

# GE33A-5: Características Geológicas y Geoquímicas de los depósitos minerales de la Faja Magmática Cretáceo-Paleógena entre Huancavelica y Tacna – Bloque Norte



*Mina San Genaro en Castrovirreyna, Huancavelica.*

## Equipo de trabajo

Michael Valencia Muñoz, Alexander Santisteban Angeldonis, Alonso  
Arturo Marchena Campos & Walter León Lecaros

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO - INGEMMET  
Dirección de Recursos Minerales y Energéticos - DRME  
Programa de Metalogenia

Julio, 2020



## INDICE

|  |           |
|--|-----------|
| PREFACIO .....   | 5         |
| RESUMEN .....  | 6         |
| <b>CAPITULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>11</b> |
| 1.1. Ubicación y accesos .....   | 12        |
| 1.2. Estudios previos .....  | 15        |
| 1.3. Geomorfología .....   | 15        |
| 1.4. Metodología – Trabajos realizados .....   | 16        |
| 1.5. Participantes .....   | 19        |
| 1.6. Agradecimientos .....   | 19        |
| <b>CAPITULO II: MARCO GEOLÓGICO REGIONAL .....</b>                                     | <b>21</b> |
| 2.1.- Estratigrafía .....  | 21        |
| 2.2.- Magmatismo .....   | 24        |
| 2.3.- Evolución Tectónica .....  | 26        |
| <b>CAPÍTULO III: ASPECTOS METALOGENÉTICOS REGIONALES .....</b>                         | <b>31</b> |
| 3.1. Metalotectos Litoestratigráficos y Litodémicos .....                              | 31        |
| 3.2. Metalotectos Estructurales .....  | 31        |
| 3.3. Franjas Metalogenéticas .....   | 32        |
| 3.4. Isotopos de Pb en los Depósitos de la Franja de Epitermales en Huancavelica ..... | 34        |
| <b>CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS MINERALES .....</b>         | <b>39</b> |
| 4.1.- Epitermales .....  | 39        |
| 4.1.1.- ANCOS (SANCOS) .....   | 39        |
| 4.1.2.- ANTAPITE .....   | 40        |
| 4.1.3.- APUMAYO .....  | 43        |
| 4.1.4.- ASTOHUARACA .....  | 45        |
| 4.1.5.- BETHANIA .....   | 46        |
| 4.1.6.- BREAPAMPA .....  | 48        |
| 4.1.7.- CCARHUARASO .....  | 50        |
| 4.1.8.- CHAUJA .....   | 51        |
| 4.1.9.- COLPAR .....   | 52        |
| 4.1.10.- CRESTA DE GALLO .....   | 54        |
| 4.1.11.- CURIANTA .....  | 55        |
| 4.1.12.- DÓLAR .....   | 57        |
| 4.1.13.- DON HERBERTH .....  | 58        |
| 4.1.14.- DORITA .....  | 60        |
| 4.1.15.- HUACHAC .....   | 60        |
| 4.1.16.- HUACULLO (CORIHUACULLO) .....   | 61        |
| 4.1.17.- HUANCARPUSCA .....  | 66        |
| 4.1.18.- HUARMAPATA .....  | 67        |
| 4.1.19.- INMACULADA .....  | 68        |
| 4.1.20.- JATUN ORCCO .....   | 68        |
| 4.1.21.- LA VIRREYNA .....   | 70        |
| 4.1.22.- LUICHO .....  | 72        |
| 4.1.23.- MACHO CRUZ .....  | 73        |
| 4.1.24.- MASQUETA .....  | 74        |
| 4.1.25.- MINASNIOC .....   | 76        |
| 4.1.26.- PALLA PALLA .....   | 79        |
| 4.1.27.- PICOMACHAY .....  | 81        |
| 4.1.28.- PORFIA .....  | 83        |
| 4.1.29.- RUBÍ .....  | 84        |
| 4.1.30.- SAN ANTONIO .....   | 86        |
| 4.1.31.- SAN GENARO .....  | 87        |
| 4.1.32.- SAN MARTÍN BETAS .....  | 88        |
| 4.1.33.- TIPICANCHA .....  | 89        |
| 4.1.34.- TITIMINAS .....   | 91        |
| 4.1.35.- VALERIA .....   | 92        |
| 4.2.- IOCG .....   | 93        |
| 4.2.1.- CHEKCHA .....  | 93        |
| 4.2.2.- CHICULLAY .....  | 95        |
| 4.2.3.- DAME LA MANO .....   | 96        |

|   |                               |     |
|---|-------------------------------|-----|
| 4.2.4.- KJARA KJARA .....   | 97                            |     |
| 4.2.5.- MARIA ELENA .....   | 99                            |     |
| 4.2.6.- MATARA .....  | 100                           |     |
| 4.2.7.- MONTA .....   | 101                           |     |
| 4.2.8.- NINA CCACA .....  | 103                           |     |
| 4.2.9.- SAN CRISTOBAL .....   | 105                           |     |
| 4.2.10.- SITIOPATA .....  | 107                           |     |
| 4.2.11.- TAMBO QUEMADO .....  | 109                           |     |
| 4.3.- Pórfidos .....  | 110                           |     |
| 4.3.1.- CANDELARIA .....  | 110                           |     |
| 4.3.2.- INCASOL CAPILLAS .....  | 111                           |     |
| 4.3.3.- PUQUIO .....  | 112                           |     |
| 4.3.4.- LARA .....  | 115                           |     |
| 4.4.- Relacionado A Intrusivos .....  | 116                           |     |
| 4.4.1.- ANDAYMARCA .....  | 116                           |     |
| 4.4.2.- QUILCA .....  | 118                           |     |
| 4.4.3.- SAN FERNANDO .....  | 119                           |     |
| 4.4.4.- SARAMARCA .....   | 121                           |     |
| 4.5.- Skarn .....   | 121                           |     |
| 4.5.1.- IRMA NÉLIDA .....   | 121                           |     |
| 4.6.- Vetas y Cuerpos .....   | 124                           |     |
| 4.6.1.- AGUA PERDIDA .....  | 124                           |     |
| 4.6.2.- CAHUIÑA .....   | 125                           |     |
| 4.6.3.- COQUIMBANA .....  | 127                           |     |
| 4.6.4.- ELIANA .....  | 129                           |     |
| 4.6.5.- FORTUNA 85 .....  | 131                           |     |
| 4.6.6.- LA MERCED .....   | 133                           |     |
| 4.6.7.- MURCUTO .....   | 134                           |     |
| 4.6.8.- OTOCA .....   | 136                           |     |
| <b>CAPÍTULO V: CARACTERÍSTICAS LITOGEOQUÍMICAS DE LOS MAGMAS ASOCIADOS A PÓRFIDOS, IOCGs Y EPITERMALES EN LA REGIÓN</b> ..... ¡Error! Marcador no definido. |                               |     |
| 5.1 Diagramas de Tierras Raras y Spider de las Unidades Ígneas Regionales Parentales .....  | ¡Error! Marcador no definido. |     |
| 5.2. Caracterización Litogeoquímica de los Magmas Asociados a Yacimientos tipo Pórfidos, IOCG Y Epitermales en la región.....                               | 141                           |     |
| <b>CAPÍTULO VI: POTENCIAL MINERO DEL BLOQUE NORTE</b> .....   |                               | 153 |
| 6.1 Anomalías Gravimétricas e Intersecciones Estructurales .....  | 153                           |     |
| 6.2 Depósitos con Ocurrencias Minerales .....   | 155                           |     |
| 6.3 Anomalías Geoquímicas de Sedimentos de Quebradas Activas .....  | 155                           |     |
| 6.4 Sectores con Potencial de Exploración .....   | 156                           |     |
| CONCLUSIONES .....  | 161                           |     |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 163                           |     |
| LISTA DE FIGURAS, TABLAS, FOTOGRAFÍAS,FOTOMICROGRAFÍAS .....  | 169                           |     |
| ANEXOS .....  | 173                           |     |

## PREFACIO

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) es un Organismo Público Especializado del Sector de Energía y Minas del Perú, que tienen como función principal el desarrollo de trabajos geológicos de carácter geocientífico. La Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) a través del Programa de Metalogenia, realiza estudios científicos sobre el origen y distribución de los depósitos minerales, partiendo de temas conceptuales y apoyándose en un conjunto de herramientas geológicas como son el criterio y análisis de la información estratigráfica, estructural, espectral, geofísica y geoquímica. Toda la información geológica generada es procesada a manera de *data sets* (multi capas) permitiendo delimitar áreas prospectivas con potencial minero, donde prácticamente no muestran evidencias de estructuras, vetas o alteraciones hidrotermales.

La metalogenia estudia el origen de los yacimientos minerales y sus relaciones con las rocas que los contienen, las estructuras que los controlan y las leyes que gobiernan su distribución en la corteza terrestre, considerando el espacio y tiempo. La representación de la distribución espacial y temporal de los depósitos minerales y sus relaciones metalogenéticas se plasma en el Mapa Metalogenético, en el cual muestra 23 franjas y cuencas hidrográficas con depósitos de oro tipo placer, aluvial y morrenas; en base a datos de depósitos minerales, edades de roca y de alteración-mineralización.

Por consiguiente, el objetivo principal del presente informe es mostrar la metalogenia de la región, así como generar las guías necesarias para el descubrimiento de *depósitos mineros tipo ciegos o no aflorantes*, aquellos que no muestran evidencias superficiales.

Finalmente, el presente informe, basa sus interpretaciones sobre argumentos tangibles y verificables, los cuales pueden ser repetidos e interpretados por los investigadores en base a la base de datos adjuntada al presente informe.

## RESUMEN

El estudio "Características Geológicas y Geoquímicas de los depósitos minerales de la Faja Magmática Cretáceo-Paleógena entre Huancavelica y Tacna – Bloque Norte", tiene como objetivo el estudio de los controles magmáticos, estratigráficos, estructurales que originaron los depósitos minerales, en base a interpretaciones litogeoquímicas, estructurales, petromineralógicas y datos de campo.

Estratigráficamente durante el Mesozoico, se emplaza el volcánico triásico-jurásico Fm. Chocolate recubierta por unidades Cretáceas marinas y continentales (Grupos Yura y Goyllarisquizga, y en partes por Fm. Socosani al sur y Gpo. Pucará al norte). Hacia el lado de la Cordillera Occidental se tiene el arco insular jurásico de la Fm. Guaneros que, para la región andina, se pasa a rocas sedimentarias marinas continentales del Gpo. Yura. Sobreyaciendo, se tienen rocas clásticas la Fm. Murco y la Fm. Arcurquina del Cretáceo. Hacia el norte, en la costa afloran rocas volcánicas del Gpo. Casma. Las rocas del Cenozoico se inician con la depositación de secuencias volcánicas y volcanosedimentarias Fm. Tantarà, Gpo. Sacsacero, y las formaciones Castrovirreyna y Caudalosa principalmente, que al sur de la zona de estudio toma los nombres de Gpo. Tacaza, Fm. Alapabamba, Fm. Sencca y Fm. Huaylillas, esta última con una edad del Mioceno Medio que pasa a llamarse Fm. Nazca en Ica. Un episodio en parte coetáneo a la Formación Sencca, está representado por una cadena de morfoestructuras volcánicas del denominado arco volcánico del Grupo Barroso afectado por la erosión glaciario pleistocena.

El magmatismo intrusivo de edad Cretáceo superior a Paleógeno está representado por El Batolito de la Costa, que al igual que el Grupo Casma, ocupa los dominios paralelos a la línea de costa, en el que destacan las superunidades que se han emplazados en el siguiente orden: 1) Superunidad Patap, 2) Superunidad Pampahuasi, 3) Superunidad Linga, 4) Superunidad Incahuasi, 5) Superunidad Tiabaya y otras unidades que no pueden asignarse a superunidades específicas.

Metalogénicamente, el área de estudio está enmarcada dentro de cinco franjas metalogénicas: Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionada con intrusivos; Franja X de depósitos de pórfidos de Cu-Mo del Cretáceo superior; Franja XVIII de depósitos epitermales de Au-Ag del Oligoceno; Franja XXI de depósitos epitermales de Au-Ag del Mioceno (con dos sub franjas XXI-A y XXI-C); y la Franja XXIII Depósitos epitermales de Au-Ag del Mioplioceno. Entre las principales conclusiones sobre las características litogeoquímicas magmáticas tenemos que el Grupo Tacaza de composición félsica y los de composición intermediai presentan un patrón lístrico de tierras raras, indicando fraccionamiento de anfíbol en la fuente que es indicador de un potencial del magma de generar mineralización, debido a que el anfíbol es una fase mineralógica hidratada y contribuye con fluidos hidrotermales al sistema.. La unidad minera de San Cristóbal muestra un magmatismo poco diferenciado y altamente hidratado; mientras los intrusivos porfídicos (pórfido andesítico-Huáchac, pórfido dacítico-Huancarpuscca, pórfido dacítico-San Genaro) indican el influjo en profundidad de fluidos ricos en complejos clorurados; y Apumayo muestra evidencias de un intenso metasomatismo del manto. La isotopía de Pb de los epitermales en Huancavelica muestran en Bethania una interacción con las rocas silicoclásticas del Jurásico-Cretáceo; en la La Virreyna, con las rocas volcánicas del Oligo-Mioceno; mientras en Cahuiña están fuertemente afectados por el Batolito de la Costa.

En base al estudio de inclusiones fluidas (IF) y datos de campo tenemos que Andaymarca sería un depósito relacionado a intrusivos; mientras Monta en base a consideraciones de campo sería un IOCG..

En base a los estudios de espectrometría de minerales y petromineralógicos se ha clasificado a San Antonio como epitermal de alta sulfuración, determinándose una asociación de minerales de cuarzo-alunita potásica con una leve lixivación y óxidos de Fe (hematita, goethita) y dickita, así como con otras determinaciones en el campo. En Ancos

también tenemos un depósito epitermal, en donde se ha determinado sericita con estudios petrográficos; con San Cristóbal se ha reconocido alteración potásica con características de tipo IOCG.

Finalmente podemos concluir que en la zona de estudio se ha determinado **26 áreas** con potencial de exploración, clasificada en tres tipos de prioridad de I, II y III orden. Entre las áreas de primer orden de exploración tenemos: Bethania, Dorita-Picomachay, La Virreyna-Astohuaraca, Jatun Orcco entre otras como las más interesantes.

## ABSTRAT

The "Geological and Geochemical Characteristics of the mineral deposits of the Cretaceous-Paleogene Magmatic Belt between Huancavelica and Tacna - North Block", aims to study the magmatic, stratigraphic, structural controls that originated the mineral deposits, based on to lithochemical, structural, petromineralogical interpretations and field data.

