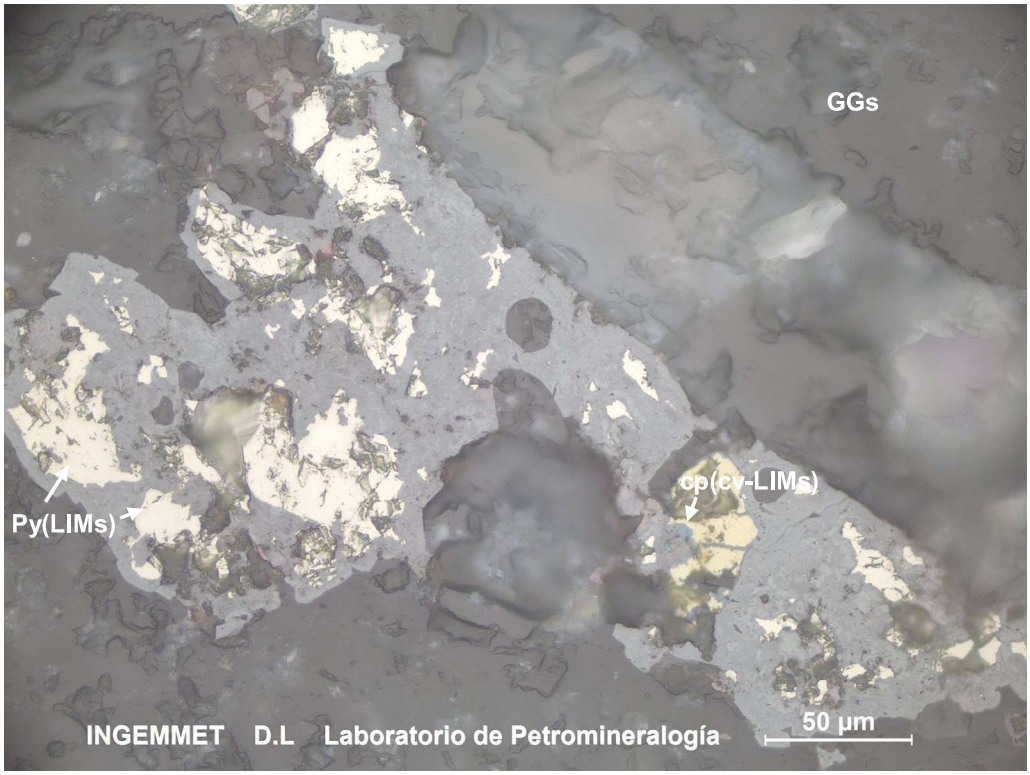
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-008 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs; anfíboles: ANFs; y biotita alterada por cloritas, además con inclusiones de zircón: bt(CLOs)zir; inmersos en una matriz microcristalina constituido por cuarzo y feldespatos: cz-FPs. Minerales opacos diseminados alterados por óxidos: OPs(OXs).



Muestra N° KIGAM-M-008 NPs

Pirita reemplazado por limonitas: py(LIMs); calcopirita reemplazado por covelita y limonitas: cp(cv-LIMs). Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

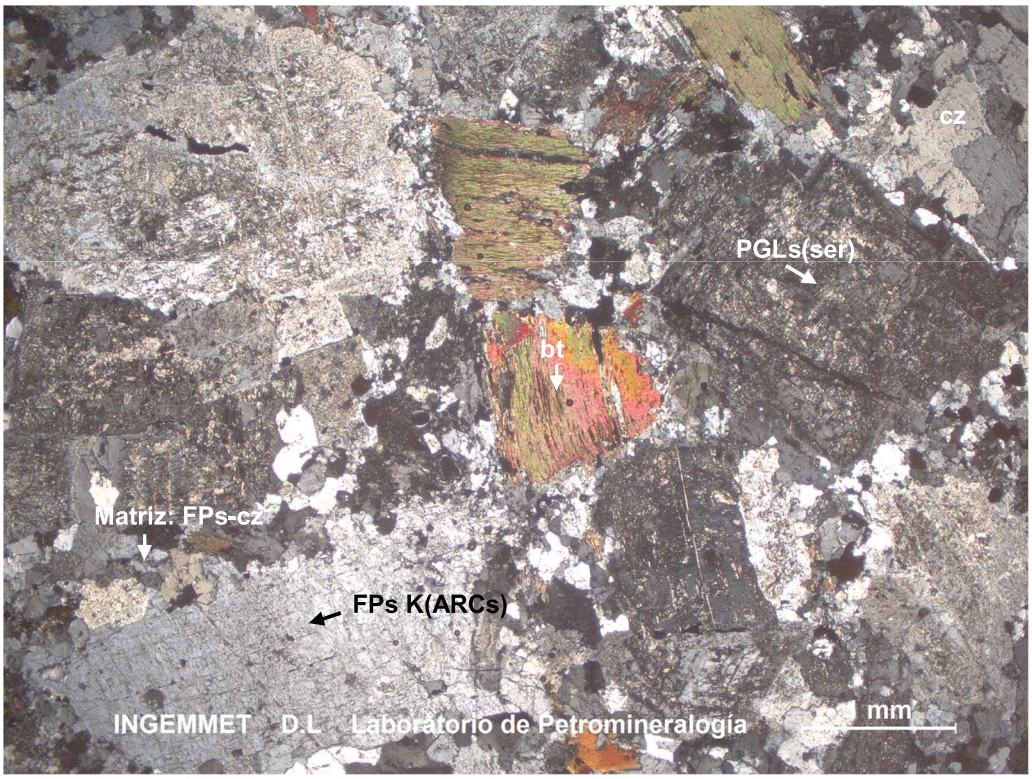
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-012	29Q	8395804	729446	18	Trapiche

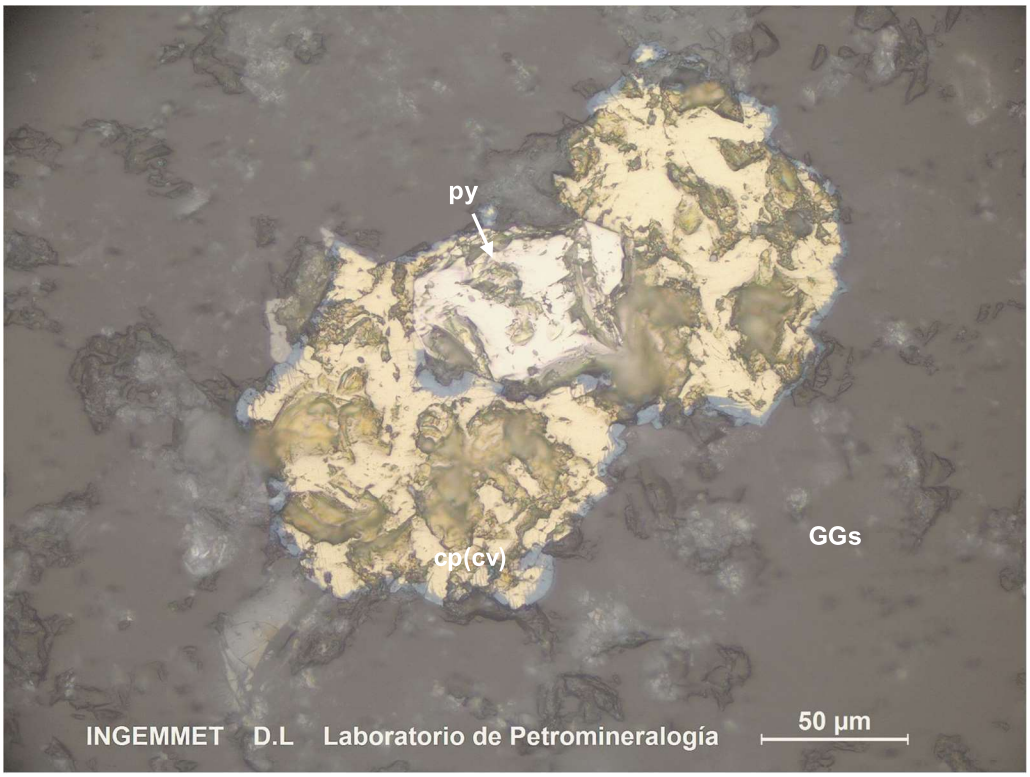
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-012 NXs

Cristales de plagioclasas alteradas por sericita: PGLs(ser), feldespatos potásicos alterados por arcillas: FPs K(ARCs); cuarzo: cz; y biotita: bt inmersos en una matriz microcristalina constituido por cuarzo y feldespatos: cz-FPs.



Muestra N° KIGAM-M-012 NPs
Calcopirita diseminada reemplazada por covelita: cp(cv) y asociado con pirita: py.
Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

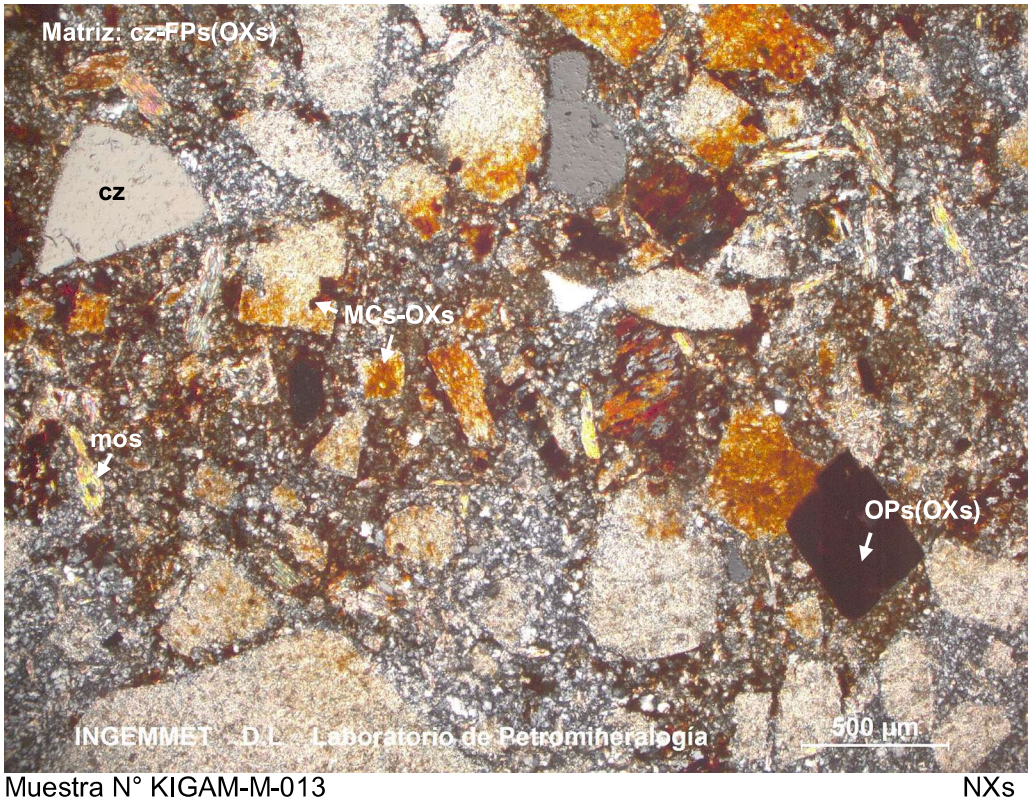
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-M-013	29Q	8395684	728708	18	Trapiche

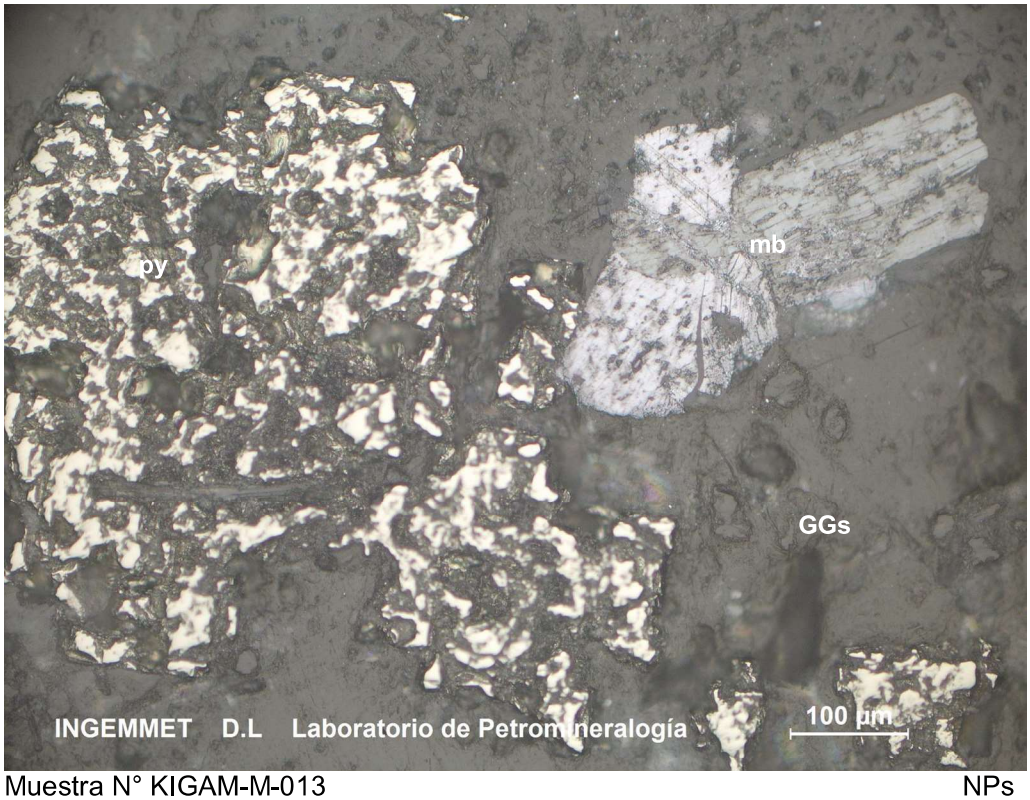
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-013 NXs

Fragmentos de cristales de cuarzo: cz; moldes de cristales reemplazados por micas y óxidos: MCs-OXs; inmersos en una matriz microcristalina constituida por cuarzo y feldespatos con impregnación de óxidos: cz-FPs(OXs); además minerales opacos diseminados y alterados por óxidos: OPs(OXs).



Muestra N° KIGAM-M-013 NPs

Pirita: py y molibdenita: mb diseminadas; gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

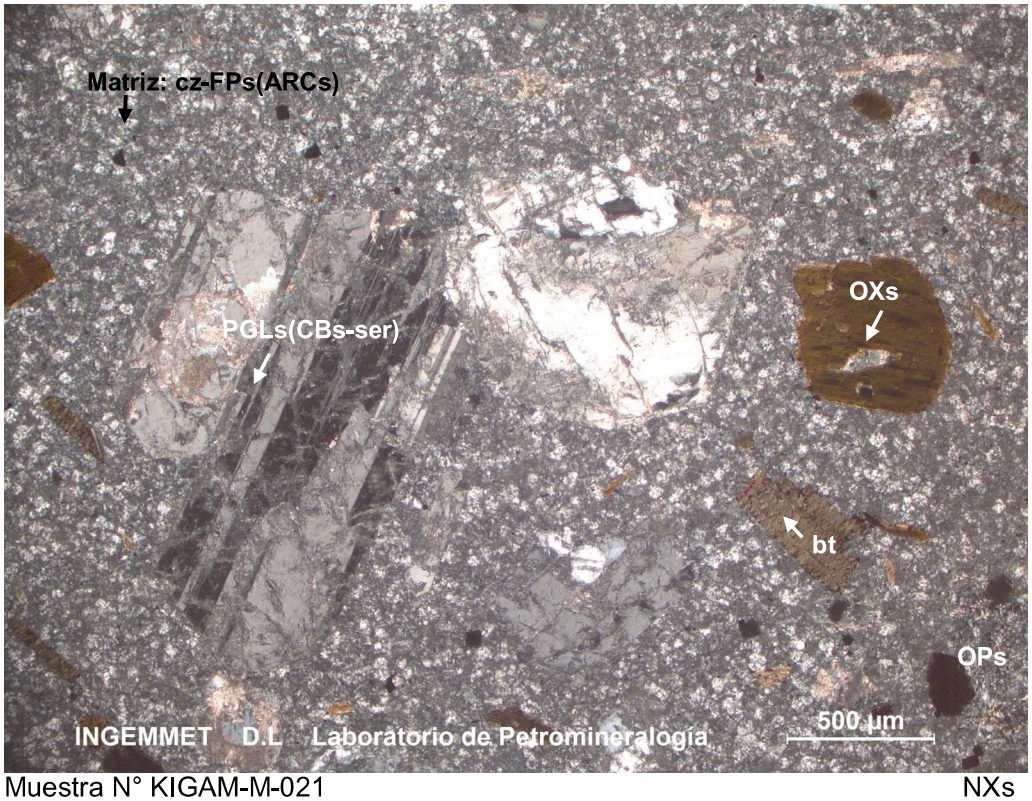
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-021	29Q	8408955	725234	18	Antabamba

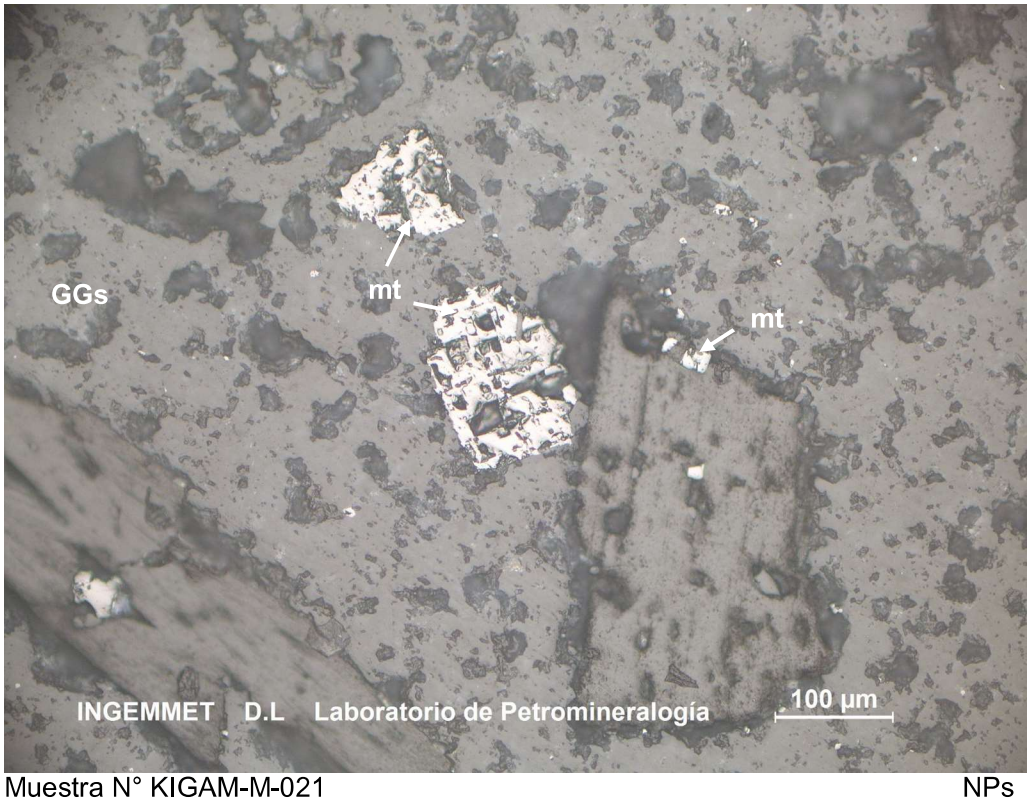
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-021 NXs

Cristales de plagioclasas alterados por carbonatos y sericita: PGLs(CBs-ser); cuarzo: cz; y biotita: bt inmersos en una matriz microcristalina constituido por cuarzo y feldespatos alterados a arcillas: cz-FPs(ARCs). Minerales opacos diseminados: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-021 NPs
Cristales de magnetita diseminada en la roca y como inclusiones en ferromagnesianos: mt. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

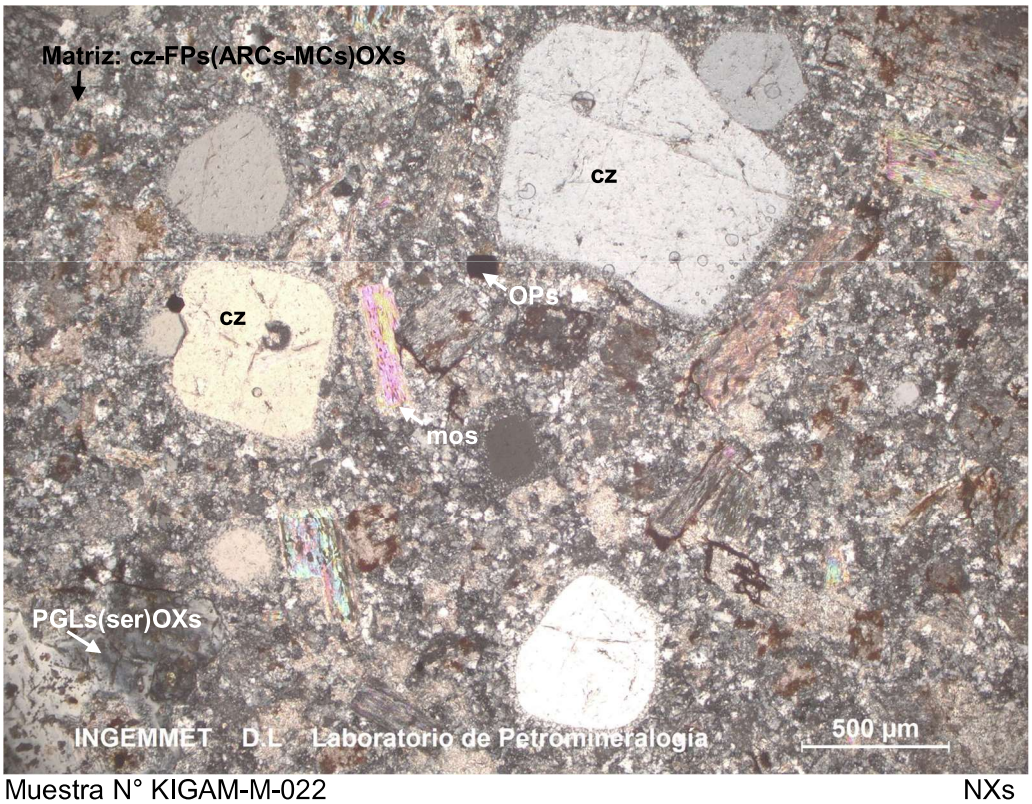
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-022	29Q	8413860	722782	18	Antabamba

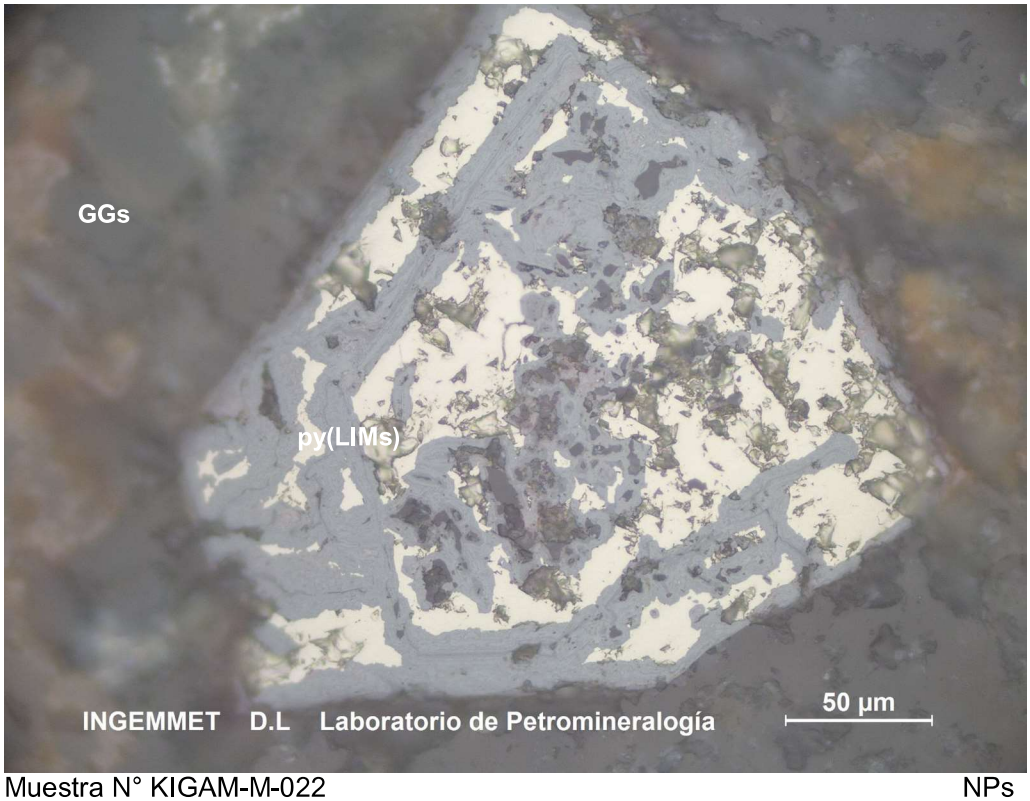
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-022 NXs