Stratigraphically during the Mesozoic, the Triassic-Jurassic volcanic formations is located. Chocolate covered by marine and continental Cretaceous units (Yura and Goyllarisquiza Groups, and in parts by Socosani Formation to the south and Pucará Group to the north). Towards the side of the Western Cordillera there is the Jurassic island arch of the Guaneros Formation that, for the Andean region, passes to continental marine sedimentary rocks of the Yura Group. Overlapping, there are clastic rocks. Murco Formation and the Arcurquina Formation of the Cretaceous. To the north, on the coast, volcanic rocks of the emerge Casma Group. The Cenozoic rocks begin with the deposition of volcanic and volcanic sequences. So much, Sacsaquero Group, and the Castrovirreyna and Caudalosa formations mainly, which to the south of the study area take the names of Tacaza Group, Alfabamba Formation, Sencca Formation and Huaylillas Formation, the latter with a Middle Miocene age that is renamed Nazca Formation in Ica. An episode partly contemporaneous with the Sencca Formation, is represented by a chain of volcanic morphostructures of the so-called Barroso Volcanic Group arc affected by Pleistocene glacial erosion.

The intrusive magmatism of Cretaceous age superior to Paleogene is represented by Batolito de la Costa, which, like the Casma Group, occupies the domains parallel to the coastline, in which the superunits that have been located in the following order stand out. : 1) Patap Superunit, 2) Pampahuasi Superunit, 3) Linga Superunit, 4) Incahuasi superunit, 5) Tiabaya superunit and other units that cannot be assigned to specific superunits.

Metallogenetically, the study area is framed within five metallogenetic bands: IX Belt of Au-Pb-Zn-Cu deposits related to intrusives; X Belt of Cu-Mo porphyry deposits from the Upper Cretaceous; XVIII Belt of Au-Ag epithermal deposits from the Oligocene; XXI Belt of Myocene Au-Ag epithermal deposits (with two XXI-A and XXI-C sub-Belts); and XXIII Belt Miopliocene Au-Ag epithermal deposits.

Among the main conclusions regarding the magmatic lithochemical characteristics we have that the Tacaza Group of felsic composition and those of intermediate composition present a rare earthy lystric pattern, indicating amphibole fractionation in the source that is an indicator of a potential of magma to generate mineralization, due the amphibole is a hydrated mineralogical phase and contributes hydrothermal fluids to the system. The San Cristóbal mining unit shows little differentiated and highly hydrated magmatism; while porphyry intrusives (andesitic porphyry-Huáchac, dacitic porphyry-Huancarpusca, dacitic porphyry-San Genaro) indicate the depth influence of fluids rich in chlorinated complexes; and Apumayo shows evidence of intense mantle metasomatism. The Pb isotopy of the epithermal in Huancavelica shows in Bethania an interaction with the silicoclastic rocks of the Jurassic-Cretaceous; in La Virreyna, with the Oligo-Miocene volcanic rocks; While in Cahuiña they are strongly affected by the Batolito de la Costa.

Based on the study of fluid inclusions (IF) and field data we have that Andaymarca would be a deposit related to intrusives; while riding based on field considerations it would be an IOCG ..

Based on mineral and petromineralogical spectrometry studies, San Antonio has been classified as high sulfidation epithermal, determining an association of quartz-potassium alunite minerals with light leaching and oxides of Fe (hematite, goethite) and dickite, thus as with other determinations in the field. In Ancos we also have an epithermal deposit, where sericite has been determined with petrographic studies; Potassium alteration with IOCG type characteristics has been recognized with San Cristóbal.



Finally, we can conclude that 26 areas with exploration potential have been identified in the study area, classified into three priority types of I, II and III order. Among the areas of first order of exploration we have: Bethania, Dorita-Picomachay, La Virreyna-Astohuaraca, Jatun Orcco among others as the most interesting.



## CAPITULO I INTRODUCCIÓN

El presente estudio se realizó con el objetivo caracterizar geológica y geoquímicamente los depósitos minerales de la faja magmática Cretáceo-Paleógena entre Huancavelica y Ayacucho para definir áreas de interés de exploración para el descubrimiento y prospección de nuevos depósitos minerales. Para esto se realizó el estudio del origen de los depósitos minerales y su relación de emplazamiento con sus características estructurales, magmáticas y litoestratigráficas. Con este aporte, se busca actualizar el Mapa Metalogenético del Perú y la base de datos de los yacimientos minerales, comprendiendo resultados de análisis geoquímicos, geocronológicos, isotópicos; así como estudios litoestratigráficos, estructurales y petromineralógicos; y asimismo definir áreas con potencial minero.

Este proyecto plantea el estudio de la faja magmática Cretáceo-Paleógeno asociado a los depósitos minerales tipo pórfido y epitermales entre los departamentos de Huancavelica y Ayacucho; que comprenden cinco **franjas IX, X, XVIII, XXI** (con las subfranjas **XXI-A y XXI-C**), y **XXIII** del mapa Metalogenético del Perú (Acosta et al., 2009).

El estudio se realizó en tres etapas. Una primera etapa de gabinete, en la cual se desarrolló la recopilación de información de las bases de datos que tiene el INGEMMET, la segunda etapa de trabajos de campo, y finalmente la etapa de interpretación de toda la información geológica y resultados de los diversos análisis, que luego son plasmados en el presente boletín.

El área de estudio se ubica en la zona sur del territorio peruano y comprende 19 cuadrángulos de la Carta Geológica Nacional, a escala 1:100 000, distribuidos en 14 provincias y 90 distritos.

Dentro de la región se encuentran ciudades y poblaciones importantes como **Castrovirreyna, Huaytará, Puquio, Coracora, Pausa, Chaviña, Incuyo, Sancos, Lucanas, Tambo quemado, Otoa, Huac Huas, Ticrapo** entre otras; en donde se desarrollan actividades económicas importantes como turismo, comercio, agricultura y minería. Las zonas con mayor actividad minera artesanal e informal se concentran principalmente en las zonas de Pausa, Puquio y Otoa. Geográficamente, el estudio comprende la zona sur de la Cordillera Occidental entre Huancavelica y Tacna abarcando una extensa área (135 x 877 km), la cual fue dividida en dos sectores: un bloque norte de Huancavelica y Ayacucho, y otro bloque sur de Arequipa y Tacna. La separación en dos bloques (Figura 1.1), se basa en algunas diferencias geológicas de las dos zonas como en la transecta de Caravelí, con la culminación desde el sur de los arcos magmáticos del Barroso cuaternario, y sobre todo por la gran extensión de zona de estudio. Este boletín tiene alcance solo sobre el bloque norte.

El área del Bloque Norte del estudio se ubica al suroeste del Perú y comprende el suroeste de los departamentos de Huancavelica y Ayacucho. Abarca las partes altas de ambos flancos de la Cordillera Occidental con terrenos de relieve abrupto entre los 1200 a 4000 m.s.n.m.

La extensión de este bloque es de aproximadamente de 32 248 km<sup>2</sup>, en donde se han visitado 55 ocurrencias minerales. Se recolectaron 159 muestras de roca, 129 de las cuales fueron analizadas por ICP-MS para análisis multielemental, con fusión de peróxido de sodio, y donde también se aplicó el método de Ensayo al Fuego por oro en 50 g, con Absorción Atómica-AAS. Nueve (09) muestras fueron analizadas por fluorescencia de rayos X con borato de Litio, para determinar la composición primaria de óxidos de las rocas ígneas, usadas para elaborar mapas geoquímicos y litogeoquímicos. De estas, 41 muestras contaron con descripciones petrográficas en sección delgada y 13 descripciones mineragráficas en sección pulida. También se tomaron 7 muestras para estudios de espectrometría de Rayos X (PIMA) para determinar cualitativamente el tipo de arcilla; y 4 muestras para determinaciones

termométricas y de salinidad mediante estudios de inclusiones fluidas. Asimismo, 5 muestras fueron utilizadas para estudios geocronológicos para edades de mineralización.

El proyecto es el resultado de trabajos de gabinete y campo, realizados por profesionales de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del INGEMMET, durante las cuales se realizaron observaciones desde el punto de vista tectonomagmático, estratigráfico, estructural y económico.

### 1.1. Ubicación y accesos.

El área de estudio comprende los departamentos de Huancavelica, Ayacucho y parte del extremo oriental de Ica. Se ubica en la sierra sur central y comprende el segmento sur de la Cordillera Occidental, que abarca una cadena montañosa de topografía irregular y relieve abrupto. Su extensión aproximada es de 32 248 km<sup>2</sup>, comprendida entre los paralelos 12°34'55" y 15°25'25" de Latitud Sur y entre los meridianos 75°48'44" y 72°59'42" de Longitud Oeste (Figura 1.2). Las coordenadas UTM equivalentes son 8608228 N – 8293744 N, y 412041 E – 717822 E, datum WGS84, Zona 18 Sur.

Para acceder a la zona de estudio se puede tomar la carretera Panamericana sur partiendo de Lima hasta la ciudad de Pisco, luego se tomará la vía Libertadores hasta llegar a Ayacucho, pasando por Huaytará y Rumichaca. El trayecto Ayacucho – Huancavelica se puede realizar ya sea partiendo desde Ayacucho por carretera afirmada pasando por Lircay hasta Huancavelica, o desde Rumichaca pasando por los poblados de Santa Inés y Lachocc. Desde esta vía principal parten vías asfaltadas que conducen a las ciudades importantes tales como Castrovirreyna, Puquio y Cora. Asimismo, se tienen varias vías afirmadas, trochas carrozables y caminos de herradura que conducen a los diferentes centros poblados y parajes del área de estudio. También se puede acceder por vía aérea de Lima a Ayacucho con un tiempo estimado de 20 minutos, para luego realizar los recorridos antes mencionados. Las alternativas de acceso por vía terrestre son las siguientes:

Tabla 1.1. Accesos a la zona de estudio

| <b>ACCESO</b>           | <b>DISTANCIA (Km.)</b> | <b>TIEMPO</b> |
|-------------------------|------------------------|---------------|
| Lima - Pisco            | 237                    | 3 h 25'       |
| Lima - Ayacucho         | 573                    | 9 h           |
| Ayacucho – Huancavelica | 242                    | 5 h           |
| Lima - Castrovirreyna   | 386                    | 6 h           |
| Lima - Puquio           | 605.5                  | 91 h 40'      |
| Lima – Cora             | 691.8                  | 11 h 30'      |

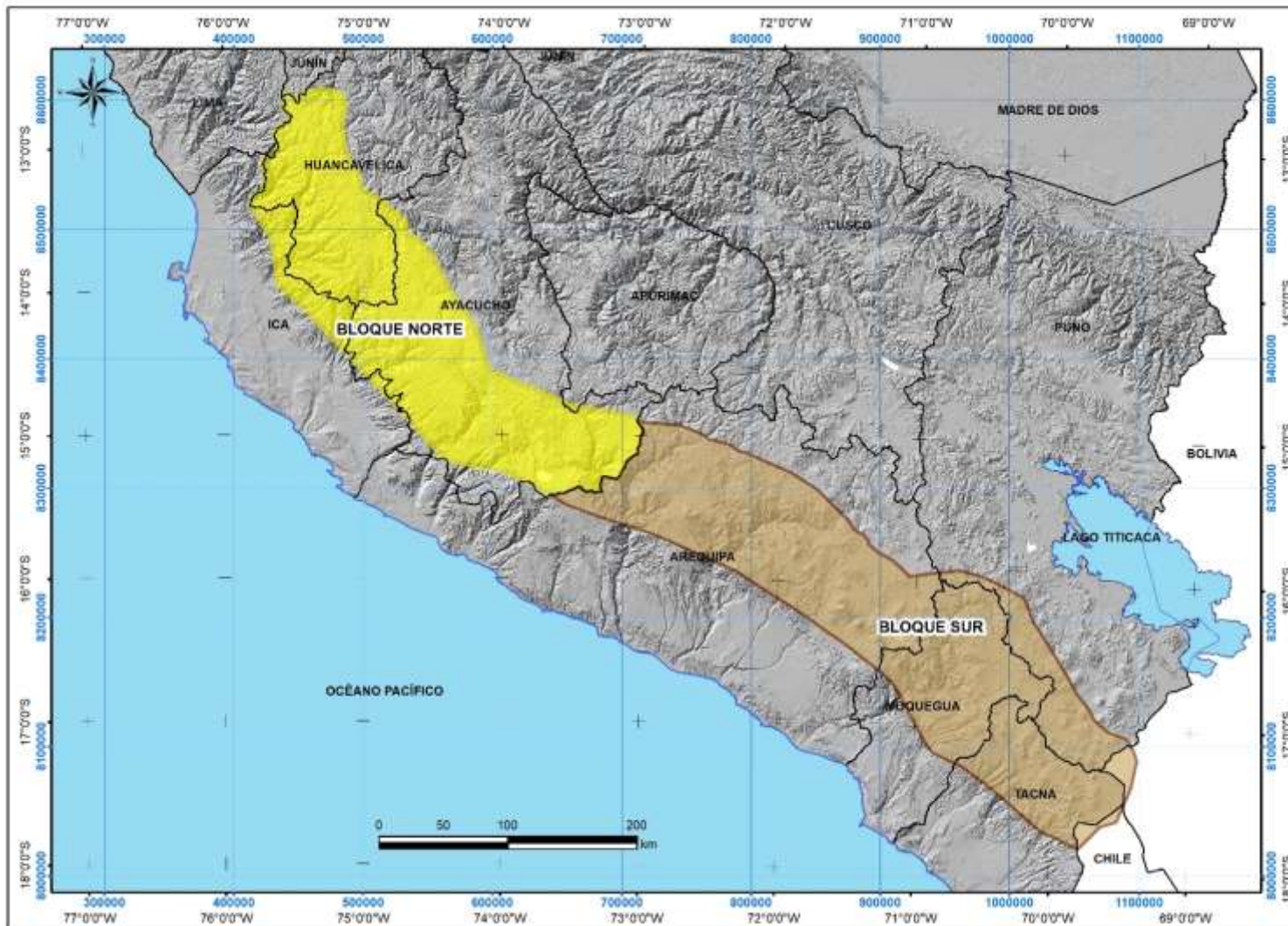


Figura 1.1.- Mapa de ubicación de las zonas de estudio; bloque norte Huancavelica-Ayacucho (Zona I); y bloque sur Arequipa-Moquegua-Tacna (Zona II).

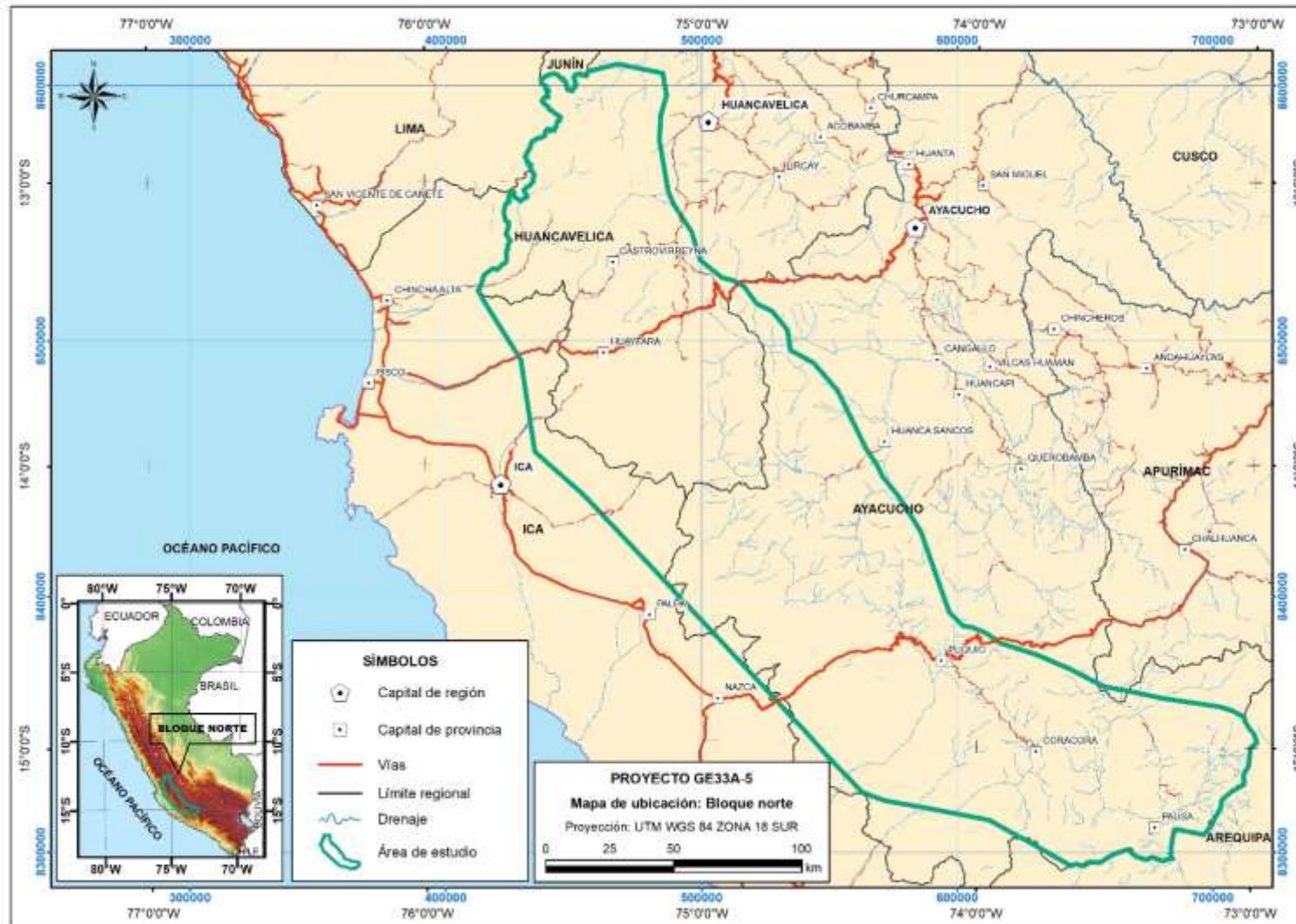


Figura 1.2 Mapa de Ubicación del Bloque Norte

## 1.2. Estudios previos.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico durante los años 1960 y 1999 realizó estudios regionales elaborando la Carta Geológica Nacional, cartografiando a escala 1:100 000 los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantará y Castrovirreyna (Salazar & Landa, 1993); Laramate y Santa Ana (Castillo *et al.*, 1993); Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio (Montoya *et al.*, 1994); Santiago de Chocorvos y Paras (Palacios, 1994); Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña (Lagesa-C.F.G.S., 1996); Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra (Olchanski, 1980); Pausa y Caravelí (Pecho, 1983); Pacapausa (Dávila, 1991).

Pitcher *et al.* (1985) realizaron los primeros estudios y los más completos del Batolito de la Costa, quienes dividieron toda la franja del batolito en cinco segmentos.

Posteriormente, Sandeman *et al.* (1995), proponen un modelo Tecto-magmático de la evolución sur de los Andes Peruanos, a partir del Eoceno.

Una visión general de la tectónica andina y de las posibles fases de deformación se muestra en el análisis tectónico del Perú de Benavides (1999).

A partir del año 2000, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico realizó una revisión y actualización de la Carta Geológica Nacional, cartografiando a escala 1:100 000 los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra (Diaz & Milla, 2003); Pausa (Martinez & Cervantes, 2003); Caravelí, Chuquibamba, Chivay, Cailloma, Vellile, Livitaca y Pacapausa (Quispesivana & Navarro, 2003).

Una investigación sobre la cinemática de la falla Chonta, determinó dos movimientos, el primero inverso y luego una reactivación con movimiento sinistral debido a una fase compresiva E – W registrada 9.5 Ma y 3.9 Ma (Wise *et al.*, 2001).

En base a nuevos descubrimientos de prospectos auríferos de baja sulfuración, Vidal *et al.* (2004) definieron una franja Huaytará-Tantará, que se extiende desde la Mina Antapite en la provincia de Huaytará hasta el prospecto aurífero Pampa Andino en la parte andina de la provincia de Chincha.

Noble *et al.* (2005), quienes determinan la presencia de calderas relacionadas a volcanismo Paleoceno y sugieren una posible fase extensional entre el Cretáceo tardío y Paleoceno, que permitió la generación de las mismas.

Acosta (2006a, 2006b); Acosta y Santisteban (2007); y Acosta *et al.* (2008) realizaron una serie de estudios sobre los yacimientos peruanos del suroeste relacionados a los Arcos Magmáticos del Mesozoicos y Cenozoicos, caracterizando las inicialmente denominadas Provincias Metalogenéticas y posteriormente Franjas Metalogenéticas.

Mamani *et al.* (2010a) realizaron un trabajo sobre la migración de los arcos magmáticos del Meso-Cenozoico del Perú y su relación con las ocurrencias metálicas.

Un estudio sobre rotaciones tectónicas y deformación transcurrente al sur de la Deflexión de Abancay en los Andes del sur del Perú fue desarrollado por Roperch *et al.* (2011), quienes además aportan 55 resultados paleomagnéticos a lo largo del transecto Nazca-Cusco, así como, 09 dataciones por el método Ar-Ar.

Basado en estudios cronoestratigráficos de 74 dataciones mediante los métodos Ar-Ar y U-Pb, Thouret *et al.* (2016) determinan episodios de formación de ignimbritas que abarcan 25 millones de años en los Andes Centrales.

## 1.3 Geomorfología

La zona de estudio corresponde a una cadena montañosa de dirección noroeste-sureste, cuya topografía irregular y relieve abrupto alcanzan alturas que varían desde los 400 hasta los 3800 msnm. Hacia la parte occidental se tienen rocas jurásicas y cretáceas intuidas por segmentos del Batolito de la Costa y hacia la zona oriental se tienen unidades de complejos volcánicos y conos, los cuales dan relieves suaves como lomadas, pampas y colinas. Los principales

rasgos geomorfológicos de la zona de estudio son: Estribaciones de la Cordillera Occidental, Cordillera Occidental, valles, valles cañones y altiplanicies (Figura 1.3).

#### **1.3.1. Estribaciones de la Cordillera Occidental**

Es una cadena montañosa de dirección noroeste-sureste, adyacente a la planicie costanera. Está conformada por rocas volcánicas del Jurásico y Cretáceo, intruidas por el Batolito de la Costa, recubiertas en algunos sectores por flujos piroclásticos cenozoicos. La topografía es muy irregular y su relieve es abrupto con un sistema de drenaje dendrítico disectado por numerosas quebradas.

#### **1.3.2. Cordillera Occidental**

Esta unidad hacia el lado occidental la conforman cadenas de cerros continuos o aislados que incrementando progresivamente en altitud y relieve se suceden a lo largo del frente andino. Está intensamente disectada por los ríos principales que descienden del altiplano a la costa, generalmente de este a oeste y por sus numerosos tributarios, que han labrado valles profundos y encañonados que se hacen más amplios a medida que se aproximan a la faja costanera. Hacia el lado oriental, esta unidad está constituida por materiales producto de la actividad glacial y volcánica que han originado el relieve actual. Su altura promedio es de 3800 msnm, disectada por quebradas con patrones de drenaje subparalelo y de corto recorrido.

#### **1.3.3. Valles**

Los valles se emplazan en la vertiente del Pacífico, los ríos que constituyen los valles drenan en dirección al Océano Pacífico, labran su cauce en las partes altas del flanco andino occidental, continuando por la planicie costanera hasta su desembocadura en el océano.

#### **1.3.4. Valles Cañón**

Estas geoformas son predominantes en las regiones altoandinas y es característica de ríos juveniles, los cuales drenan siguiendo controles estructurales y litológicos, labrando las rocas del flanco andino occidental, originando zonas encajonadas y profundas, en forma de "V", con paredes verticales y laderas abruptas. Los materiales en los causes son de grandes dimensiones tales como bloques de roca provenientes de derrumbes en las paredes, producto de lluvias, erosión en las márgenes, fracturamiento de las rocas y sismos.

Dentro de las principales zonas encañonadas que drenan hacia la costa tenemos: los valles de los ríos Acarí, Huanca, Pisco y Huachos.

#### **1.3.5. Altiplanicies**

Es una superficie de extensión regional, caracterizada por su relieve de topografía moderada, con altitudes entre los 4200 y 4700 m, labrada sobre unidades volcánicas, las cuales constituyen mesetas.

### **1.4. Metodología – Trabajos realizados**

#### **1.4.1 Análisis espectral**

Para el análisis espectral se utilizaron las imágenes ASTER, cuyo procesamiento fue llevado a cabo por el laboratorio de Teledetección del INGEMMET, con el fin de generar una guía de exploración para la ubicación de nuevas ocurrencias asociadas a modelos genéticos tipo pórfidos, epitermales y vetas polimetálicas, que se detallan en el Prefacio.

Para el procesamiento digital de las imágenes TERRA ASTER se utilizó el software ENVI, con el cual se obtuvieron mapas de minerales y asociación de minerales de alteración que permiten identificar alteraciones hidrotermales tipo argílica, filica y propilitica. Adicionalmente se incluye la secuencia para la determinación de zonas de alteración por óxidos. También se usaron las nuevas imágenes satelitales SENTINEL-2 Óptico (infrarrojo visible de 12 bandas) que permiten tener un espectro de colores para hierro ferroso, hierro férrico y arcillas.



## 1.4.2 Topografía

La zona de estudio se encuentra emplazado en la Cordillera Occidental Andina y corresponde a una cadena montañosa de dirección noroeste-sureste, cuya topografía irregular y relieve abrupto alcanzan alturas que varían desde los 400 hasta los 4500 msnm, siendo entre las mayores altitudes el volcán Sara en Ayacucho que alcanza los 5505 msnm

Para la topografía se utilizó la base topográfica digital del Instituto Geográfico Nacional (IGN), la cual se empleó para los estudios regionales, tales como la cartografía a escala 1:100 000 y también 50 000. La toponimia fue empleada, respetando los nombres de las localidades, afloramientos, hidrografía y relieves.

## 1.4.3 Cartografiado Geológico

Para el cartografiado geológico se utilizó como base los mapas geológicos de la Carta Geológica Nacional publicados por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET a escalas 1:100,000. Para la elaboración del mapa geológico regional se utilizó Mapa Geológico del Perú publicado por la Dirección de Geología Regional del INGEMMET a escala 1: 1,000,000. Los mapas se encuentran en proyección UTM, referenciada a la zona 18 del Hemisferio Sur, con Datum WGS84 (World Geodetic System 1984).

Como complemento a este trabajo de investigación se ha realizado estudios petrominerales de muestras tomadas en los diferentes proyectos, minas, ocurrencias visitadas.

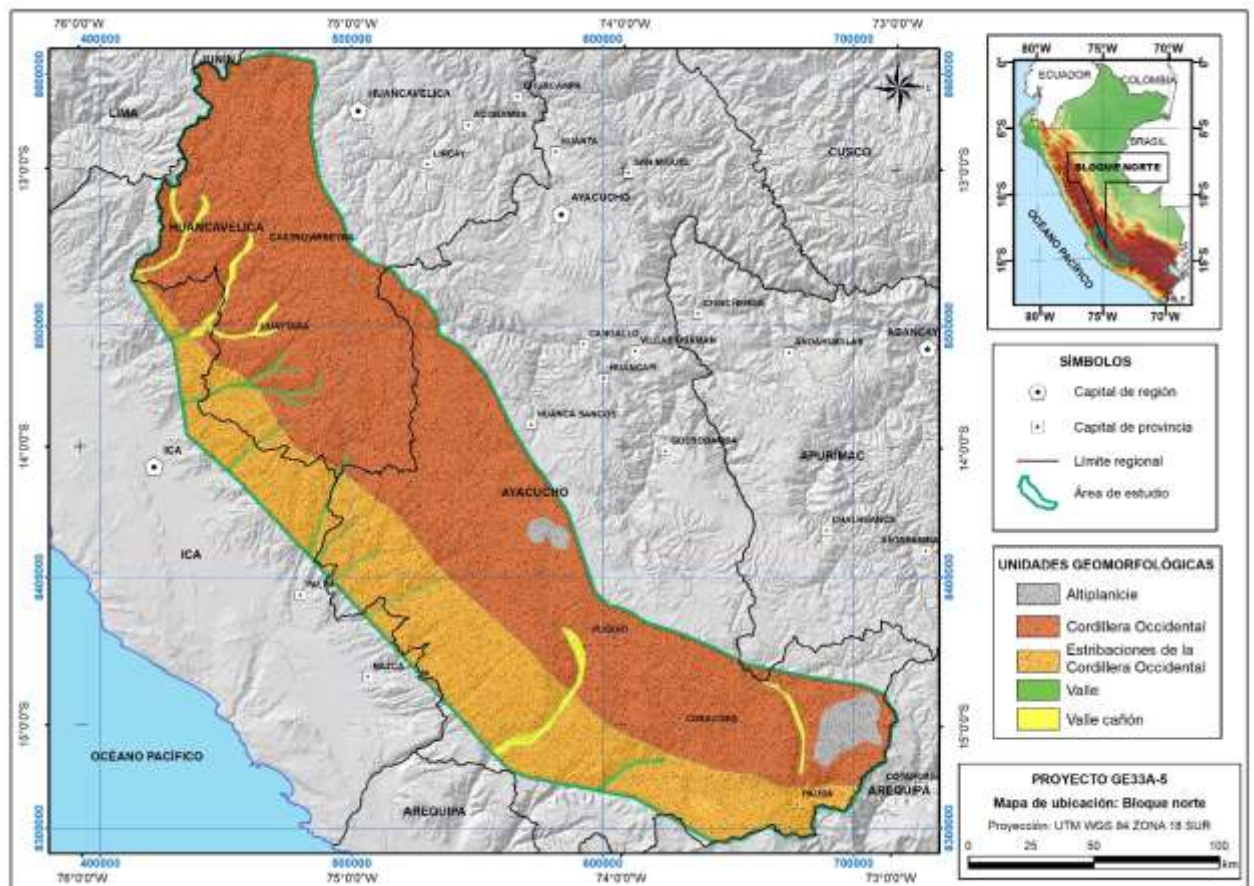


Figura 1.3 Mapa Geomorfológico del Bloque Norte

#### **1.4.4 Geoquímica de Rocas, Yacimientos y Sedimentos**

Para entender mejor la metalogenia del área de estudio, se evaluaron 55 ocurrencias minerales, las cuales fueron seleccionadas previamente en la etapa de gabinete, en base a su ubicación, relaciones espaciales con ocurrencias minerales conocidas y sobre todo por su poca información. En cada ocurrencia evaluada se tomaron muestras de roca y mena que sumaron un total de 159 muestras, 129 de las cuales fueron enviadas al laboratorio ALS, donde se analizaron por ICP-Masa para Análisis Multielemental, con fusión de peróxido de sodio y por Ensayo al Fuego por oro en 50 g, con Absorción Atómica-AAS. Asimismo, nueve de estas muestras fueron analizadas por fluorescencia de rayos X con borato de Litio para estudios geoquímicos y litogeoquímicos.