Cristales de plagioclasas alterados por sericita e impregnados por óxidos: PGLs(ser)OXs; cuarzo: cz; moscovita: mos; inmersos en una matriz microcristalina constituido por cuarzo y feldespatos alterados por arcillas y micas, por sectores con impregnación de óxidos: cz-FPs(ARCs-MCs)OXs. Minerales opacos diseminados en la matriz: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-022 NPs

Pirita reemplazada por limonitas: py(LIMs); gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

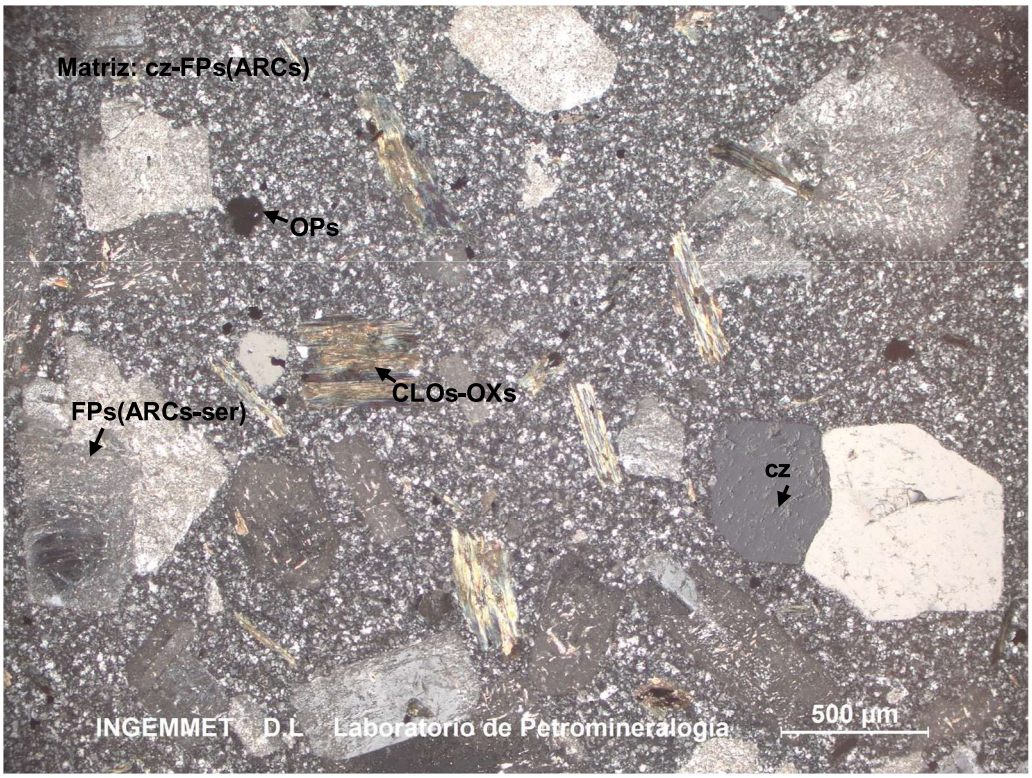
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-023	29Q	8423895	711057	18	Antabamba

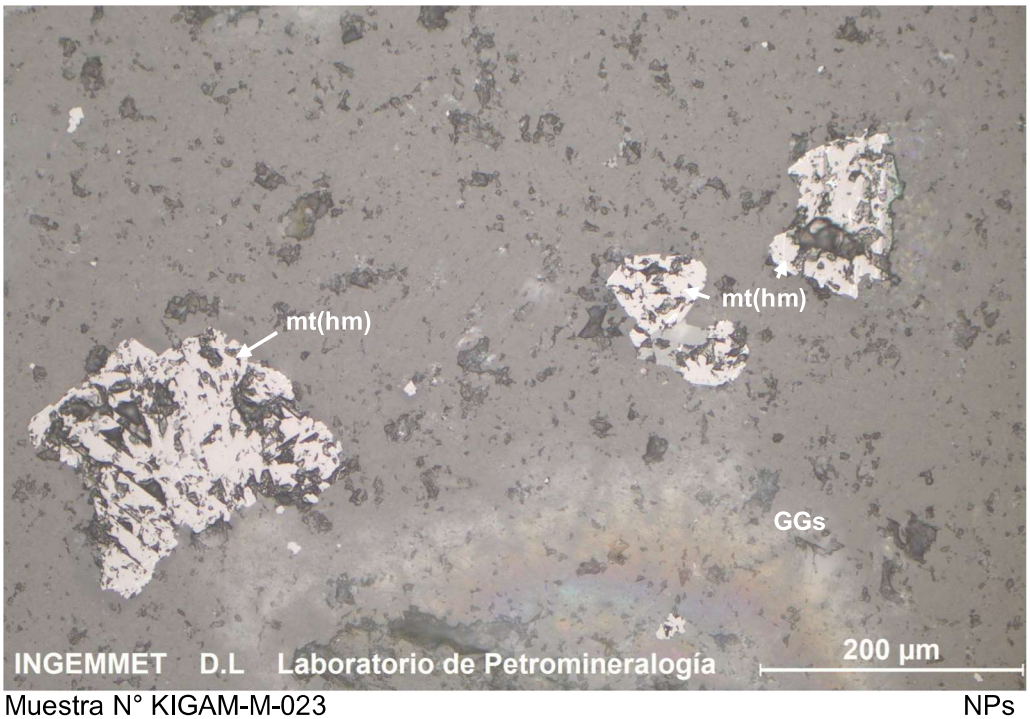
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-023 NXs

Cristales de feldespatos alterados por arcillas y sericita: FPs(ARCs-ser); cuarzo: cz y moldes de ferromagnesianos (posible biotita) reemplazados por cloritas y óxidos: CLOs-OXs; la matriz microcristalina está constituida por cuarzo y feldespatos alterados por arcillas: cz-FPs(ARCs). Asimismo minerales opacos diseminados: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-023 NPs

Cristales de magnetita diseminados en la roca, están reemplazados por hematita a través de su clivaje: mt(hm). Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

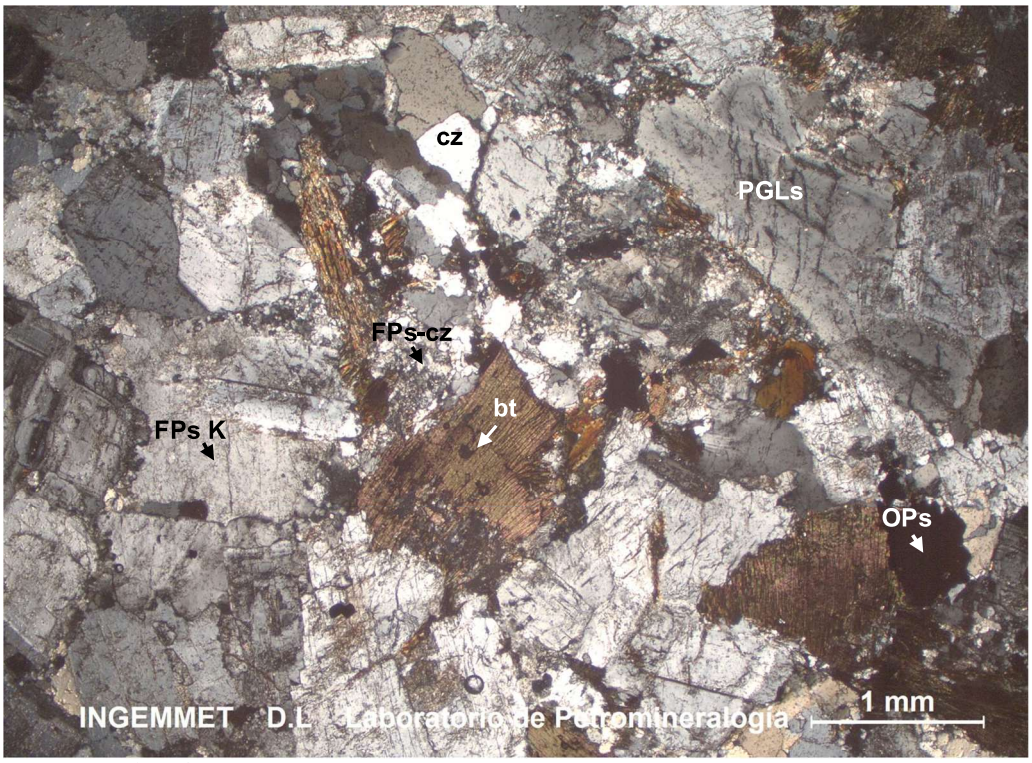
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-024	29Q	8423895	711057	18	Antabamba

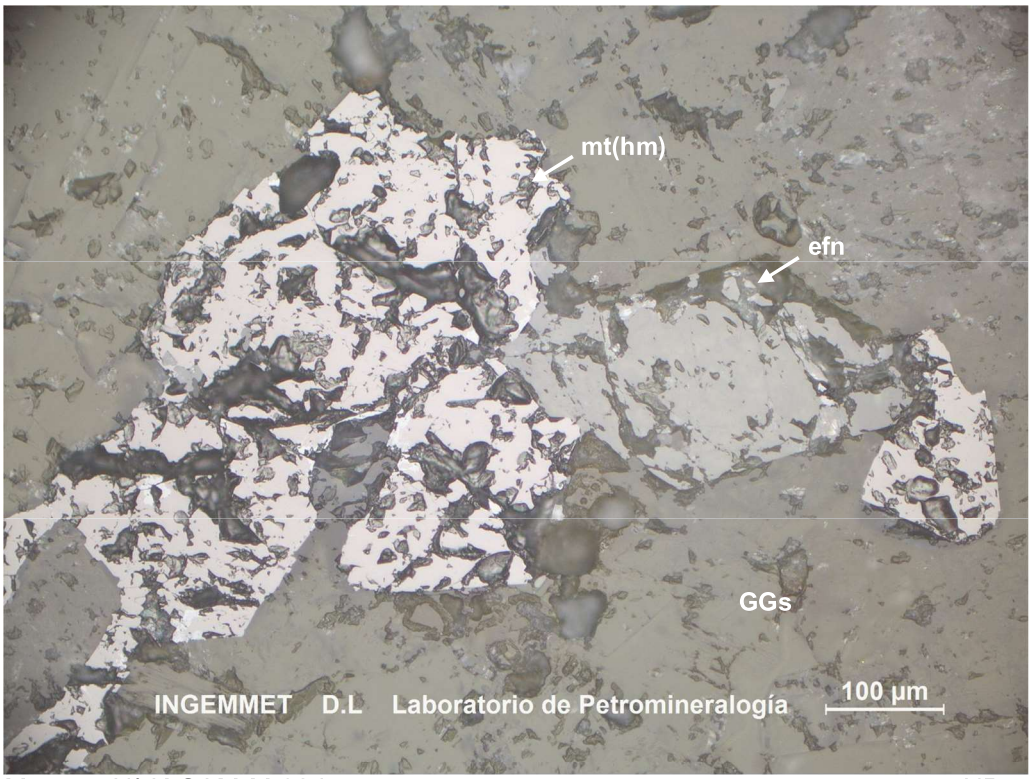
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-024 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs; feldespatos potásicos: FPs K; cuarzo: cz y biotita: bt; inmersos en una matriz microcristalina constituida por feldespatos y cuarzo: FPs-cz. Minerales opacos diseminados: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-024 NPs