#### **1.4.5 Geofísica aérea**

Se ha efectuado la interpretación aeromagnética de 63 500 km lineales del levantamiento aeromagnético, efectuado en el año 1975 por Aeroservice, con el apoyo del software Geosoft Oasis Montaj V5. La data cruda fue reprocesada por el equipo de geofísica de INGEMMET. El objetivo principal de este trabajo es proporcionar información a partir de los mapas de reducción al polo, campo total y señal analítica principalmente, estrechamente vinculados con la información geológica-estructural y así brindar algunos lineamientos para identificar *targets* favorables para ubicar posibles depósitos tipos ciegos u ocultos. Como resultado de estos trabajos se identificó 26 áreas potencial como blancos de exploración que se detallan en el capítulo 6: Potencial minero del bloque Norte. Todo esto indicado en el informe y en los mapas temáticos.

#### **1.4.6 Petromineralogía**

Se tomaron muestras para estudios petromineralógicos de la roca caja y de las estructuras mineralizadas de las ocurrencias minerales. De estas muestras 59 contaron con descripciones petrográficas en sección delgada y 25 con descripciones minerográficas en sección pulida, con el objetivo de reconocer minerales, clasificar las ocurrencias y definir su asociación mineralógica y paragenéticas. Se tomaron muestras de las unidades volcánicas del Paleógeno-Neógeno como las formaciones Caudalosa, Tacaza, Sacsaquero y Barroso con el objetivo de diferenciarlas y estar en concordancia con los análisis geoquímicos. Asimismo, se muestrearon Superunidades intrusivas del Batolito de la Costa, como las Superunidades Tiabaya y Pampahuasi, y cuerpos subvolcánicos que estarían relacionados con la fuente de mineralización.

Se hicieron 4 estudios para determinaciones termométricas y de salinidad mediante estudios de inclusiones fluidas

#### **1.4.7 Geoquímica Isotópica**

Se muestrearon las estructuras mineralizadas de los Yacimientos de La Virreyna y Cahuiña y una muestra de sulfuros de Bethania.

Para la determinación de las fuentes de metales como Au, Ag, Cu, Zn, asumimos una proveniencia del mismo fluido hidrotermal, parámetro válido para Pb, Cu y Zn por poseer comportamiento geoquímico similar (Tosdal *et al.*, 1999; Henley *et al.*, 1984). Para el Au pueden asociarse a múltiples fuentes y fluidos de sistemas hidrotermales. Los isotopos de Pb de sulfuros minerales, fueron ampliamente usados para la descripción de las fuentes de Pb (Tosdal *et al.*, 1999; Richards *et al.*, 1991).

Las muestras de galena fueron disueltas en ácido nítrico ultra puro. Las soluciones secadas y las sales purificadas usando un cromatógrafo de intercambio de iones (Thibodeau *et al.*, 2012; Thibodeau *et al.*, 2013). Las sales purificadas fueron medidas en un espectrómetro de masa multicolector en la Universidad de Florida (Kamenov *et al.*, 2004). Los errores reportados para las ratios fueron calculados monitoreando la variación de NIST 981 y son todos menos de 0,003 (2Sigma) para los valores reportados. Se utilizó el estándar NBS que funcionó bien en el control de errores para las ratios reportados:  $206\text{Pb}/204\text{Pb} = \pm 0.003$ ;  $207\text{Pb}/204\text{Pb} = \pm 0.001$ ;  $208\text{Pb}/204\text{Pb} = \pm 0.003$ .

#### **1.4.8 Espectrometría**

Para el estudio de espectrometría se tomaron 7 muestras alteradas de ocurrencias mineras en los volcánicos Sacsaquero, Alpbamba, Caudalosa y Barroso. Las muestras tomadas presentan variados niveles de alteración argílica.

#### **1.5. Participantes**

El presente informe del Bloque Norte, estuvo a cargo de los geólogos Michael Valencia Muñoz y Alexander Santisteban Angeldonis. Los temas de estratigrafía y tectónica regional fueron desarrollados por el geólogo Walter Leon Lecaros, así como la elaboración del mapa geológico a escala 1:500 000 que acompañan a cada informe. Se contó con el apoyo del geólogo Alonso Marchena Campos para los temas inherentes a los controles tectono-magmáticos de todo el proyecto. La información geofísica fue elaborada, procesada e interpretada por equipo de geofísicos liderado por el Ing. Geofísico Gaston Ronald Yura-Paredes. Finalmente, la compilación, interpretación y revisión del informe estuvo a cargo del geólogo Michael Valencia Muñoz.

#### **1.6. Agradecimientos**

Nuestros profundos agradecimientos al Director de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos por el apoyo brindado en la elaboración del presente estudio. A las personas que colaboraron en la realización del presente boletín y a quienes ayudaron en los trabajos, como es el caso de William Martínez y Mónica Vera, respectivamente. Al Laboratorio de Petromineralogía del Ingemmet por los apoyos en los análisis de Espectros de Minerales y de la Inclusiones Fluidas, en especial a Mariela Rondón y Miguel Coa; y al Laboratorio de Teledetección por la preparación de imágenes satelitales, en especial a Juan Casas. A los integrantes del Programa de Geofísica de la DRME, liderados por Ronald Yupa en las interpretaciones de los mapas de anomalías gravimétricas. A César Chávez por su apoyo en la interpretación de la gequímica isotópica de las muestras recolectadas. A los geólogos e ingenieros de minas encargados de las unidades mineras visitadas. Así como, los encargados y mineros artesanales, quienes nos brindaron todas las facilidades para el reconocimiento geológico de sus labores.



## CAPÍTULO II

### MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

El área de estudio comprende principalmente la Cordillera Occidental con sus flancos y mesetas, correspondientes a la región andina entre las ciudades de Castrovirreyna (departamento de Huancavelica) y Pausa (departamento de Ayacucho), recortadas por valles longitudinales, ubicados en las estribaciones de las vertientes del Pacífico y Atlántico.

#### **2.1.- Estratigrafía**

##### **2.1.1 Rocas Mesozoicas**

Las rocas Mesozoicas tienen edades que van del Triásico hasta el Cretáceo Tardío (Figura 2.1 y Mapa 1). La base se inicia con lavas de andesitas y brechas de la Formación Chocolate que representa el intervalo cronoestratigráfico Triásico Inferior - Jurásico Inferior, y que se encuentra cubierta por unidades Cretáceas marinas y continentales (Grupo Yura y Formación Socosani al sur y Grupo Goyllarisquizga al norte), observadas en afloramientos al sur de la zona de estudio, en el sector de Pausa. Al norte de la zona de estudio en Acobambilla, el Grupo Goyllarisquizga sobreyace a las calizas del Grupo Pucará, de la denominada Cuenca Occidental del Centro del Perú.

En las estribaciones de la Cordillera Occidental se documenta la presencia del Arco Insular Jurásico (Formación Guaneros) de rocas volcánicas de lavas y brechas intercaladas con areniscas que se extiende desde la región costera. Para la región andina, se pasa para este periodo a rocas sedimentarias marinas conformadas por areniscas cuarzo feldespáticas, limolitas, lutitas pizarrosas, calizas y areniscas cuarzosas del Grupo Yura, con fósiles del intervalo Jurásico Superior al Cretáceo Inferior. Por encima del Grupo Yura afloran las rocas clásticas rojas de la Formación Murco asignadas al intervalo Neocomiano - Aptiano. Franjas alargadas de rocas calcáreas marinas con restos fósiles de edad Albiana – Cenomaniana se reconocen en las estribaciones de la Cordillera Occidental y son descritas como parte de la Formación Arcurquina, y más a la costa como Formación Pariahuanca. El Cretáceo Terminal y la base del Cenozoico están representados por los conglomerados, brechas sedimentarias y areniscas feldespáticas rojas que en los sectores más centro-occidentales toma el nombre de Formación Casapalca y presentan litofacies continentales productos de la erosión de los terrenos deformados del Mesozoico (Fase Peruana).

Al oeste de la zona de estudio, en Ica en el Arco Insular Jurásico tenemos sobreyaciendo lavas, tobas y areniscas del Cretáceo denominadas como Grupo Casma, que en algunos sectores toma el nombre de Formación Copara. Para la región andina encima de estas unidades, se tiene una gruesa secuencia de rocas volcánicas efusivas que se han producido, después de la tectónica andina de fines del Cretáceo. A diferencia del vulcanismo Mesozoico, que se desarrolló en cuencas marinas epicontinentales (subacuático), el vulcanismo Cenozoico es de ámbito continental, como lo indican las intercalaciones frecuentes de sedimentitas clásticas continentales.

Este conjunto litológico, yace discordante sobre las rocas volcánicas marinas (Grupo Casma) y las sedimentitas continentales mesozoicas (Formación Casapalca), formando extensas coberturas compuestas por lavas, rocas piroclásticas y niveles de rocas sedimentarias de ambiente continental.

En la región andina Central y Sur existen diversos términos de unidad, empleados para describir la columna estratigráfica de las rocas volcánicas cenozoicas, empleando muchas denominaciones locales que dificultan la correlación a escala regional. Sin embargo, en la cartografía geológica regional se emplea en el rango del Eoceno – Mioceno unidades litoestratigráficas descritas como la Formación Tantará, Grupo Sacsahuero, y las formaciones Castrovirreyna y Caudalosa, principalmente (Salazar & Landa, 1993).

## **2.1.2 Rocas volcánicas del Eoceno**

### **Formación Tantar**

Salazar & Landa (1993) describe como Formación Tantar a las rocas volcánicas que cubren en discordancia erosional a los terrenos mesozoicos, conformados por las rocas del arco volcánico y a las capas rojas del Cretáceo Terminal – Eoceno, infrayaciendo en aparente concordancia a las secuencias volcánico sedimentarias del Grupo Sacsaquero. Sus mejores exposiciones se encuentran en las laderas de la cordillera occidental que pertenecen a los cuadrángulos de Tupe, Conayca, Tantar y Castrovirreyna.

La Formación Tantar está compuesto por lavas andesíticas, riocácicos y dacíticos de color gris y pardo violáceo, con textura porfírica y a veces afanítica. En forma subordinada y esporádica presentan intercalaciones de brechas andesíticas a dacíticas, tobas andesíticas a riolíticas, con delgados horizontes de limolitas, areniscas, aglomerados volcánicos.

## **2.1.3 Rocas volcánicas del Eoceno-Oligoceno**

### **Grupo Sacsaquero**

Con este nombre Salazar & Landa (1993) designó una gruesa secuencia volcánica-sedimentaria constituida por coladas de lavas andesíticas intercaladas con tobas soldadas y tobas redepositadas, con intercalaciones de areniscas, limoarcillitas y calizas lagunares con geometrías lenticulares.

En la sección de Tupe, el Grupo Sacsaquero está conformado por un miembro inferior sedimentario con influencia piroclástica y un miembro superior lávico con algunas intercalaciones de rocas piroclásticas. Otras secciones representativas se ubican al norte de Sacsaquero, con amplio desarrollo en el cuadrángulo de Castrovirreyna que se extienden hacia la Altiplanicie Andina.

Las litofacies volcánicas del Grupo Sacsaquero, tienen diversas variables en la proporción de rocas volcánicas masivas con la sedimentarias y piroclásticas, sus geometrías lenticulares hacen que su litología varíe en distancias cortas, en sentido lateral y vertical, aunque en algunos casos existen niveles que se extienden por más de 10 km. Sus mejores exposiciones se encuentran en Sacsaquero (localidad tipo), así como en los cuadrantes de Castrovirreyna y Tupe.

Palacios (1994) divide al Grupo Sacsaquero en tres facies: una facie inferior constituida por coladas de lavas andesíticas y brechas con capas de clásticos finos de ambiente lagunar; una facie intermedia conformada por rocas piroclásticas tobáceas y niveles de lavas; y una facie superior que contiene predominio de tobas, que varían a litofacies de rocas sedimentarias de ambiente lagunar, con presencia de areniscas arcósicas de grano fino, conglomerados con matriz areno tobáceo que se intercalan con areniscas y lavas gris verdosas.

Rocas equivalentes al Grupo Sacsaquero han sido datadas por Noble et al. (1972) al norte del cuadrángulo de Paras, habiendo obtenido por el método K/Ar edades de 41.4 y 31.2 Ma, que corresponde al intervalo cronoestratigráfico Eoceno–Oligoceno.

## **2.1.4 Rocas volcánicas del Mioceno**

### **Formación Castrovirreyna**

Salazar & Landa (1993) describió con este nombre a una secuencia piroclástica sedimentaria de facies lacustres representada por areniscas, calizas, tobas, brechas tobáceas y lavas, que tiene como localidad tipo el área de Castrovirreyna al noreste del cuadrángulo de Tupe.

La Formación Castrovirreyna sobreyace en discordancia erosional al Grupo Sacsaquero e infrayace en ligera discordancia a la Formación Caudalosa. Presenta variaciones litológicas en cortas distancias, sin embargo, en su localidad tipo está compuesto por una secuencia monótona de intercalaciones de areniscas gris rojizas, gris verdosas,

marrones, de grano fino a medio, con limoarcillitas y limolitas gris verdosas, rojizas y violáceas, generalmente en estratos delgados hasta laminares. Subordinadamente, se presentan calizas gris blanquecinas, en estratos lajosos. Hacia el tope hay un predominio de tobas, limos arenosos, y tobas brechoides, resaltando un nivel de calizas gris claras, y tobas dacíticas que infrayacen a la Formación Caudalosa.

Las dataciones geocronométricas publicadas por Noble et al. (1972) corresponden a edades de  $25.8 \pm 0.3$ ,  $27.5 \pm 0.7$  y  $21.9 \pm 0.6$  Ma, obtenidas de tobas silíceas que afloran al norte de la laguna Chochococha (cuadrángulo de Castrovirreyna); que confirman una edad Miocena para la Formación Castrovirreyna.

### **Formación Caudalosa**

Con este nombre Salazar & Landa (1993) describió a un conjunto de rocas volcánicas con algunas intercalaciones lenticulares de piroclásticos y areniscas tobáceas. Sus mejores exposiciones se encuentran en los alrededores de la Mina Caudalosa, ubicada en la parte central del cuadrángulo de Castrovirreyna. Otros afloramientos importantes se encuentran en las áreas de Tupe y Conayca.

La Formación Caudalosa cubre en ligera discordancia a la Formación Castrovirreyna, y su límite superior con las secuencias lacustrinas de la Formación Auquivilca es de similar relación estratigráfica.

En el cuadrángulo de Paras se extiende ampliamente litofacies piroclásticas y lavas constituido por tobas brechoides, brechas volcánicas y lavas, similares a los descritos en el área de Tupe por Salazar & Landa (1993). En el cuadrángulo de Santiago de Chocorvos y Paras, Palacios (1994) describe una unidad inferior compuesta por tobas blancas de composición andesítica y dacítica, areniscas tobácea, tobas de lapilli, brechas y aglomerados con matriz tobácea, que en conjunto presentan estructuras columnares. La unidad superior está compuesta por brechas lavas, verde violáceo; lavas andesíticas de textura porfírica y afanítica, y tobas de lapilli.

Noble et al. (1972) publicó una edad de 13.9 Ma en rocas volcánicas ligeramente plegadas que infrayacen a otros horizontes datados en 10.5 Ma, en las áreas de Julcani, Huachocolpa y laguna Choclococha.

En base a las razones expuestas, se asigna a la Formación Caudalosa como de edad Miocena superior que ha sido afectado por la tectónica Quechua tardía.

## **2.1.5 Secuencias Volcánicas del Sur del Perú**

### **2.1.5.1 Rocas volcánicas del Eoceno-Mioceno**

En el sector de Coracora y Pausa, al Sur de la zona de estudio, se tienen secuencias volcánicas más recientes, que toman nombres más locales, entre ellas las lavas andesíticas y riolíticas del Grupo Tacaza con edades geocronométricas entre 36.5 a 15.8 Ma (Eoceno – Mioceno inferior) que representa un volcanismo de ambiente continental, equivalente al Grupo Sacsacero del centro.

### **2.1.5.2 Rocas volcánicas del Mioceno**

Por encima de una importante discordancia, se encuentran las tobas riolíticas de la Formación Alpbamba con una edad de 13.8 Ma (Mioceno Medio) y en las estribaciones andinas del Pacífico, se reconocen extensas áreas cubiertas por las tobas de cristales de la Formación Huaylillas con una isócrona Rb/Sr de 12.5 Ma (Mioceno Medio), ambas equivalentes a las formaciones Castrovirreyna y Caudalosa del centro del Perú. Por otra parte la Formación Huaylillas toma el nombre de Grupo Nazca en Ica.

### **2.1.5.3 Rocas volcánicas del Mioceno-Cuaternario**

A estas secuencias en el sur le sobreyacen rocas piroclásticas, con areniscas volcánicas y limolitas de ambientes lacustres, que son descritos como parte del Grupo Maure con edades entre 14.2 a 6.5 Ma (Mioceno Medio a Superior); la Formación Sencca que cubre una importante superficie de erosión labrada sobre el Grupo Maure, y está compuesta por tobas dacíticas y riolíticas con edades entre 6.5 a 2.5 Ma (Plioceno). Un episodio en parte coetáneo con el Grupo

Maure y la Formación Sencca, que está representado por una cadena de morfoestructuras volcánicas (estrato volcanes, domo lavas, domos) que forman parte del arco volcánico del Grupo Barroso con edades entre 7.2 a 0.7 Ma (Mioceno Superior – Pleistoceno), que se encuentran afectados por la erosión glacial pleistocena. En esta última unidad se emplazan algunos depósitos epitermales de importancia como Breapampa.

## **2.2.- Magmatismo**

La principal unidad magmática emplazada al oeste de la zona de estudio es el Batolito de la Costa, que al igual que el Grupo Casma, ocupa los dominios paralelos a la línea de costa. En este intervalo geográfico se expone una parte del batolito denominado “Segmento Arequipa” que se extiende en la costa centro sur.

El Batolito de La Costa es una intrusión múltiple y compleja formada predominantemente por tonalitas y granodioritas a lo largo de la Costa y hasta las estribaciones andinas. El concepto de Superunidad fue creado para agrupar los plutones del Batolito de la Costa de Perú (Pitcher et al., 1985), con el concepto de consanguineidad, y que está relacionada a una evolución magmática común, con una cierta coherencia química, que puede estar constituida por unidades, cada una de ellas representando un pulso magmático. En cada Superunidad hay una variación progresiva en la composición de los pulsos magmáticos pasando de composiciones intermedias a ácidas. La Superunidad que le sucede en el tiempo repite en forma similar este ciclo. Para la clasificación se tuvo en cuenta consideraciones petrológicas, geoquímicas y parámetros texturales como tamaño, forma y relación de granos, asimismo el contenido de xenólitos y la relación de diques.

La parte del batolito identificada como “Segmento Arequipa” se extiende desde Lima hasta Arequipa a lo largo de 800 km (Cobbing, 1978).

El Segmento de Arequipa tiene características particulares en sus procesos de generación magmática, intrusión controlada por la deformación frágil, tectónico vertical episódica y emplazamiento de alto nivel (Moore & Agar, 1985) y está compuesto por 7 superunidades. En cuanto al emplazamiento, el Segmento Arequipa tiene dos episodios distintos ocurridos entre los 107-80 Ma (Moore & Agar, 1985; Pitcher et al.; Beckinsale et al., 1985; Agar & Bel, 1985). De acuerdo a su composición el Segmento Arequipa en conjunto siempre es rico en potasio, pero con menos sílice con las proporciones Sr86/Sr87 que alcanzan un valor más alto de 0.7053, indicando una fuerte contaminación. La mineralización metálica está más asociada al Segmento Arequipa.

De acuerdo con Moore & Agar (1985), el Segmento Arequipa contiene superunidades que se han emplazado en el siguiente orden: 1) Superunidad Patap, 2) Superunidad Pampahuasi, 3) Superunidad Linga, 4) Superunidad Incahuasi, 5) Superunidad Tiabaya y otras unidades que no pueden asignarse a superunidades específicas.

En la zona de estudio se han identificado afloramientos de cinco de las superunidades (Figura 2.2 y Mapa 01):

### **2.2.1 Superunidad Patap**

En afloramientos al oeste de Santiago de Chocorvos se observan unos cuerpos de mediana extensión de gabro de grano medio a grueso y macizo. Mineralógicamente los gabros están compuestos de olivino y dos piroxenos: hornablenda y plagioclasa An 72-40, lo que permite agruparlo como gabros de olivino y piroxeno, gabro de dos piroxenos, gabro de augita y hornablenda, gabro de hornablenda y diorita de hornablenda, siendo las más comunes las dos primeras. Los gabros de la Superunidad Patap son las rocas más antiguas del Batolito de la Costa y por estar cortando a las rocas del Albiano son más jóvenes de 107 Ma.

### **2.2.2 Superunidad Linga**

En afloramientos al este de Ica y San José de Los Molinos, al sureste de la zona de estudio, ocurren como una diorita de grano grueso a medio, monzodioritas, monzogranitos y monzonitas. La mineralogía de esta superunidad consiste en hornablenda con núcleos de piroxenos, hornablenda euhedral sin núcleos y biotita poikilitica a subhedral (la



hornablenda domina la biotita), placas grandes de feldespatos potásico y la plagioclasa en An 55-25. Esta superunidad es muy importante, pues su emplazamiento está asociado genéticamente con la mineralización de Cu, Fe y Mo en el río Pisco y con las inclusiones fluidas en el cuarzo magmático de las unidades Linga. La forma de emplazamiento de la Superunidad Linga ha sido pasiva con procesos de hundimiento de calderas y *stopping*. Los contactos con la roca caja son nítidos y rectilíneos y su dirección está controlada por el patrón regional de fallamiento y, por los fracturamientos de pequeña escala. En las rocas de la Superunidad Linga se efectuaron dataciones radiométricas por el método K-Ar, obteniéndose una edad de  $97 \pm 3$  Ma (Cobbing *et al.* 1977).

### **2.2.3 Superunidad Pampahuasi**

Más al Sur de la Superunidad Linga, aparecen numerosas intrusiones de dioritas y tonalitas en grandes cuerpos irregulares, relacionados geográficamente con esa unidad y que reciben el nombre de Superunidad Pampahuasi. Su mineralogía está constituida por agregados de hornablenda sin núcleos de piroxenos, poca hornablenda acicular y euhedral y, biotita en placas poikiliticas. La hornablenda y biotita están en igual proporción y la plagioclasa es An 56-50. El contacto exterior del plutón es con los gabros, en los cuales al igual que en las dioritas se observa deformación. Además, la superunidad está cortada por una tonalita más joven de la Superunidad Tiabaya. En rocas de la Superunidad Pampahuasi se efectuaron dataciones radiométricas por los métodos K-Ar y U-Pb, obteniéndose una edad de emplazamientos de 94 Ma (Cobbing *et al.* 1978).

### **2.2.4 Superunidad Incahuasi**

Se tienen dos importantes zonas de afloramientos: al norte de Ayavi de granodioritas y tonalitas y un segundo gran afloramiento al Sur de Saisa de dioritas y granodioritas, que forma un gran cuerpo intruido por la Superunidad Tiabaya. Su mineralogía está compuesta por agregados de hornablenda con núcleos, hornablenda euhedral sin núcleos y biotita poikilitica a subhedral. Los xenolitos cerca de los contactos, constituyen una característica común en el proceso de *stopping* durante el emplazamiento, que fue de un modo pasivo y relacionado con movimientos verticales de las envolturas. Las dataciones por el método K-Ar efectuadas en el río Pisco dieron una edad de 82.5 Ma (Moore & Agar, 1985).

### **2.2.5 Superunidad Tiabaya**

Es la unidad magmática de mayor distribución del Batolito de la Costa en la zona de estudio y ocupa una posición central en el Segmento Arequipa y es identificable por sus feldespatos potásicos rosados. Los plutones Tiabaya se caracterizan por su naturaleza leucocrática y el hábitat de los minerales máficos. Comprende principalmente granodioritas que varían a monzogranitos, de textura equigranular, de grano medio a grueso, en general inalterado, mesócrata y holocristalina. La mineralogía de superunidad consiste de hornablenda euhedral, biotita apilada en forma de "libros" de hasta 6 mm y, la plagioclasa es de An 42-24. El feldespato potásico es ortosa micropertítica y a veces existe un pequeño desarrollo de textura de mirmekita en los bordes de los granos de plagioclasa. El contenido de hornablenda, cuarzo y biotita varía poco entre las unidades, siendo los cambios en la plagioclasa y el feldespático potásico; el feldespato potásico aumenta del 5% en la tonalita al 20% en la adamelita, mientras el contenido de la plagioclasa decrece del 52% al 42%, sugiriendo que el fraccionamiento de la plagioclasa fue el mayor control en la diferenciación en esta superunidad. Se relaciona con todos los depósitos de las estribaciones occidentales, en especial los IOCGs y Au relacionados con intrusivos como Chicullay, Dame la Mano, Kjara entre otros. La Superunidad Tiabaya está compuesta por plutones jóvenes del segmento Arequipa y las dataciones por el método K-Ar dan una edad de 80.5 Ma (Moore & Agar, 1985).

### 2.3.- Evolución Tectónica

La Cordillera de los Andes es el resultado de tres ciclos geodinámicos mayores: Proterozoico, Paleozoico a Triásico inferior, y Triásico superior al presente. El último ciclo comenzó con la apertura del atlántico sur en el Triásico e incluye una primera fase de subducción tipo “mariana” desde el Triásico superior al Senoniano inferior, la cual fue básicamente extensional y de adelgazamiento cortical. Durante esta fase, la faja cordillerana fue el lugar de gran sedimentación de plataforma, bordeada hacia el oeste por volcanismo de arco de islas o de un volcanismo de *rift* marginal (Benavides, 1999).

En el Senoniano inferior, un profundo cambio geodinámico llevó hacia la subducción tipo “andina”, retiro del mar, y a la emersión de la cordillera. Esta fase fue caracterizada por la recurrencia de pulsos compresivos y la presencia a lo largo del margen continental de un arco magmático con intensa actividad plutónica y volcánica. Durante esta fase, una secuencia de episodios compresivos: Peruano (84-79 Ma), Inca I (59-55 Ma), Inca II (43-42 Ma), Inca III (30-27 Ma), Inca IV (22 Ma), Quechua I (17 Ma), Quechua II (8-7 Ma), Quechua III (5-4 Ma), Quechua IV (Pleistoceno inferior) formaron tres cinturones de sobreescurrecimientos regionales, sucesivos y vergentes hacia el este peruano (Campaniano), Incaico (Paleoceno-Eoceno) y Subandino (Neógeno). En general, los pulsos compresivos afectaron a todo el cinturón móvil, pero están particularmente enfocados en las fajas de sobreescurrecimientos. Estos resultaron en engrosamiento cortical y levantamiento, los cuales fueron seguidos de periodos de relativa quietud, donde superficies de erosión bien desarrolladas, de las cuales la más distintiva es la superficie Puna, generada hace alrededor de 17 Ma. Los pulsos compresivos interrumpieron periodos largos de extensión, durante los cuales el arco magmático estuvo particularmente activo, y el cual fue también caracterizado por el desarrollo de cuencas de antearco, grábenos intermontana y la gran cuenca de antepaís al este. Durante todo este proceso, sin embargo, hubo algunos rasgos persistentes, tales como la continuada presencia del arco magmático, el arco del Marañón, con su cuenca de antepaís al este. Los márgenes occidentales de las fajas de sobreescurrecimientos Incaico y Subandino son considerados como la representación de megafallas profundamente enraizadas en la región dúctil, y a lo largo de las cuales el acortamiento experimentado por la compresión fue absorbido (Benavides, 1999).

Principales ciclos geodinámicos en los Andes Peruanos:

- Orogenia Quechua Neogénica (15 – 11 Ma)
- Orogenia Incaica: Paleoceno–Eoceno
- Orogenia Peruana del Cretácico Tardío (deformación pre Cenozoica)
- 200 Ma – En adelante: Levantamiento y exhumación

#### 2.3.1 Deformación Pre Cenozoica

El marco estructural está definido por un substrato pre-Cenozoico conformado por rocas mesozoicas plegadas y falladas, producto de una tectónica de cobertura en general, con presencia de fallas de rumbo con orientación NO-SE. El emplazamiento del Batolito de la Costa estuvo controlado por la generación del espacio para su emplazamiento mediante importantes fallas de rumbo con movimientos subverticales. Por encima de las rocas plegadas mesozoicas se encuentra las rocas poco deformadas que pertenecen al arco volcánico Cenozoico, que son productos de los intensos eventos efusivos, acompañados por flujos de lavas y cuerpos subvolcánicos asociados a soluciones mineralizantes.