Cristales de magnetita diseminados en la roca, están reemplazados por hematita a través de su clivaje: mt(hm); asociados a esfena: efn. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

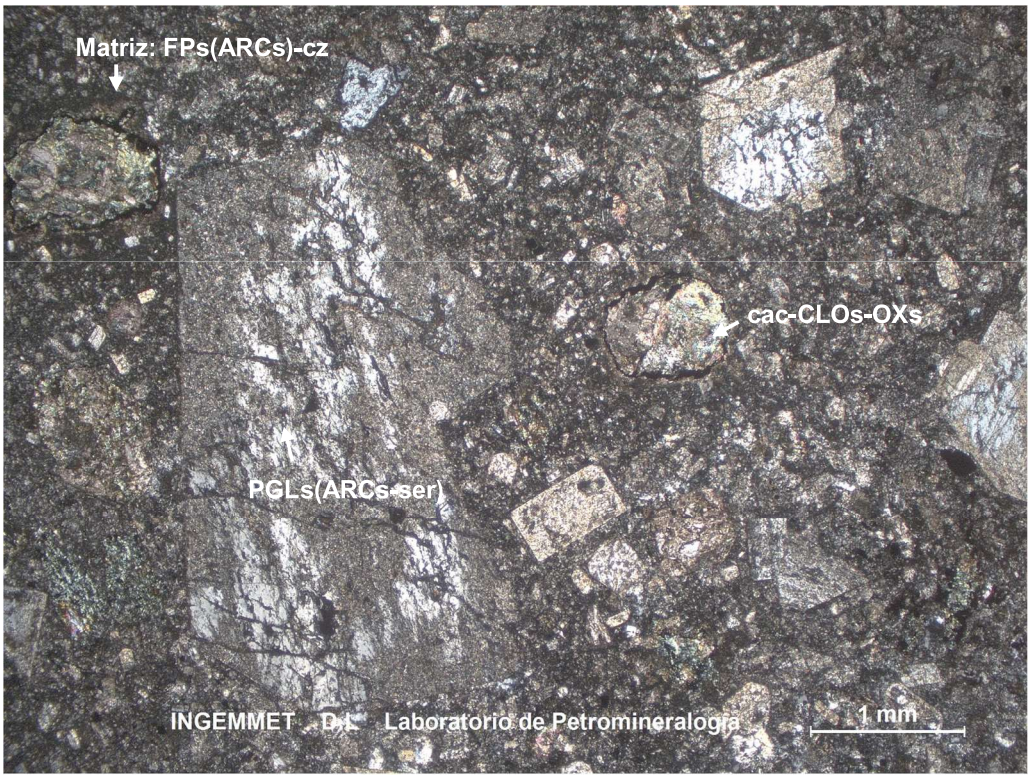
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-026	30S	8399676	198850	19	Constancia

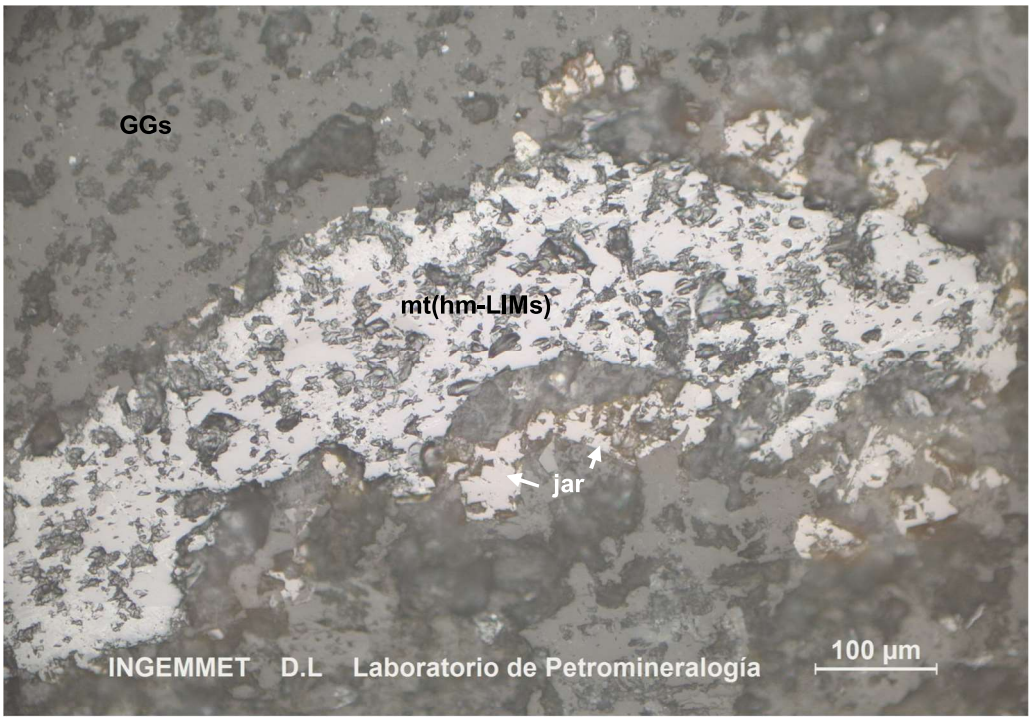
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-026 NXs

Cristales de plagioclasas alterados por arcillas y sericita: PGLs(ARCs-ser); moldes de cristales reemplazados por calcita, cloritas y óxidos: cac-CLOs-OXs; inmersos en una matriz microcristalina constituida por feldespatos alterados a arcillas y cuarzo: FPs(ARCs)-cz.



Muestra N° KIGAM-M-026 NPs

Magnetita reemplazada por hematita y limonitas: mt(hm-LIMs), asociada con jarosita: jar. Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

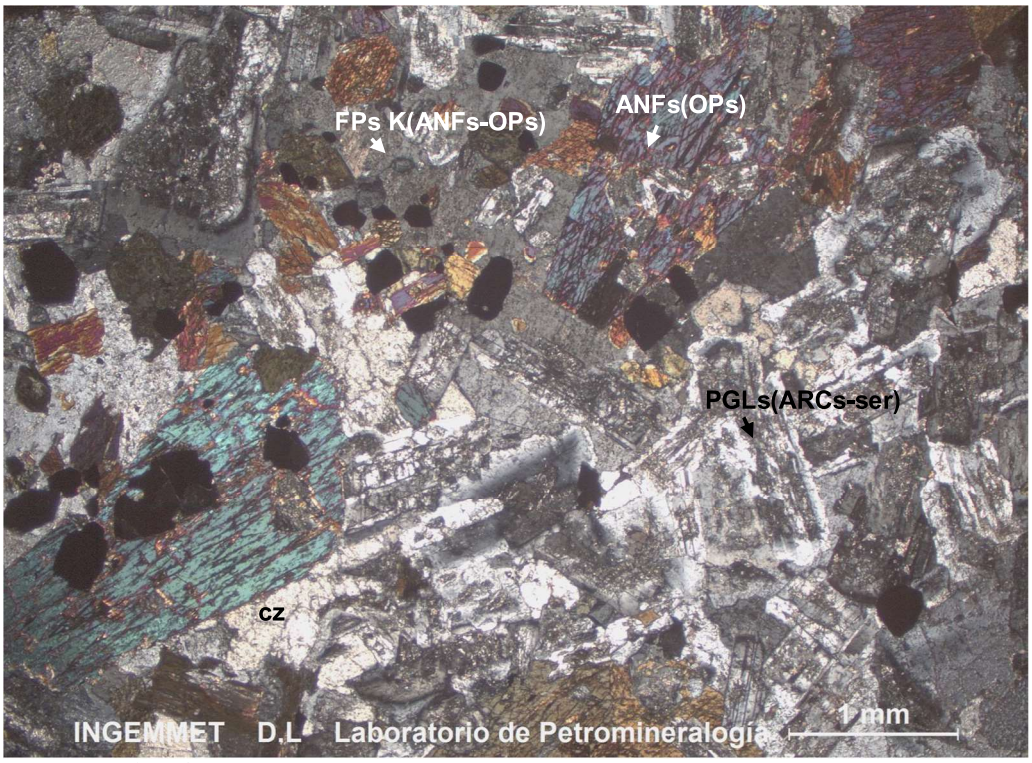
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-027	30S	8399672	198900	19	Constancia

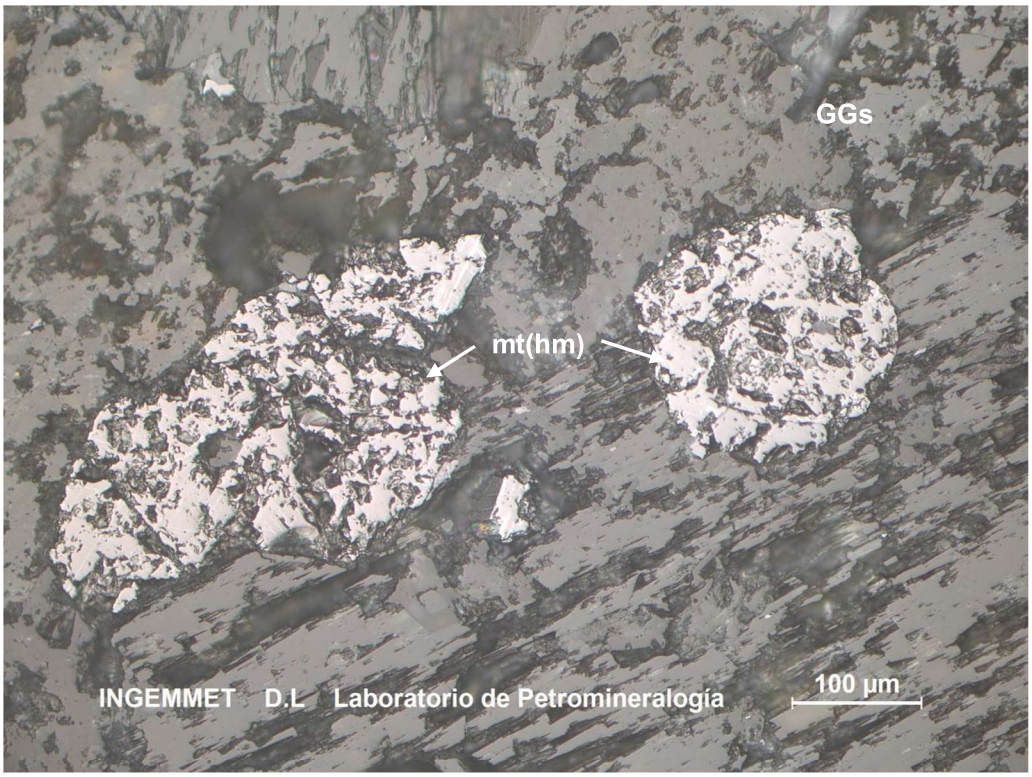
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-027 NXs

Cristales de plagioclasas alterados por arcillas y sericita: PGLs(ARCs-ser); feldespatos potásicos con inclusiones de anfíboles y minerales opacos: FPsk(ANFs-OPs), cuarzo en intersticios: cz; y anfíboles con inclusiones de minerales opacos: ANFs(OPs).



Muestra N° KIGAM-M-027 NPs

Cristales de magnetita diseminada y asociados a ferromagnesianos, reemplazados por hematita a través de su clivaje: mt(hm). Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

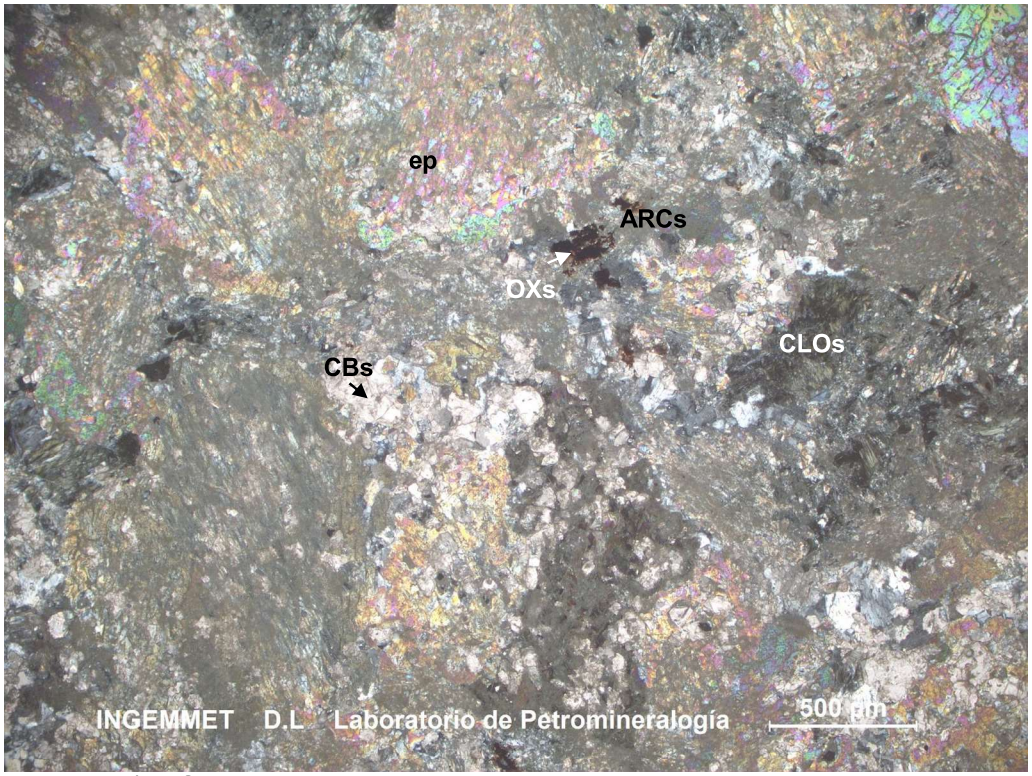
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-028	30S	8399672	198900	19	Constancia

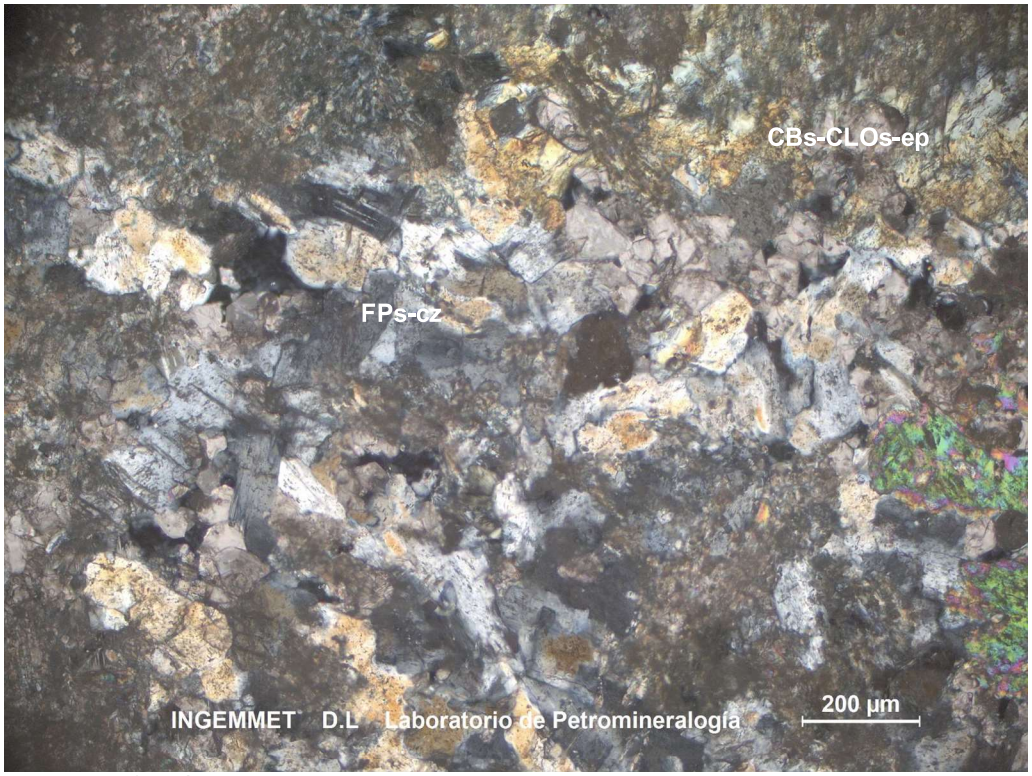
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-028 NXs

Roca alterada por epidota: ep; carbonatos: CBs; cloritas: CLOs; y oxidos: OXs impregnadas por arcillas: ARCs.



Muestra N° KIGAM-M-028 NXs

Roca alterada por carbonatos, cloritas y epidota: CBs-CLOs-ep; por sectores agregados de feldespatos y cuarzo: FPs-cz.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

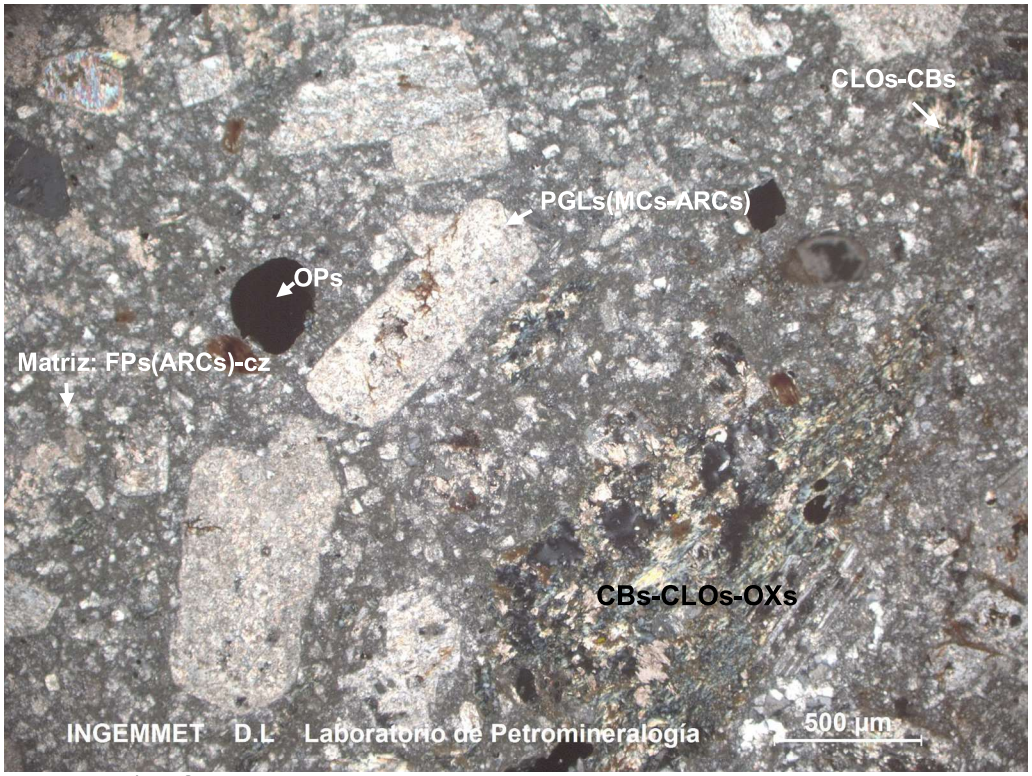
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-035	30S	8400322	199980	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-035 NXs

Cristales de plagioclasas alteradas por micas y arcillas: PGLs(MCs-ARCs); moldes de ferromagnesianos reemplazados por carbonatos, cloritas y óxidos: CBs-CLOs-OXs; inmersos en una matriz microcristalina constituido por feldespatos alterados por arcillas; también cuarzo: FPs(ARCs)-cz. Además cloritas y carbonatos en intersticios: CLOs-CBs; minerales opacos diseminados: OPs.

Muestra N° KIGAM-M-035 NPs

Cristales de magnetita diseminados: mt; asociados a esfena: efn. Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

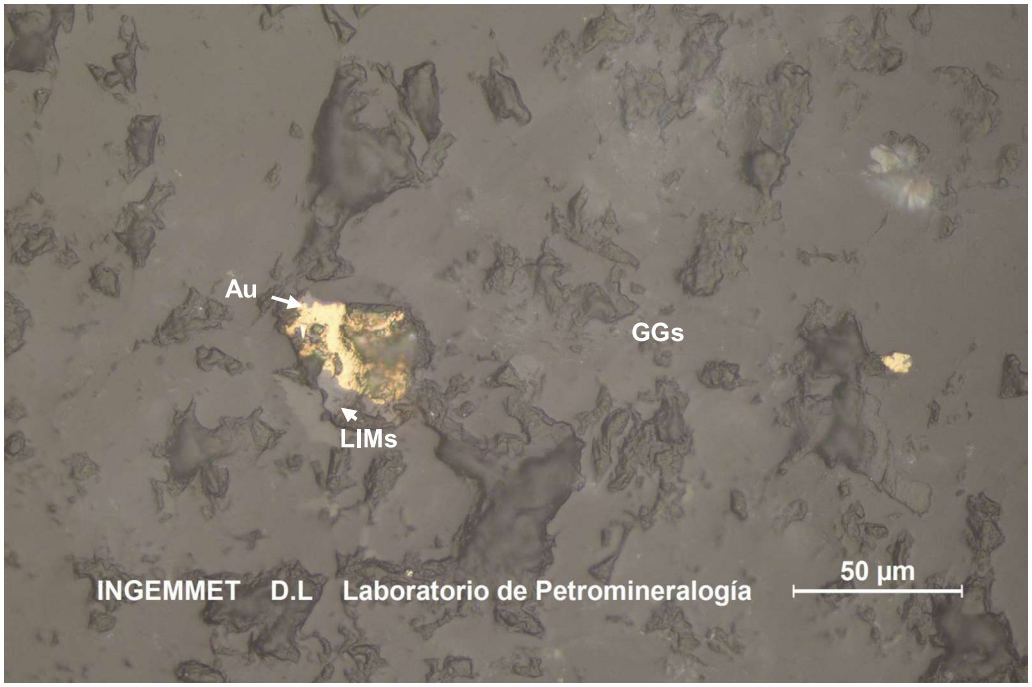
Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-036	30S	8402154	196282	19	Constancia

RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:

Muestra N° KIGAM-M-036 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs, cuarzo en intersticios: cz; anfíboles: ANFs y biotita: bt; además minerales opacos diseminados: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-036 NPs

Granos de oro (Au) asociados con limonitas, se presentan diseminados en cuarzo.
Gangas: GGs

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

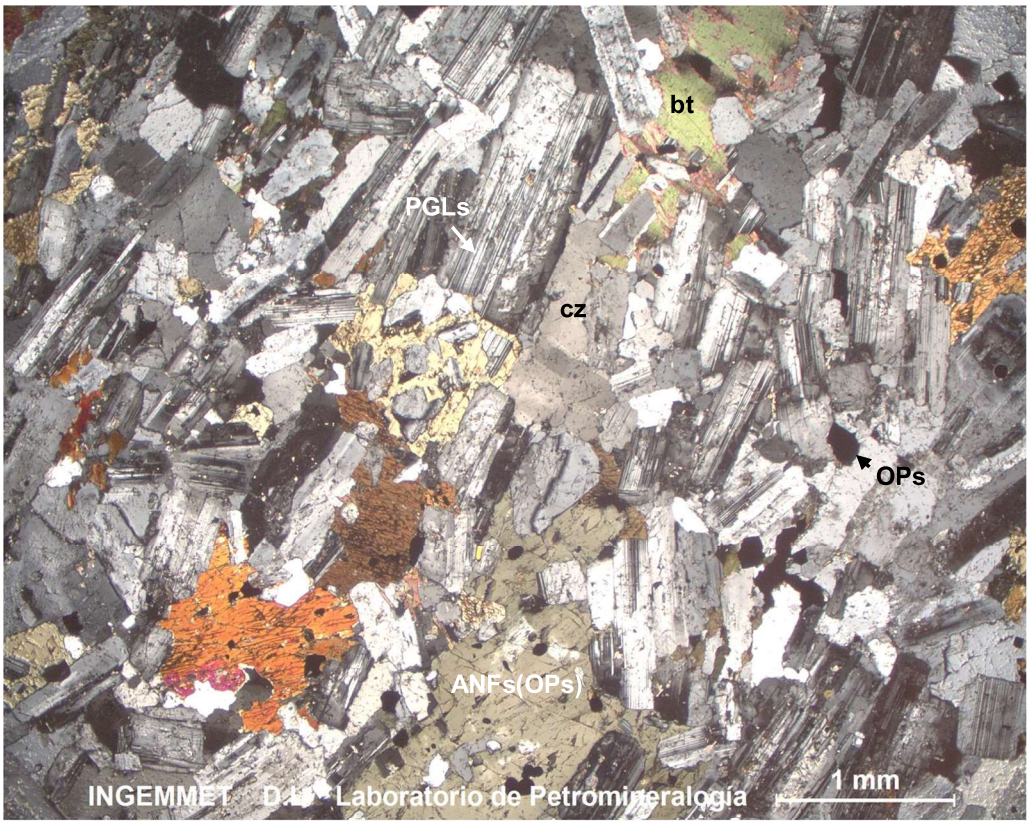
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-037	30S	8397873	197855	19	Constancia