Entre las principales fallas de la zona de estudio destacan la falla Dorita, Murcuto, Matará, San Juan de Lucanas y Breapampa, de rumbo NO-SE controladas por fallamientos NE-SO, relacionados a los principales eventos tectónico-estructurales, manifestados en las tres deformaciones principalmente sobre las rocas volcánicas cenozoicas y que se relacionan con los principales depósitos del área de estudio, en especial los epitermales.

## **2.3.2 Deformación Cenozoica**

### **2.3.2.1 Deformación del Eoceno**

Deformación presente en la región andina y que afecta a las rocas pre cenozoicas, habiendo dado lugar a un evento tectónico de compresión, con la formación de pliegues con ejes paralelos al rumbo andino, que afectan a las capas rojas del Cretáceo Terminal (Formación Huanca en el Sur).

En la región andina central, se observa a las rocas sedimentaria mesozoicas afectadas por plegamiento intenso y afectada por numerosas fallas inversas. Estos terrenos deformados están cubiertos por rocas volcánicas datada en 41 Ma, es decir del Eoceno Medio a Superior, por lo que se interpreta que esta fase tectónica no es más joven que el Eoceno Medio. La principal deformación conocida como la Fase Incaica por Steinman (1929) fue la más importante en el Ciclo Andino.

### **2.3.2.2 Deformación del Oligo-mioceno**

Esta fase afecta a las rocas volcánica sedimentaria del Eoceno, descritas como del Grupo Sacsaquero, la misma que se asentó después de la tectónica del Eoceno y por consiguiente a todos los terrenos pre-cenozoicos. Esta fase ha deformado al Grupo Sacsaquero, y ha ocasionado la rotura de los pliegues originados en la Fase Incaica (Palacios, 1994). Ligado a este fallamiento se produce una intensa actividad volcánica efusiva de naturaleza lávica-piroclástica con algunas intercalaciones de rocas sedimentarias continentales que cubren la región andina (Formación Castrovirreyna).

### **2.3.2.3 Deformación Intramiocénica**

Constituye un evento importante que levanta y deforma las rocas volcano-sedimentarias de la Formación Castrovirreyna. Noble et al. (1972) datan la deformación post Castrovirreyna, algo más antigua a los 20 Ma obtenidas en tobas que descansan directamente debajo de un conglomerado al sur de Huancavelica y que alcanzan los  $19.6 \pm 0.8$  Ma sugiriendo que el tectonismo comenzó antes de este tiempo (Palacios, 1994). Salazar & Landa (1993) han reconocido en el cuadrángulo de Tupe, Castrovirreyna y al sur de Conayca la existencia de dos fases de plegamiento Quechua, la primera en el Mioceno medio (Fase Castrovirreyna), y la segunda fase tardía ocurrida en el Mioceno superior-Plioceno inferior que afecta las unidades descritas como las formaciones Caudalosa, Auquivilca y Huichinga.

| ERATEMA         | SISTEMA   | SERIE                          | UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA  | GROSOR ( m )                         | LITOLOGIA   | DESCRIPCION   |   |
|-----------------|---|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|---|---|
| CENOZOICO       | NEOGENO   | PLEISTOCENO                    | Grupo Barroso              | ±2000                                |   | Derrames andesíticos y piroclásticos  |   |
|                 |   |                                |                            |                                      |   | Tobas intercaladas con lavas andesíticas y brechas  |   |
|                 |   | PLIOCENO                       | Formación Sencca           | 150                                  |   | Lavas andesíticas con intercalaciones de Tobas y brechas  |   |
|                 |   |                                |                            |                                      |   | Disc. eros.   |   |
|                 |   | MIOCENO                        | Grupo Maure                | ±100                                 |   | Tobas de composición dacítica y riolítica   |   |
|                 | Disc. eros.                                     |                                |                            |                                      |   |   |   |
|                 | Tobas de lapilli, areniscas tobáceas, limolitas |                                |                            |                                      |   |   |   |
|                 | PALEOGENO                                       | OLIGOCENO                      | Grupo Sacsaquero           | ±2500                                |   | Disc. ang.  |   |
|                 |   |                                |                            |                                      |   | EOCENO  | Formación Tantarà                           |
|                 | PALEOCENO SUPERIOR                              | Capas rojas Cretáceo/Paleógena | Disc. ang.                 |                                      |   |   |   |
| MESOZOICO       | CRETACEO  | INFERIOR                       | Grupo Casma                | Formación Arcauquina                 | ±680  | Calizas gris claras con lentes y concreciones de chert. Margas y fangolitas   |   |
|                 |   |                                | Grupo Murco                | ±500                                 | Lutitas púrpuras y niveles de areniscas cuarzosas                       |   |   |
|                 |   | JURASICO                       | SUPERIOR                   | Grupo Yura                           | Formación Guaneros  | ±2650   | Areniscas pardo amarillentas de grano medio |
|                 |   |                                |                            |                                      |   |   | Lutitas y areniscas abigarradas             |
|                 | Areniscas cuarcíticas blancas de grano fino     |                                |                            |                                      |   |   |   |
|                 | MEDIO   | Formación Socosani             | 270                        |                                      | Calizas marrón claras a gris oscuras                                    |   |   |
|                 |   |                                |                            |                                      | Areniscas, cuarzosas gris claras lutitas y limolitas verde amarillentas |   |   |
| INFERIOR        | Formación Chocolate                             | ±1000                          |                            | Lutitas gris oscuras o negruzcas     |   |   |   |
|                 |   |                                |                            | Areniscas cuarcíticas gris parduscas |   |   |   |
| Paleozoico      | Devoniano                                       | Grupo Cabanillas               |                            |                                      | Calizas grises con niveles de arcillitas                                |   |   |
| NEOPROTEROZOICO |   |                                | Complejo Basal de la Costa | ?                                    |   | Baballo de la Costa: superciocles Palap, Lingo, Pampahuasi, Incahuasi, Tabaya.<br>Derrames andesíticos y brechas volcánicas rojizas con intercalaciones sedimentarias |   |
|                 |   |                                |                            |                                      |   | Disc. ang.<br>Limoarcillas plombeas gris oscuras, areniscas limosas<br>Disc. ang.   |   |

Figura 2.1.- Unidades estratigráficas de la zona de estudio (Mapa 01)

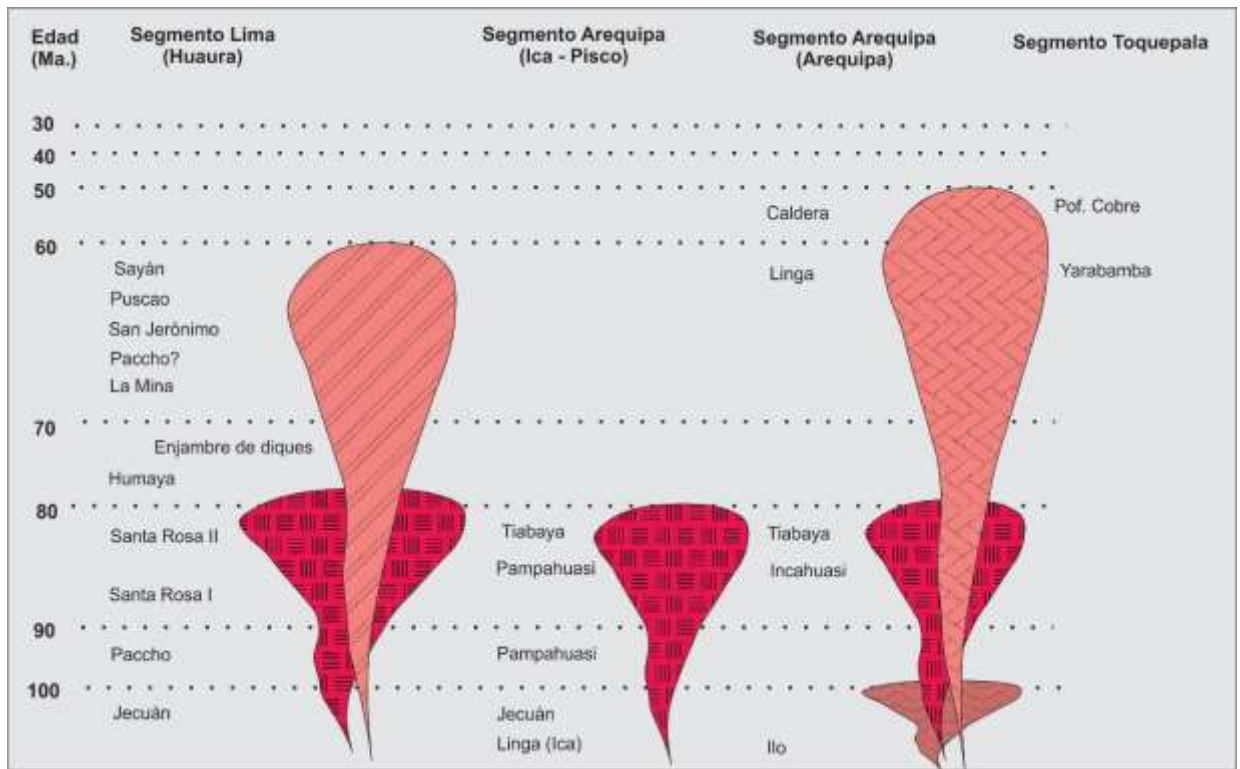


Figura 2.2.- Superunidades Intruivas de la zona de estudio (Mapa 01)



### CAPITULO III

#### ASPECTOS METALOGENÉTICOS REGIONALES

Estudios realizados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET) identifican a escala regional 23 franjas metalogenéticas; las cuales el mayor porcentaje se han formado durante el "Ciclo Andino". El desarrollo de las investigaciones metalogenéticas en nuestro territorio, contribuyen al conocimiento y origen de los metales, su distribución espacial y temporal ayudada de las herramientas como son la estratigrafía, tectónica y la geoquímica de magmas, con ello se desarrollan conceptos para la predicción de yacimientos de clase mundial, especialmente en aquellos terrenos sin evidencias superficiales. En la zona de trabajo se han identificado cinco franjas metalogenéticas (IX, X, XVIII, XXI y XXIII) las cuales se las relacionan a importantes metalotectos litoestratigráficos-litodémicos y estructurales (Mapa 03).

#### **3.1. Metalotectos Litoestratigráficos y Litodémicos**

En la zona de estudio, las rocas albergan a los depósitos minerales que están conformadas por rocas ígneas intrusivas y volcánicas, las cuales, dada su relación espacial y temporal, están potencialmente relacionadas a la generación de estos depósitos. Entre estas unidades destacan:

- 1) Las Superunidad Linga, están espacialmente relacionadas intrusiones mesócretas de dioritas y gabros que se asocian a los depósitos IOCGs más el sur se pasa transicionalmente a rocas más tonalíticas de la denominada Superunidad Pampahuasi.
- 2) Las Superunidad Tiabaya de rocas granudas granodioritas están espacialmente relacionadas a los depósitos IOCGs.
- 3) Los volcánicos de las formaciones Tacaza y Barroso se encuentran relacionados espacialmente a los depósitos epitermales de alta sulfuración, baja sulfuración debido a su naturaleza volcánica.

De los yacimientos y ocurrencias que se caracterizarán litogeoquímicamente podemos señalar que: El prospecto Chekcha se encuentra relacionada con los volcánicos de la Fm. Sacsaquero, por mineralización en vetas de cuarzo con Au y Ag lo mismo que La Merced, hospedado en tobas de cristales de composición dacítica.

El prospecto Chicullay presenta su mineralización de magnetita diseminada, emplazada en las dioritas de la Superunidad Pampahuasi, cerca al contacto con la granodiorita de la Superunidad Tiabaya.

El prospecto Nina Caca se encuentra emplazado en la Superunidad Incahuasi, conformado por vetas de cuarzo, magnetita, pirita y óxidos de hierro.

En la Superunidad Tiabaya se encuentran depósitos como San Cristóbal, Sitiopata, Incasol Capillas y San Fernando. San Cristóbal se encuentra relacionado espacialmente a la Superunidad y presenta alteraciones interesantes con potásica con magnetita y biotita, además de propilitización cortados por venillas de cuarzo, magnetita y biotita. Mientras Sitiopata tiene mineralización de Cu y Fe alojada en granodioritas-tonalitas. Incasol Capillas donde se han encontrado venillas de óxido de Fe con cuarzo cerca de una estructura brechada; mientras San Fernando se tienen venillas de óxido de Fe, cuarzo y clorita, ambos depósitos relacionados a cuerpos porfíricos asociados a la Superunidad Tiabaya

Finalmente, Coquimbana se encuentra relacionado a cuerpos pórfido andesíticos de edad Neógena.

#### **3.2. Metalotectos Estructurales**

Las principales estructuras de la zona de estudio (Mapa 2) comprende de norte a sur a La Falla Dorita relacionada con epitermales, y en menor media a la Falla Murcuto ambas de dirección ONO. Al sur de la zona y relacionada a epitermales están la Falla San Juan de Lucanas y la Falla Breapampa ambas de dirección NO-SE, y cerca a

Breapampa está el importante metalotecto de la Caldera Breapampa. Mientras en la zona central tenemos a la Falla Matara relacionada a los depósitos IOCG. Debido a la gran cobertura volcánica no se han delineado grandes fallamientos regionales pero si lineamientos los que se detallan en el acápite 6.1.2.

### **3.3. Franjas Metalogenéticas**

Este proyecto plantea el estudio de la faja magmática Cretáceo-Paleógeno asociado a los depósitos minerales tipo pórfido y epitermales entre los departamentos de Huancavelica y Ayacucho; que comprenden cinco **franjas IX, X, XVIII, XXI** (con las subfranjas **XXI-A y XXI-C**), y **XXIII** del mapa Metalogenético del Perú (Acosta *et al.*, 2009).

#### **3.3.1. Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos de Cretácico superior**

Sus estructuras mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros están controladas por fallas con orientaciones NO-SE, N-S y E-O, hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa, y comprenden al área de Saramarca-Nazca-Ocoña y Huancavelica-Ayacucho, conocido como corredor "Nazca-Ocoña". Entre los principales depósitos se puede mencionar a Saramarca y Fortuna 85. En Huancavelica-Ayacucho, las vetas auríferas se encuentran controladas por fallas NO-SE de las prolongaciones de los sistemas Cincha-Lluta, encontrándose el depósito de Otoa. La edad de la mineralización ha sido asumida como la edad de los granitoides que conforman la roca hospedante, la cual se encuentra entre 97 y 78 Ma. (Acosta, 2006a, b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta *et al.*, 2008).

En general la producción de oro en Nazca-Ocoña trae como subproductos cobre y plata, teniendo como antecedente 1903 y 1955 una producción de 22.6 t de oro, 9.4 t de plata y 2 000 t de cobre (Injoque *et al.*, 2002).

Esta franja ha producido 241 t de oro, 16 t de plata y 2300 t cobre.