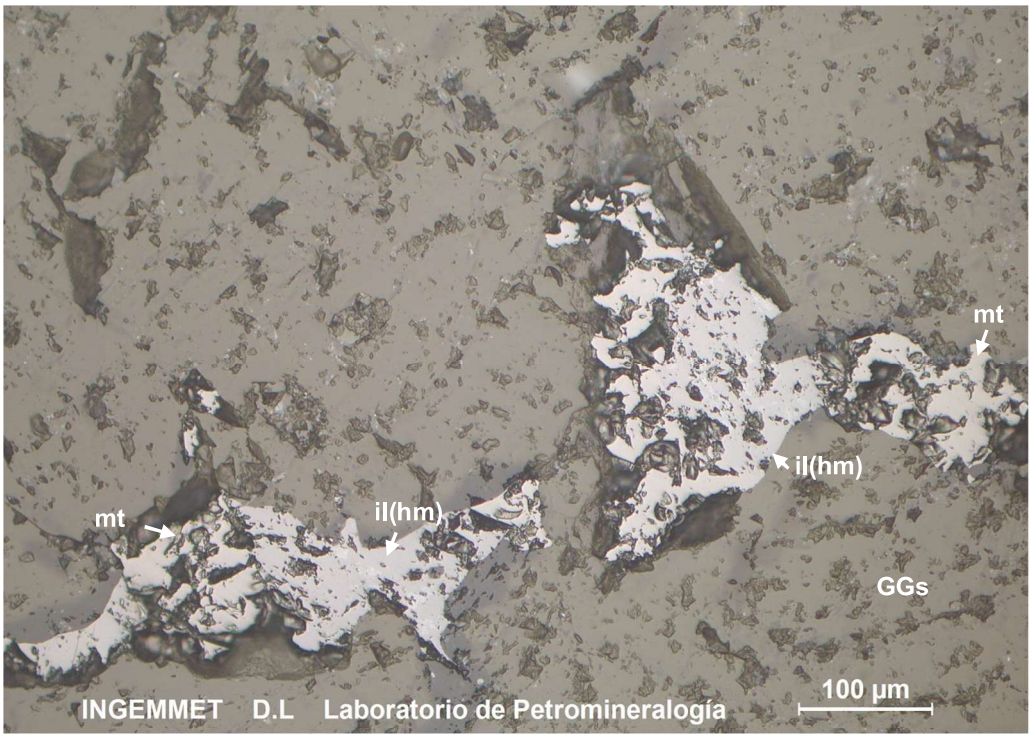
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-037 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs; cuarzo en intersticios: cz; anfíboles con inclusiones de minerales opacos: ANFs(OPs) y biotita: bt; además minerales opacos diseminados en la roca: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-037 NPs

Cristales de magnetita diseminada: mt; asociada a ilmenita con reemplazamiento lamelar por hematita: il(hm). Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

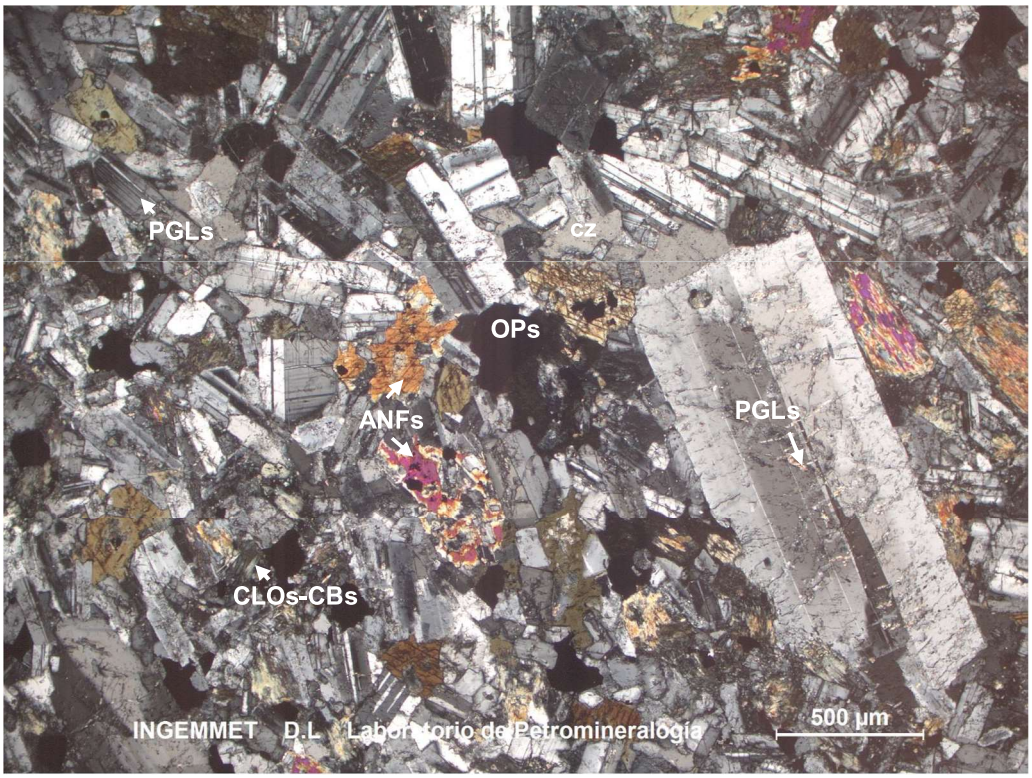
Sin observaciones.

I. DATOS GENERALES:

Código de la Muestra	Cuadrángulo	***Sistema de*** Coordenadas			***Localidad y/o Paraje***
		Norte	***Este***	Zona	
KIGAM-R-039	30S	8396598	205082	19	Constancia

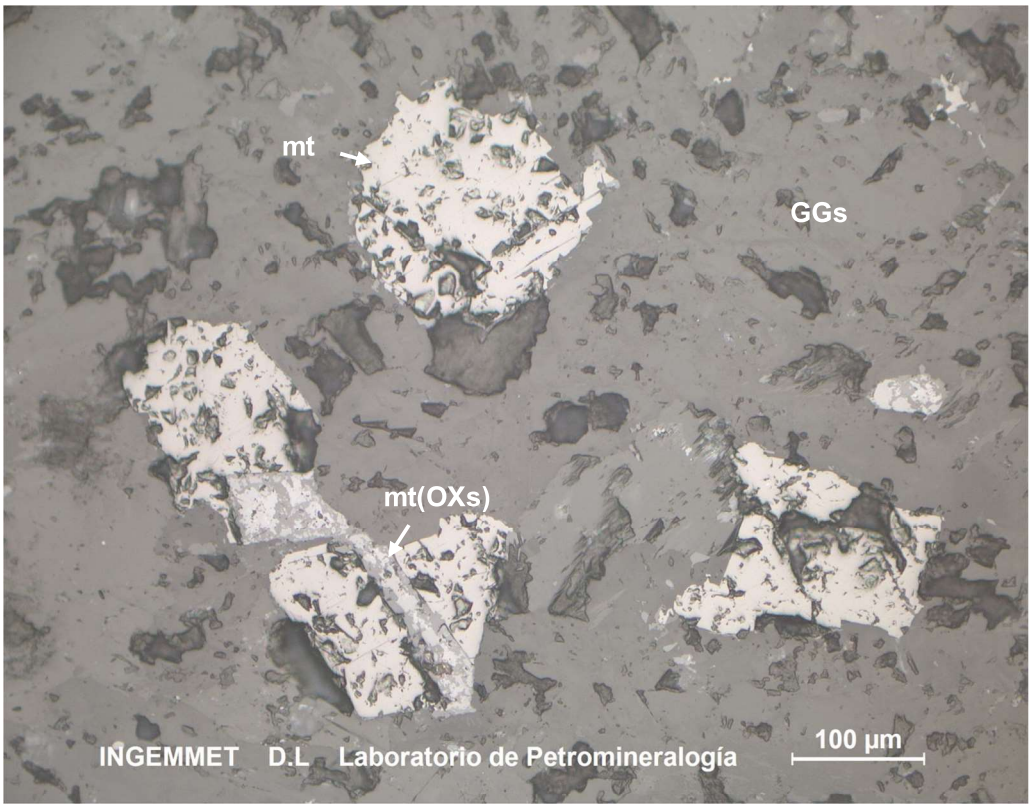
RESPONSABLE DEL ESTUDIO	FIRMA
MARIELA RONDON CCOPA	

II. FOTOMICROGRAFÍA/S:



Muestra N° KIGAM-M-039 NXs

Cristales de plagioclasas: PGLs; cuarzo: cz y anfíboles: ANFs; además cloritas y carbonatos en intersticios: CLOs-CBs. Minerales opacos diseminados: OPs.



Muestra N° KIGAM-M-039 NPs

Cristales de magnetita diseminados en la roca, están reemplazados por óxidos: mt(OXs). Gangas: GGs.

III. COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

Sin observaciones.