#### **3.3.2. Franja X de Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior**

Se extiende discontinuamente desde el norte hasta el sur del Perú. En el sur del Perú, la mineralización está relacionada con intrusivos graníticos del Cretácico superior del Batolito de la Costa y controladas también por fallas NO-SE de sistemas como Conchao-Cocachacra, Cincha-Lluta e Incapuquio, así como, por fallas menores con orientación N-S. Los principales depósitos que constituyen esta franja son Lara, Puquio, Cahuiña y Dame la Mano, entre otros y asociados principalmente al metalotecto Superunidad Tiabaya. La Superunidad Tiabaya proviene de magmas félsicos adakíticos (Pitcher *et al.*, 1985). Más al norte, hacia Ica y Ayacucho existen otros pórfidos de Cu alineados con dirección NO-SE como Cuco, Lara, Soccus y Tibillos. Los pórfidos se encuentran generalmente asociados a unidades menores de estos plutones y son descritas como unidades granulares intermedias félsicas (granodioritas, monzodioritas, etc.), pero en general tienen gradaciones a pórfidos de pasta granular.

Las alteraciones son típicas de los pórfidos de Cu, como la potásica, fílica y propilítica donde existen algunas asociadas con aureolas de skarn. No obstante, estas alteraciones no siempre se desarrollan de la manera más clásica y muchas veces forman parches irregulares indicando un débil desarrollo del sistema. En todos estos casos la presencia de calcopirita es escasa o nula y las zonas de oxidación ricas en Cu y de enriquecimiento secundario de Cu son escasas y pequeñas. De igual forma, en todos los casos la mineralización parece producto de un solo evento o pulso (Injoque, & Aranda, 2005). Sus edades de mineralización se registran entre 80 y 68 Ma (Acosta, J., 2006a, b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta *et al.*, 2008).

Sus reservas y recursos de cobre llegan a 110 000 t de cobre principalmente de Lara y Marcahui.

#### **3.3.3. Franja XVIII de epitermales de Au-Ag del Oligoceno**

Se ubica en el dominio volcánico Cenozoico del flanco Oeste de la Cordillera Occidental. Esta franja se encuentra por el sur del Perú en corredor Huaytará-Tantaré-Tupe (12°30'14"30'). Los controles de mineralización son fallas con orientaciones preferenciales NO-SE y E-O. Destacan los depósitos Antapite, Chauja y Ticrapo. Las estructuras



mineralizadas presentan geometrías de vetas con contenido de Au-Ag tipo epitermal de baja sulfuración (Acosta & Santisteban 2007; Acosta *et al.*, 2008). Las edades de mineralización se estiman entre 31 y 25 Ma.

Su dominio geológico está constituido por rocas sedimentarias del Grupo Yura del Cretácico inferior que están infrayaciendo a las lavas y tobas del Eoceno de las formaciones Tantará y Sacsaquero (Salazar & Landa, 1993). En el tope se encuentra sobreyaciendo localmente en discordancia la Formación Castrovirreyna del Oligoceno-Mioceno temprano, la cual está intruída por diques y stocks de composiciones dacíticas o andesíticas. Las estructuras mineralizadas tienen direcciones NO y N-S (Vidal *et al.*, 2004). El análisis estructural de fallas y fracturas de la franja Huaytará – Tantará, registra al menos seis fases de deformación, definidas como: fase extensional (Cenomaniano – Paleoceno); fase compresional (30 Ma – 27 Ma), fase extensional (27 Ma – 26 Ma), fase transcurrente (26 Ma – 19 Ma), fase transcurrente (19 Ma – 11 Ma) y finalmente la fase compresional entre 9.5 Ma – 3.9 Ma (Quispe, 2006). Las vetas de este sistema han sido rellenadas por varios eventos de cuarzo con adularia, sericita y pirita. El oro ocurre en estado nativo o como electrum, en etapas posteriores de sílice gris, y está asociada a galena, calcopirita, esfalerita, platas rojas y cobres grises. Las texturas comunes son bandeadas, crustiformes, coloforme y brechada (Vidal *et al.*, 2004). Los estudios de isótopos de plomo en Antapite definen que la mineralización de oro ha procedido de una zona orogénica, con predominio de la corteza superior como de la inferior y se estima un magmatismo más profundo donde los fluidos tuvieron mayores posibilidades de lixiviar metales (Quispe, 2006), relacionadas con el último evento del magmatismo del Batolito de la Costa.

#### **3.3.4. Franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno**

Esta franja se distribuye ampliamente a lo largo de la Cordillera Occidental y se divide en dos subfranjas según el tipo de roca hospedante y los eventos de mineralización superpuestos.

##### **Subfranja XXIA de Depósitos epitermales de Au y Ag hospedados en rocas volcánicas**

Se extiende en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental y se caracteriza por ser la más importante, ya que hospeda los depósitos epitermales de oro y plata de clase mundial.

El volcanismo del Mioceno está formado por lavas andesíticas, dacíticas a traquiandesíticas, tobas, riolitas, brechas volcánicas y sedimentos que corresponden a los grupos Tacaza (30-17 Ma) y Maure entre 21 y 7 Ma (Klinck *et al.* 1986; Wasteneys *et al.*, 1986, 1990; Tosdal *et al.*, 1981; Carlotto, Quispe, 2004). Estas rocas hospedan depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) de alta, baja e intermedia sulfuración, los cuales están controlados principalmente por fallas NO-SE.

Se distinguen dos épocas metalogénicas, la más antigua entre 18-13 Ma y otra de 12-8 Ma. Destacan los depósitos epitermales de Au-Ag (Pb-Zn) de baja sulfuración como Jatun Orco y las estructuras vetiformes de Murcuto.

##### **Subfranja XXIC de Depósitos polimetálicos Pb-Ag-Cu con superposición epitermal Au-Ag**

Las rocas hospedantes están formadas por el Grupo Tacaza de edad miocénica y la mineralización corresponde a vetas de Pb-Ag-Cu, Pb-Cu-Ag y Cu-Pb-Ag. Las principales ocurrencias son Pepita, Carmencito, Cerro Huarajuy y Don Felipe. Más al Sur, (16° y 17°S) la mineralización está controlada regionalmente por los sistemas de fallas como Incapuquio. Las rocas hospedantes pertenecen al Grupo Tacaza, Grupo Maure y calizas de la Formación Ayavacas. La mineralización es de tipo Cu-Pb-Zn y se tienen las ocurrencias de Rubí, Machocruz. La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta *et al.*, 2008).

#### **3.3.5. XXIII. Franja de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno**

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental del centro-sur del Perú. La mineralización de Au-Ag, está relacionada con actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE, así como, fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 7 y 1 Ma, constituida principalmente por

epitermales de Au-Ag de alta sulfuración y de intermedia sulfuración (6.4 Ma, Noble & McKee, 1999). Destacan los depósitos de Pico Machay, Huancarpusca, Dorita, Candelaria, Astohuaraca, La Virreyna, Dólar, Astohuaraca, Minasnioc, Titiminas, Tipicancha y otros (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

### **3.4. Isotopos de Pb en los Depósitos de la Franja de Epitermales en Huancavelica**

Se muestrearon las estructuras mineralizadas de los depósitos de epitermales al oeste de Huancavelica en La Virreyna y Cahuiña y una muestra de sulfuros de Bethania (Figura 3.1). En donde consideramos que un sistemas pórfido–epitermales, el incremento de composición de Pb, se extiende desde el núcleo del pórfido hacia la parte externa, llegando hasta los sistemas epitermales que muestran altos valores de isótopos de Pb respecto a los valores de los pórfidos (Bouse *et al.*,1999; Richards *et al.*,1991, Tosdal *et al.*,1999), existiendo también sistemas muy complejos de fuente variable por interacciones de fluidos (Tosdal *et al.*,1993).

En Bethania (26I-RMT-002, Tabla 3.1 ), hay una fuerte interacción con substrato de rocas Juro-Cretáceas por su valor de  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , y una segunda fuente, de rocas sedimentarias paleozoicas. Esto indica potencial de precipitación de sulfuros en los niveles silicoclásticos y calcáreos de estas unidades. Los valores de los isotopos de Pb son concordantes al expuesto por Tosdal et al. (1999), para yacimientos epitermales. En La Virreyna (27m-MMT-012, Tabla 3.1), los valores isotópicos intermedios de los ratios  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ , es indicador de un trend vertical de interacción entre fluido mineralizante y las rocas volcánicas del Oligoceno; mientras como una segunda fuente de interacción tenemos los fluidos mineralizantes con rocas intrusivas carboníferas (Figura 3.2), probablemente alojadas en profundidad. La exhumación de estas rocas estaría correlacionado a la Orogenia Gondwanide (Chew *et al.*, 2016, Ramos, 2018). En Cahuiña (28m-MMT-018, Tabla 3.1), se tiene interacción del Batolito de la Costa relacionada a pórfidos en profundidad, corroborada por su posición en la Franja X de depósitos de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior. De esta forma el enriquecimiento mineral está vinculado directamente al espesor de la corteza continental (Chiaradia, 2014) comprobado en los valores isotópicos encontrados en Cerro Verde (Mukasa *et al.*,1990), donde las intrusiones mineralizantes se encuentran directamente influenciadas por el Terreno Arequipa-Antofalla considerando dos posibles causas: el espesor de corteza y/o a la composición de la misma (Ramos, 2010). La ubicación espacial indicarían la distribución tanto de rocas que podrían estar en el substrato, como de zonas de potencial corteza.

| Sample      | Lat.     | Long.    | Target      | Unidad         | Mineral | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | Error | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | Error | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | Error |
|-------------|----------|----------|-------------|----------------|---------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| 26l-RMT-002 | -12.636  | -75.5318 | Bethabia    | Gpo Barroso    | Galena  | 18.7376                           | 0.003 | 15.6467                           | 0.001 | 38.717                            | 0.003 |
| 27m-MMT-012 | -75.2538 | -13.2093 | La Virreyna | Fm Caudalosa   | Galena  | 18.6627                           | 0.003 | 15.6173                           | 0.001 | 38.631                            | 0.003 |
| 28m-MMT-018 | -13.564  | -75.417  | Cahuiña     | Fm. Sacsaquero | Galena  | 18.5323                           | 0.003 | 15.6375                           | 0.001 | 38.514                            | 0.003 |

Tabla 3.1 - Cuadro de localización, información general y ratios de  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  y  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  de las muestras analizadas en el presente trabajo.

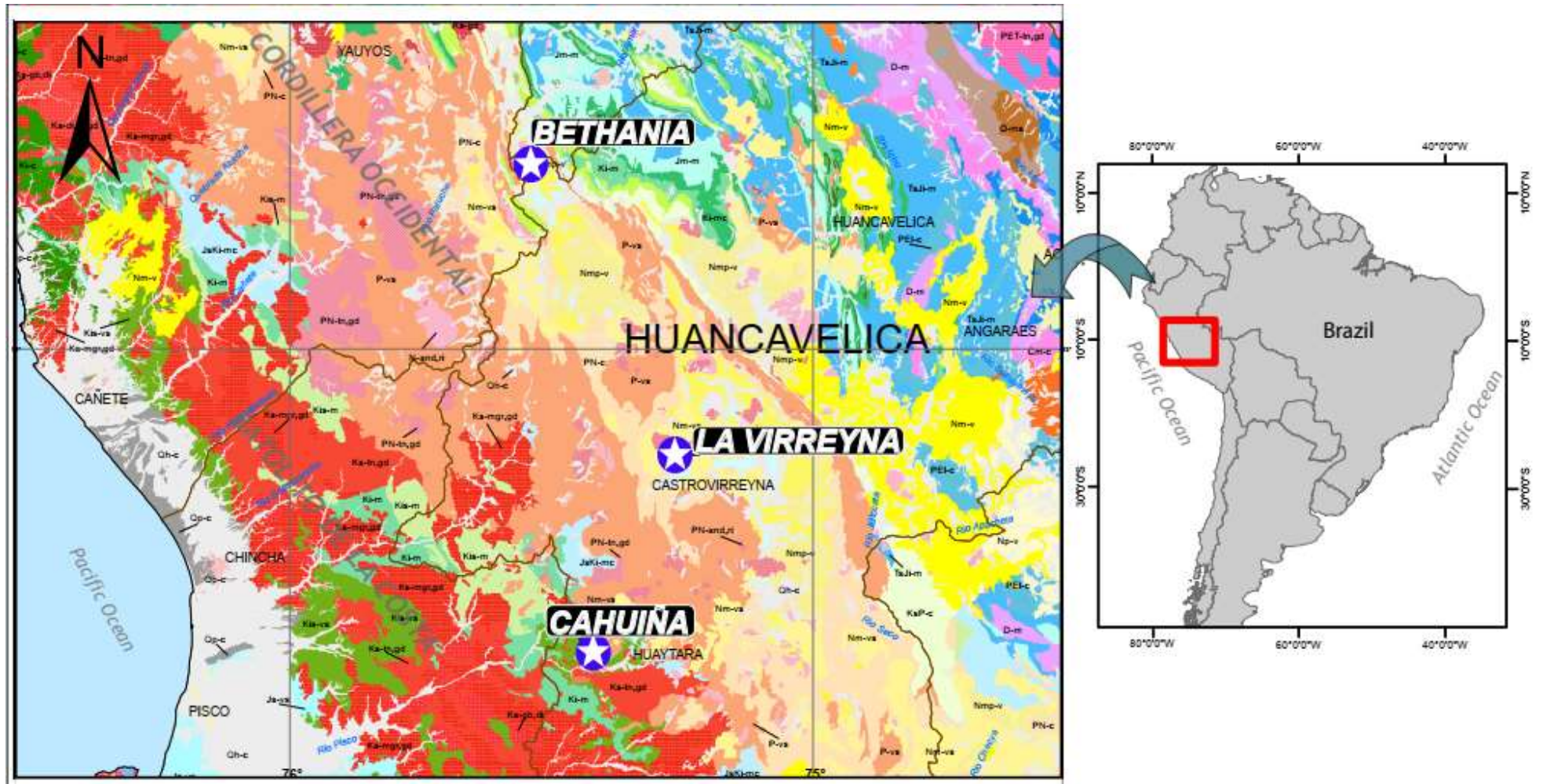


Figura 3.1 Mapa de localización de los depósitos Bethania, La Virreyna y Cahuina. Asimismo se muestra la principales unidades geológicas que afloran de manera regional y principales unidades geomorfológicas.