ANEXO II

BASE DE DATOS DE MUESTRAS DE ROCA Y MENA RECOLECTADAS EN LAS CAMPAÑAS DE JUNIO Y SETIEMBRE

No	Código	Este	Norte	Zone	Muestra	Depósito mineral /Ocurrencia	Estado	Tipo de depósito mineral	Description
1	KIGAM-M-001	728471	8395913	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo cuarzo-monzonita con mineralización de cobre y sulfuros: pirita, Calcopirita; calcosina secundaria. (PQM)
2	KIGAM-R-002	728857	8396085	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo pórfido cuarzo monzonita con alteración argilica y venillas de cuarzo y oxidos. 060/Vertical;110/vertica.
3	KIGAM-R-003	728870	8396097	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Arenisca de grano medio, de la formación Chuquibambilla. Silicificacion fuerte con venillas de cuarzo y oxidos de Fe. 146/65SE; 160/vertical. So 084/43S
4	KIGAM-M-004	728916	8396105	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Brecha Cuarzo-Turmalina polimictica con clastos de cuarzo y aresnica cuarzosa. Se obervan venillas de cuarzo y matriz rellena con mineralización de pirita, calcopirita y trazas de molibdenita. Falla 068/86SE.
5	KIGAM-M-005	729053	8396174	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Brecha monomictica con clastos del Porido Cuarzomonzonita (PQM). Se observa mineralización de oxidos de cobre, pirita , calcocina. Los clastos muestran un moderado grado de argilización
6	KIGAM-M-006	729277	9395948	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzomonzonita intramineral (PQM_I). Se observa un stock work con venillas de sulfuros lixiviados. Falla: 186/19W; 040/84NW.
7	KIGAM-M-007	729868	8395714	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Arenicas de la formacion chuquibambilla fuertemente silicificadas con presencia diseminada de sulfuros de pirita y en menos cantidad calcopirita; oxidos de hierro.
8	KIGAM-M-008	729820	8394264	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Roca intrusiva gris con textura granuda, de grano medio formada por cz-pg-bt. Corresponde a roca precursora: granodiorita.
9	KIGAM-R-009	729821	9394263	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo de composición granodiorítica, esteril, sucepibilidad magneticas de 0.053 (sup. Alterada); 0.023 (sup. Fresca).
10	KIGAM-R-011	729900	9393329	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo de composición granodiorítica, alterado argilizado. Falla 145/78E
11	KIGAM-M-012	729446	8395804	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzomonzonita principal con presencia de sulfuros diseminados y en venillas (pirita, calcopirita) se observa minerales de calcocita y bornita. Venillas: 130/50SW; 185/32E; 016/44E
12	KIGAM-M-013	728708	8395684	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo dacítico argilizado con minerlización de pirita y trazas de calcopirita.
13	KIGAM-R-014	728708	8395674	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo dacítico. Roca con textura porfirítica. Matriz de color verde afanítica y fenocistales de cuarzo-plagioclasa < 3 mm. Débil cloritización en matriz y trazas de calcopirita disminada.
14	KIGAM-M-015	729464	8395798	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo monzonita con con fenocristales argilizados, matriz silicificada de forma penetrativa y en venillas (menores que 1 mm) cuarzo-calcopirita. Posteriormente cortada por vetilla de cuarzo-calcopirita-molibdenita. Taladro TR-59. Tramo 74.1-75.35
15	KIGAM-M-016	729464	8395798	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo monzonita con mineralización de calcopirita y molibdenita. Tramo 69.65 - 70.60
16	KIGAM-R-017	729464	8395798	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo monzonita. Roca con textura porfirítica y matriz fanerítica grano medio a fino con fenocristales de cz-pg-fpK y bt. Cortado por venillas de cuarzo+/-cp (trazas). Trazas de cp en la matriz. Taladro TR-59. Tramo 313.1-316.1 Muestra 314.0, débil a moderada cloritización-Si, pirita diss.
17	KIGAM-M-018	729464	8395798	18	Mena	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo monzonita argilizado y silicificado. Cortado por venillas de 5 mm de calcopirita. Taladro TR-59. Tramo 325.1-326.2 Muestra 325.5
18	KIGAM-R-019	729464	8395798	18	Roca	Trapiche	Proyecto	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo monzonita, cortado por venillas < 1 mm de CLOs y cp. Taladro TR-59. Tramo 433.7-434.3 Muestra 433.6, ligeramente cloritizado-silicificado, presenta venillas de chlorita-pirita y pirita (débil); débil diss de parches de py.
19	KIGAM-R-021	725234	8408955	18	Roca	Carretera Trapiche-Santa Rosa	Afloramiento	Afloramiento	Roca c/textura porfirítica. Matriz verdosa afanítica c/fenos de plagioclasa < 5 mm, 1% hn y 3% bt. Pórfido dacítico.
20	KIGAM-R-022	722782	8413860	18	Roca	Carretera Trapiche-Santa Rosa	Afloramiento	Afloramiento	Roca félsica c/textura porfirítica. Matriz fina. Fenocristales de pg-FpK-cz. Cuarzo-monzonita porfirítica. Débil sericitización. Trazas de py cúbica oxidada (< 1mm y motas de hm>goe de 2 mm. Venillas de cz-OxFe.
21	KIGAM-R-023	711057	8423895	18	Roca	Carretera Trapiche-Santa Rosa	Afloramiento	Afloramiento	Roca c/textura porfirítica. Matriz fina a media de cz-Fp. Fenocristales de FpK-cz-pg y hn. Cuarzo-monzonita porfirítica.
22	KIGAM-R-024	711057	8423895	18	Roca	Carretera Trapiche-Santa Rosa	Afloramiento	Afloramiento	Roca c/textura granuda formada por cz-pg+/-FpK y bt alterda por CLOs débilmente y alineadas. Sugiere metamorfismo. Intrusivo granodiorítico.
23	KIGAM-R-025	696110	8442682	18	Roca	Carretera Trapiche-Santa Rosa	Afloramiento	Afloramiento	Roca intrusiva c/textura granuda formada por cz-pg-FpK, cz<10%) y ferromagnesianos (~20%) con > hn. Intrusivo diorítico.
24	KIGAM-R-026	198850	8399676	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Pórfido andesítico
25	KIGAM-R-027	198900	8399672	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Diorita inalterada (rodado en punto de muestra 028)
26	KIGAM-R-028	198900	8399672	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Diorita alterada
27	KIGAM-M-029	198991	8399502	19	Mena	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Skarn de magnetita
28	KIGAM-R-031	201572	8399685	19	Mena	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Pórfido monzonítico principal
29	KIGAM-R-032	201776	8399704	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Pórfido cuarzo monzonítico con ojos de cuarzo. Post-mineral
30	KIGAM-R-033	201776	8399704	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Pórfido monzonítico. Post-mineral
31	KIGAM-M-034	201975	8399430	19	Mena	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Skarn de anfíboles-CLOs
32	KIGAM-R-035	199980	8400322	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Roca intrusiva de textura porfiritica con matriz granular media a fina. Fenocristales plagioclasas y feldespato potásico con anfíboles. Micro monzonita porfirítica intramineral (MMP I)
33	KIGAM-R-036	196282	8402154	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo cuarzo-diorita, contenido de maficos aproximadamente 23%. Se observan venillas de clorita (direccion E-W) con sulfuros.
34	KIGAM-R-037	197855	8397873	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo cuarzo-diorita de textura granular media. Se observan venillas de clorita en fracturas (240/75SE); y venillas de cuarzo-feldespato 140/82SW.
35	KIGAM-M-038	202469	8394405	19	Mena	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Contacto entre diorita y areniscas cretácicas. La roca se encuentra argilizada y presenta mineralización de sulfuros diseminados de pirita y calcopirita. La calcopirita tambien se presenta en venillas << 1mm.
36	KIGAM-R-039	205082	8396598	19	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Intrusivo cuarzo-diorita
37	KIGAM-M-041	201975	8399430	19	Concentrado	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	Concentrado de Cobre
38	KIGAM-R-042	794022	8441435	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca con textura granuda media-fina, con fenos de plg, biotita>horblenda, magnetismo moderado, en contacto con calizas (N50°-80°).
39	KIGAM-R-043	793947	8441501	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Caliza marmolizada color gris oscuro con algunas fracturas rellenas de óxidos de cobre.
40	KIGAM-R-044	793337	8440518	18	Mena	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Bandas OxCu - bn - esp.
41	KIGAM-R-045	793702	8440449	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca con textura granuda media, con cristales fenocristales de plg y ojos de cuarzo, cortado por venillas de qtz con calcopirita.
42	KIGAM-R-046	793811	8440208	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca con textura granuda media con fenos de plg y máficos (bt<hn), presenta zonas con variaciones de bt y otros máficos. En contacto con skarn de gt.

43	KIGAM-R-047	793608	8439588	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca con textura granuda media, formada por fenos de plg - kfelds, tipo libro > 3mm. Cortado por venillas qtz-cpy-cc? Y óxidos de cobre.
44	KIGAM-R-048	793579	8439635	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca de textura porfídica con fenos de biotita y horblendas cloritizadas; presenta una ligera silificifación cortado por venillas de tipo "B" (qtcpuz-py) y qtz-cpy-bn hasta de un 1 cm de ancho; cpy diss (2%) y OxCu como patinas, las vetillas tienen un az N140°/85° (14 por metro).
45	KIGAM-R-049	793528	8439660	18	Roca	Mina Ferrobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca de textura granuda media con fenos de cuarzo; Bt = hbl, cortada por venillas de qtz-cpy-go < 1cm y vetas de hasta 7 cm de cuarzo blanco de az N295°-80°.
46	KIGAM-R-051	786496	8443738	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Skarn de magnetita y granate, presencia de granates verdes>marrones, en bandas intercaladas con magnetita y cortado por venillas de mt. Skarn de mt tiene parches de cpy-py y cac-qtz-epi.
47	KIGAM-R-052	786502	8443744	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Skarn de granates verdes > gt marrón en bandas con diópsido, diss de cpy-py en parches y en venillas.
48	KIGAM-R-053	786396	8443667	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Roca con textura media con finos cristales de qtz-plg y ojos de cuarzo, venillas de cpy y diss. Venillas de clorita
49	KIGAM-R-054	786064	8443120	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Pórfido monzonítico con alteración clorítica en máficos, raras vetillas qtz y OxCu en fracturas.
50	KIGAM-R-055	786074	8443181	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Pórfido con ojos de cuarzo, fenos plg y kfelds, último evento. Trazas de cpy diss y algunas venillas de clorita.
51	KIGAM-R-056	786055	8443287	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Skarn de granates marrones con parches de epidotas y trazas de cpy diss. Parches y venillas de mt. En contacto con skarn de magnetita.
52	KIGAM-R-057	786205	8443079	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Diorita con venillas de clorita y cpy-py diss en trazas. Localmente parches de ep, alto magnetismo, cortado por venillas de qtz.
53	KIGAM-R-058	786546	8444069	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Skarn de granates verdes y amarillos, con parches de malaquita.
54	KIGAM-R-059	787712	8444349	18	Roca	Mina Chalcobamba	Mina	Skarn Cu-Mo	Granodiorita de textura fanerítica.
55	KIGAM-R-061	801085	8429860	18	Roca	Alrededor de Las Bambas	Afloramiento	Afloramiento	Intrusivo granodiorítico de textura fanerítica, cortado por venillas milimétricas de sílice, presenta biotita > hbl (cristales pequeños).
56	KIGAM-R-062	801304	8442801	18	Roca	Alrededor de Las Bambas	Afloramiento	Afloramiento	Pórfido diorítico con fenocristales de plg en una matriz de horblendas alargadas y pequeñas ligeramente cloritizadas.
57	KIGAM-R-063	725662	8484564	18	Roca	Carretera Chalhuanca-Abancay	Afloramiento	Afloramiento	Roca foliada con textura granoblástica formada por pgl-cz-kfelds con biotita (25%), con venillas epi-clo y trazas de OxCu.
58	KIGAM-R-064	719689	8470173	18	Roca	Carretera Chalhuanca-Abancay	Afloramiento	Afloramiento	Roca de textura fenerítica de grano medio formada por cristales de plg-kfelds-cz y 15-20% (Bt-hn). Cortada por venillas de ep-clo, crsitales de bt<2mm.
59	KIGAM-R-065	713419	8466065	18	Roca	Carretera Chalhuanca-Abancay	Afloramiento	Afloramiento	Roca de textura fenerítica de grano medio formada por cristales de plg-kfelds-cz, 20-25% cristales de hb hasta 8 mm.
60	KIGAM-R-066	691249	8448116	18	Roca	Carretera Chalhuanca-Abancay	Afloramiento	Afloramiento	Roca moderadamente alterada propilítica con textura granuda media-fina formada por plg-kfelds-cz.
61	KIGAM-R-067	696971	8368098	18	Roca	Alrededor de Pallancata	Afloramiento	Afloramiento	Toba riolítica color violeta con matriz soldada y fenos de plagioclasa, alrededor se observan tobas dacíticas y vetas de cuarzo de 0.5 - 1m (N260°-90°).
62	KIGAM-R-068	696439	8368614	18	Mena	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Eventos de cuarzo masivo, vetilla, geodas con parches y oquedades de FeOx (go>hem) con texturas lamelares. Presenta una longitud de 800m.
63	KIGAM-R-069	697235	8368701	18	Mena	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4380, Veta de cuarzo con diss de pirita-pirargirita generando brecha en el contacto con tobas dacíticas. Presenta un ancho de 1 - 2.5m y Az: N80°-55°; ley 800 - 1000 g/t Ag.
64	KIGAM-R-071	697235	8368701	18	Mena	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4380, Veta de cuarzo de textura bandeada con diss de pirita-pirargirita-proustita generando brecha en el contacto con tobas dacíticas, presenta 400 m de longitud.
65	KIGAM-R-072	697235	8368701	18	Roca	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4380, roca caja, toba dacítica de textura porfídica de matriz verdosa fina afanítica con fragmentos líticos.
66	KIGAM-R-073	697235	8368701	18	Roca	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4380, roca caja, Zona de brecha, formada por fragmentos angulosos de la roca caja en matriz de cuarzo-pirita.
67	KIGAM-R-074	696582	8372040	18	Mena	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Veta con eventos de cuarzo coloforme, lamelar y drusy, N40°-80°.
68	KIGAM-R-075	696504	8372067	18	Roca	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Toba dacítica de líticos con ojos de cuarzo, biotitas y horblendas, argilizados por intemperismo.
69	KIGAM-R-076	697235	8368701	18	Mena	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4410, Veta de cuarzo de N270°-60° con espesor de 1.50 - 1.80 y brechado con algunos fragmentos de la roca caja.
70	KIGAM-R-077	697235	8368701	18	Roca	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4410, Roca caja, toda dacítica silicificada y cloritizada.
71	KIGAM-R-078	697235	8368701	18	Mena	Mina Pallancata	Mina	BS Ag-Au	Nivel 4410, Veta de cuarzo masivo con parches de 1-5 cm de cuarzo lamelar (bandeado), fragmentos líticos argilizados, fragmentos de arcillas teñidos por limolitas (go-hm).
72	KIGAM-R-079	689047	8347255	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Lava andesítica de textura porfídica con orientación de cristales de plg en una matriz gris verdosa, presenta ligera cloritización. Ligeramente magnética.
73	KIGAM-R-081	688257	8346123	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Veta de cuarzo hialino-blanco con algunas vetillas de cuarzo gris, se observa débil diss de goethita rellenando oquedades.
74	KIGAM-R-082	688255	8346120	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Roca caja, flujo andesítico ligeramente cloritizado y Si, cortado por numerosas vetillas de cuarzo.
75	KIGAM-R-083	688255	8346120	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Lava andesítica color gris-verdosa.
76	KIGAM-R-084	688381	8345901	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Veta de cuarzo blanco con grisáceo (sectores) con trazas de calcopirita diss. Se presenta FeOx (go) diss en oquedades y drusas. El ancho varía de 1-2m; N235°-80°.
77	KIGAM-R-085	688381	8345901	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Roca caja, piroclasto andesítico (Debris flow) con cristales de plg caóticos en una matriz gris, cortado por eventuales vetillas de cuarzo y FeOx en algunas oquedades.
78	KIGAM-R-086	688456	8345744	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Veta de cuarzo hialino con textura crustiforme y coloforme, FeOx diss en oquedades (débil), tiene un ancho de 0.50m y Az N250°-70°, roca caja piroclasto andesítico.
79	KIGAM-R-087	688456	8345744	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Roca caja, piroclasto andesítico (debris) con moderada alteración clorítica, cortada por eventuales vetillas de cuarzo.
80	KIGAM-R-088	688568	8345589	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Andesita color gris violácea de textura porfídica con cristales de plg orientados, presenta una ligera cloritización de máficos.
81	KIGAM-R-089	697240	8353604	18	Mena	Zona de amortiguamiento-Tararunqui	Proyecto	Filoneano	Veta de cuarzo blanco sacaroide con FeOx (hem) diss en cavidades, se observa algunas zonas de cuarzo gris opalino. Az: N260°-80° y ancho de 0.50m, roca caja argilizada y silicificada.
82	KIGAM-R-091	697240	8353604	18	Roca	Zona de amortiguamiento-Tararunqui	Proyecto	Filoneano	Toba andesítica de cristales? Con textura obliterada por la intensa alteración argílica y silica.
83	KIGAM-R-092	697240	8353604	18	Mena	Zona de amortiguamiento-Tararunqui	Proyecto	Filoneano	Veta de silice gris con py diss y FeOx en oquedades (5 estructuras en 2m lineales); fidders alteran la roca caja.
84	KIGAM-R-093	688370	8345901	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Nivel 4440, Veta de cuarzo cristalizado bandeado y crustiforme con cuarzo amatista, cortado por vetillas de qtz blanco y algunos FeOx diss.
85	KIGAM-R-094	688370	8345901	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Nivel 4440, Roca caja, flujo andesítico con alteración clorita-cuarzo-pirita-calcita, presenta vetillas de cuarzo de 1mm y py en parches.

86	KIGAM-R-095	688871	8346357	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Nivel 4420, Veta de cuarzo blanco y calcita de textura coloforme y bandeado con 1.70 m de ancho, presenta py diss en trazas.
87	KIGAM-R-096	688871	8346357	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Nivel 4420, Roca caja, lava andesítica color verde con alteración qtz-py-clo, cortado por vetillas de cuarzo de hasta 1cm de ancho, py diss (2%).
88	KIGAM-R-097	688927	8346338	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Tajo 9190 - nivel 4345, Veta de rodocrosita, cuarzo y esfalerita, presentándose en bandas.
89	KIGAM-R-098	688927	8346338	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Tajo 9190 - nivel 4345, Veta de esfalerita y galena presentándose en bandas junto a la rodocrosita y cuarzo (esf>ga); N70°-55°
90	KIGAM-R-099	688927	8346338	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Tajo 9190 - nivel 4345, Shetted veins de cuarzo-rodocrosita cortando al flujo andesítico.
91	KIGAM-R-101	688927	8346338	18	Roca	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Tajo 9190 - nivel 4345, roca caja, flujo andesítico con algteración QC, cortado por vetillas de qtz-rod.
92	KIGAM-R-102	688927	8346338	18	Mena	Mina Inmaculada	Mina	BS/IS Au-Ag	Muestras de pirita, galena y esfalerita en canchales de mina.
93	KIGAM-R-103	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/12.15 - 12.25; Arenisca con fuerte alteración QC, cortado por vetillas de qtz-py de hasta 1 cm de ancho, mo diss en fracturas.
94	KIGAM-R-104	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/52.35 - 52.40; Arenisca cortada por moderadas vetillas qtz-py de hasta 1 cm de ancho; molibdenita diss (2%), py diss (3%).
95	KIGAM-R-105	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/60.35 - 60.45; Arenisca cortada por vetillas de qtz-py-mo.
96	KIGAM-R-106	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/72.60 - 72.80; Arenisca con alteración fílica, cortada por vetillas de qtz-py-mo de hasta 0.5cm de ancho.
97	KIGAM-R-107	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/92.25 - 93.25; Arenisca fuertemente fracturada cortada por vetillas de qtz-py, py diss.
98	KIGAM-R-108	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/105.55 - 105.7; Arenisca cloritizada con abundante py diss y como parches; presenta vetillas de qtz-py-mo.
99	KIGAM-R-109	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/204.70 - 204.80; Rocas sedimentarias metamorfizadas con parches de clorita junto a py diss (2%), vetillas de qtz-py de 1 cm de ancho.
100	KIGAM-R-111	741803	8379598	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC01/217.05 - 217.15; Rocas sedimentarias metamorfizadas cortada por vetillas qtz-clo-kfelds-mo.
101	KIGAM-R-112	742108	8379748	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC02/14.40 - 14.45; Rocas sedimentarias metamorfizadas cortada por una vetilla de pirita de 1 cm de ancho, mo diss.
102	KIGAM-R-113	742108	8379748	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC02/98.70 - 99.30; Arenisca fuertemente fracturada cortada por vetillas de qtz-py.
103	KIGAM-R-114	742108	8379748	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC02/103.80 - 103.90; Arenisca ligeramente metamorfizada cortada por vetillas qtz-py-mo de 0.5 cm de ancho.
104	KIGAM-R-115	742108	8379748	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC02/281.25 - 281.35; Diorita cloritizada moderamente y cortada por vetillas de qtz-py-mo (mod), venillas de magnetita.
105	KIGAM-R-116	742108	8379748	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC02/287.00 - 287.15; Diorita cloritizada mod. Cortada por venillas de py-mt; qtz-py-mo y vetillas cuarzo; algunas plg alteradas.
106	KIGAM-R-117	741883	8379938	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC03/208.30 - 208.50; Arenisca metamorfizada cortada por vetillas de pirita y diss (3%).
107	KIGAM-R-118	741883	8379938	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC03/212.45 - 212.50; Zona de pirita concentrada en vetillas, cortando arenisca.
108	KIGAM-R-119	741883	8379938	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC03/120.35 - 120.40; Arenisca cortada por vetillas qtz-py con alteración sericítica; mo diss en fracturas con biotita.
109	KIGAM-R-121	741883	8379938	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC03/228.95 - 230.65; Diorita? Cortada por vetillas qtz-py-mo.
110	KIGAM-R-122	741883	8379938	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC03/243.75 - 243.80; Arenisca cortada por vetillas qtz-py-mt de 1cm de ancho.
111	KIGAM-R-123	742423	8379948	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC04/63.15 - 63.30; Diorita con abundante pirita y pirrotita diss y en venillas.
112	KIGAM-R-124	742423	8379948	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC04/60.60 - 60.80; Diorita cortada por moderadas vetillas de qtz-py y py diss.
113	KIGAM-R-125	742423	8379948	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC04/57.95 - 58.05; Diorita ligeramente silicificada cortada por vetillas de qtz, qtz-py-mo; py-mo diss.
114	KIGAM-R-126	742318	8379555	18	Roca	Pucca Corral	Proyecto	Pórfido-Skarn Cu-Mo	PDC05/55.25 - 56.45; Diorita silicificada (débil) con venillas de pirita, qtz-py y pirita diss (2%). (SDP-55.0 al 55.20).
115	KIGAM-R-127	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P172/caja25/89.50 - 91.45; Pórfido monzonítico con alteración fílica, cortado por vetillas de FeOx.
116	KIGAM-R-128	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P131/caja38-39/133.90 - 135.40; Pórfido monzonítico con alteración fílica, cortado por vetillas de FeOx de 0.5 cm de ancho.
117	KIGAM-R-129	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P292/caja9/30.75 - 30.80; Pórfido monzonítico con alteración fílica, cortado por vetillas py-cpy qtz-py de 1 cm de ancho.
118	KIGAM-R-131	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P292/caja12/42.85 - 43.85; Pórfido monzonítico con alteración fílica, cortado por vetillas qtz-py-cpy y raras vetillas qtz-cpy.
119	KIGAM-R-132	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P131/caja54/190.00 - 190.20; Pórfido monzonítico con alteración silica-clay, presenta py diss, malaquita en fracturas.
120	KIGAM-R-133	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P131/caja54/190.75 - 191.25; Pórfido monzonítico con alteración silica-clay, presenta py y cpy diss y en vetillas (qtz-py-cpy); trazas de calcosina.
121	KIGAM-R-134	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P131/caja55/191.25 - 192.00; Pórfido monzonítico con vetillas de qtz-py-cpy y débil diss de calcosita en frc.
122	KIGAM-R-135	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P291/caja66/225.10 - 227.00; Brecha monomíctica con clastos monzoniticos subredondeados a subangulosos y matriz rellena de molibdenita; está en contacto con el pórfido intramineral
123	KIGAM-R-136	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P149/caja131-134/561.80 - 580.75; Pórfido monzonítico con alteración potásica cortado por vetillas qtz-mo.
124	KIGAM-R-137	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P149/caja133/573.30 - 575.30; Pórfido monzonítico con alteración potásica, presenta biotita secundaria y py diss (1%).
125	KIGAM-R-138	201700	8399690	18	Roca	Mina Constancia	Mina	Pórfido Cu-Mo	P291/caja66/226.0 - 226.7; ID KIGAM-R-135.
126	KIGAM-R-139	688540	8414631	18	Roca	Chalhuanca	Mina	Pórfido-skarn Cu-Mo	Caliza marmolizada con contenido de oxidos de Fe.
127	KIGAM-M-140	689230	8415750	18	Mena	Chalhuanca	Mina	Pórfido-skarn Cu-Mo	Estructura de oxidos de Fe. Jarosita, hematita, gohetita. Rumbo 092°; buzamiento 45°S
128	KIGAM-M-141	689370	8415739	18	Mena	Chalhuanca	Mina	Pórfido-skarn Cu-Mo	Estructura de oxidos de Fe. Jarosita, hematita, gohetita. Rumbo 027°; buzamiento 30°E
129	KIGAM-M-142	688540	8414631	18	Mena	Chalhuanca	Mina	Pórfido-Skarn Cu-Mo	Veta de sulfuros de galena, pirita y calcopirita. Rumbo 120°, buzamiento 68° SW

ANEXO III

BASE DE DATOS DE RESULTADOS DE ANÁLISIS GEOQUÍMICOS DE ELEMENTOS TRAZA, ROCA TOTAL Y Au

ANEXO IV

BASE DE DATOS DE SUSCEPTIBILIDAD MAGNÉTICA