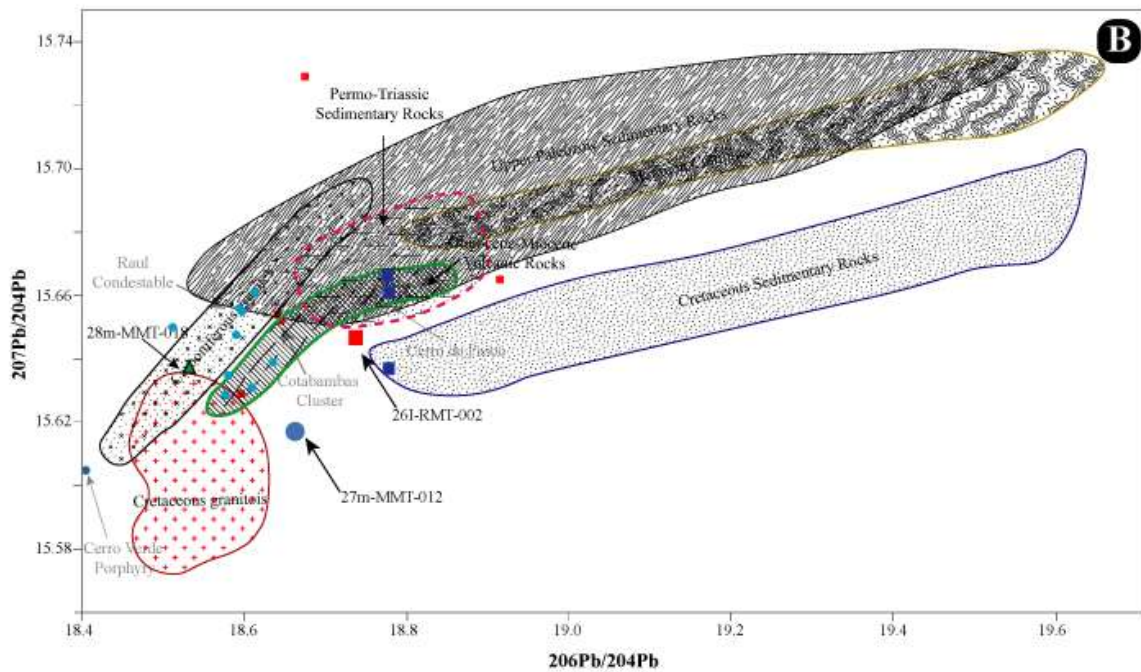
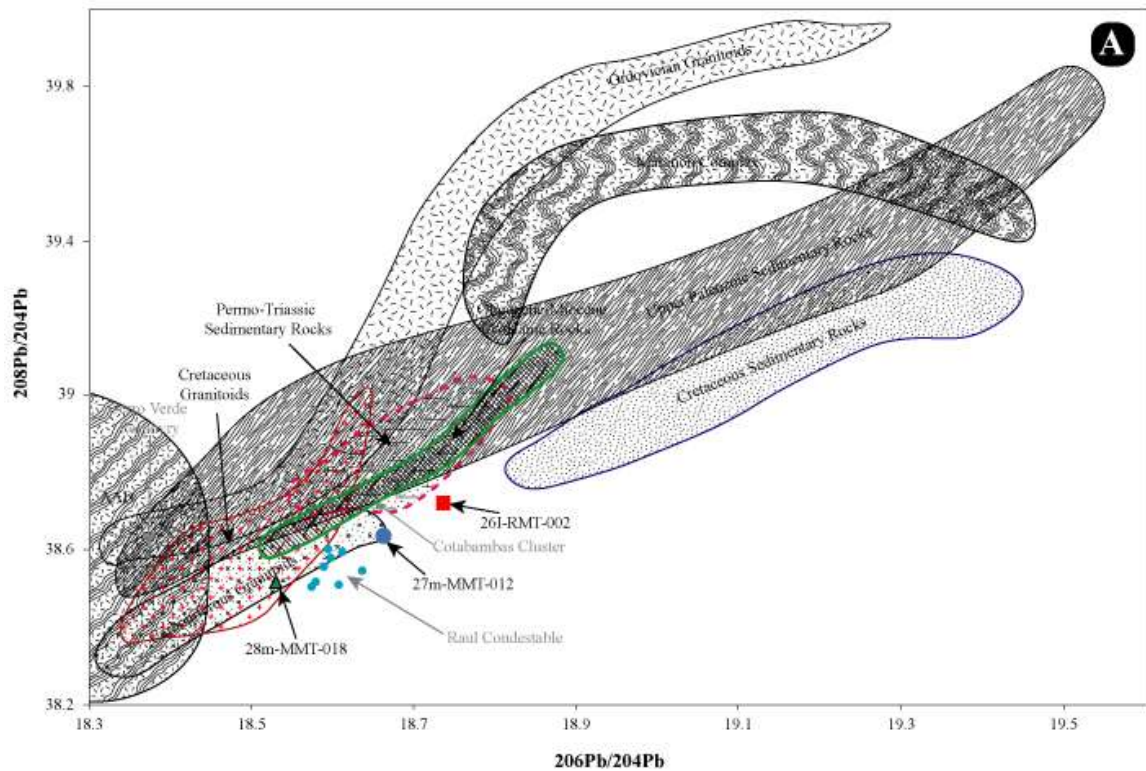


Figura 3.2 A, Campo Thorigénico para  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  vs  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  y B, Campo Urogénico  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  vs  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  muestran los diagramas de evolución y sus potenciales fuentes que afectan los epitermales de Huancavelica. Se muestran los campos para rocas intrusivas sedimentarias y metamórficas. Thomson *et al.*, 2004 ; Tolsdal *et al.*, 1999. Mamani *et al.*, 2010b, Mukasa *et al.* 1986, Loewy *et al.*, 2004



## **CAPITULO IV**

### **DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES YACIMIENTOS MINERALES**

Todos los yacimientos minerales estudiados se han ordenado alfabéticamente en base a su clasificación genética relacionadas también con las franjas metalogenéticas descritas. Por tanto, tenemos seis agrupaciones: epitermales, IOCG, pórfidos de Cu, depósitos relacionados a intrusivos, skarn y vetas, mantos, diseminados. Detalles generales de los depósitos en los Anexos 1,3 y 4.

Los estudios petromineralográficos se detallan en el Anexo 5, en donde se usó escala gráfica en micrones ( $\mu\text{m}$ ).

#### **4.1.- Epitermales**

##### **4.1.1.- ANCOS (SANCOS)**

El proyecto Ancos se ubica en el distrito de Sancos, provincia de Coracora, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 613450 E y 8336414 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-o (Coracora). Se Accede desde la ciudad de Coracora por vía sin asfaltar hasta Chaviña, desde donde parte una trocha carrozable al distrito de Sancos, ubicándose el proyecto a 2 km antes de llegar distrito.

#### **Geología local**

El depósito se encuentra alojado en tobas del Grupo Tacaza (Oligoceno-Mioceno), cubiertos por lavas andesíticas del Grupo Barroso del Mio-Plioceno. Localmente ha sido reconocido una tobas líticas argilizadas y sericitizadas blanquecinas, con líticos angulosos de volcánicos y cristales de plagioclasas (31o-RMT-004; Fotomicrografía 4.1). Las tobas se presentan ligeramente estratificadas con una dirección N°300 y buzamiento 10° NE.

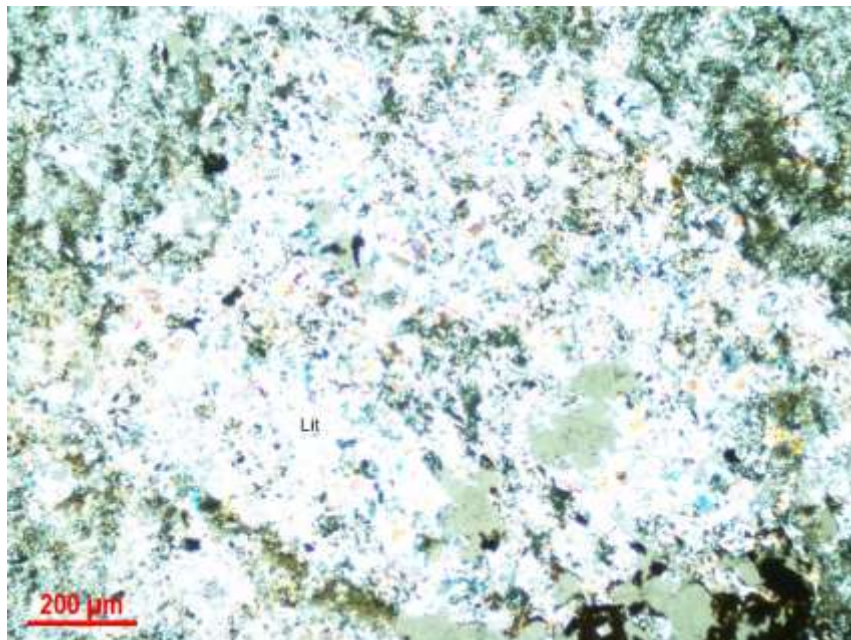
#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

La roca presenta una fuerte alteración de un área kilométrica que afecta a la matriz y a los líticos de forma penetrativa, dando como resultado la argilización y sericitización de los mismos. (Fotografía 4.1 y Mapa 04).

El afloramiento presenta un moderado fracturamiento, con óxidos de hierro como relleno de fracturas. Los óxidos también ocurren en forma diseminada y como pátinas en las tobas.



Fotografía 4.1.- Toba cristalolítica con disseminación de óxido de hierro (Muestra 31o-RMT-003).



Fotomicrografía 4.1.- Argilización y sericitización de rocas volcánicas muy alteradas del Grupo Tacaza. Muestra 31o-RMT-004 en sección delgada y nicóles cruzados con aumento de x10. Fragmentos líticos: Lit

#### 4.1.2.- ANTAPITE

Es una mina activa de la Compañía Minera "Empresa Sierra Antapite". Se localiza en el distrito de Ocoyo, provincia de Huaytará, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 491299 E y 8455466 N, Datum WGS84, Zona 18



sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Su acceso se realiza desde el poblado Los Aquijes en la ciudad de Ica (km 307 - Panamericana Sur) desde donde parte la vía afirmada de 130 km hacia Tingué-Córdova-Antapite.

La mina Antapite, es un yacimiento epitermal de baja sulfuración, que produce principalmente oro y como sub-producto plata.

### **Geología local**

Antapite está alojado en secuencias volcánicas (Mapa 05), y volcanoclásticas como tobas (28m-RMT-026, Fotomicrografía 4.2) de la Formación Castrovirreyna (Palacios, 1994), y del Grupo Sacsaquero (De la Cruz & Jaimes, 2002). Esta última secuencia se ha subdividido en unidades locales (Buenaventura, 2009) principalmente del Eoceno-Oligoceno:

**La Toba Yaurilla** es parecida al Ocobamba y también tiene fiames, todo con naturaleza riolítica.

**Toba Antapite**, brecha piroclástica con fragmentos riolíticos.

**Volcánico Mamahuanga** es de color marrón oscura a un verde claro, un tono claro verde amarillo. Toba de cristales andesíticos con venillas de cuarzo y calcita.

**Volcánico Machucancho** es piroclástico sedimentario con niveles de brecha, niveles de lava, y toba andesítica. La mineralización es mayor en esta unidad conformada de tobas, lavas y brechas. La toba muy porosa, tiene condiciones para la mineralización. Los clavos mineralizados se encuentran en los Volcánicos Machucancho. Brecha Machucancho tiene matriz hematítica (Fotografía 4.2).

**Volcánico Ocobamba**, toba soldada con fiames, con niveles hematizados. La formación Ocobamba se diferencia del resto por la presencia de fiames. Estas tobas en algunos lugares como Quercco, tienen tonalidad morada y fueron identificados antiguamente como Formación Sacsaquero.

**Volcánico Callanca**, tobas blanquecinos argilitizadas y de débil propilitización.

Como basamento tenemos a las areniscas del Grupo Yura, en pocos puntos en general en tajos del SE. Se aprecia en el Nivel 3010, es el nivel más bajo de la mina, actualmente sin acceso.

Las rocas ígneas comprenden al **Pórfido de Antapite** de composición andesítica-basáltica a traquiandesita. Los stocks y diques que cortan a toda la secuencia volcánica de Antapite, se clasifican como dioritas. (Buenaventura, 2009).

Estructuralmente Antapite está controlado por dos sistemas regionales importantes, el primero de rumbo andino N 130°-120°, con evidencia de movimientos sinestrales y caída gravitacional al suroeste, destaca en este sistema la falla Choclanca – Ocoyo relacionada directamente con la veta principal Zorro Rojo. El segundo sistema es de rumbo NE-SO representado por las fallas Runahuañusca y Yaurilla al NO de la mina. Estos dos sistemas delimitan el sector de mayor concentración de focos volcánicos y estarían controlando la mineralización en fracturas tensionales de las vetas Carmencita, Isabel y Verónica - Cecilia – Lucia, entre otras (Buenaventura, 2009).

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

En general la alteración hidrotermal presente tiene cuarzo, adularia, illita (Fotografía 4.3) y otro grupo es el de clorita, zeolita, calcita y pirita que se vuelve extensa, vetas y estructuras que tienen una extensión de hasta 25 km (Quispe, 2006).

La mineralización es del tipo de relleno de fracturas con rumbos predominantes N300°-320° y que en general buzan de 75°-85° al SO. Entre los minerales de mena tenemos platas rojas (proustita y pirargirita) y cobre grises (tennatita y tetraedrita). Además, pirita, calcopirita, pirrotita, galena, esfalerita y electrum (Buenaventura, 2009).

Entre las principales estructuras mineralizadas tenemos a la veta Soledad Olvidada del nivel 3240, tiene brechas que presentan clastos de roca argilitizada, con smectita y sericita, generalmente juntas, y así como adularia. La presencia de alteración propilítica y argílica, se manifiesta con epidota y pirita 1-2%.

La mineralización del yacimiento de Antapite tiene una edad de 26,34 Ma a 25,25 Ma y sus estructuras muestran los rumbos preferenciales NO-SE y E--O. Las fases relevantes que generaron tensión durante el hidrotermalismo corresponderían a las fases extensional ENE-SO (27 Ma - 26 Ma) en la dirección N 050° y la transcurrente E-O (26 Ma - 19 Ma) con el esfuerzo máximo compresivo en la dirección N 085°, que produjo movimientos sinestrales en el corredor Zorro Rojo-Chocllanca y generó de zonas de tensión en la dirección N 085° que corresponderían a los clavos mineralizados E-O de la veta Reyna y con las vetas N 080° del sector Occocancha. La fase extensional NE-SO estuvo estrechamente relacionada con la circulación de fluidos mineralizantes en la veta Zorro Rojo, como lo evidencia la presencia falla Chocllanca principal control estructural con desplazamiento inicial normal (Quispe, 2006).



Fotografía 4.2.- Roca hospedante de los volcánicos Machucancha con matriz hematítica en interior de mina. La mineralización es la principal en esta unidad conformada de tobas, lavas y brechas.



Fotografía 4.3.- Tobas argilizadas y sericitizadas cortadas por venillas de cuarzo, óxidos de hierro como relleno de fracturas y diseminado (Muestra 28m-RMT-026). Presenta además de cuarzo, adularia e illita.



Fotomicrografía 4.2.- Tobas de la Fm. Castrovirreyna de la muestra 28m-RMT-026 en sección delgada y nicoles cruzados con aumento de x10. Plagioclasas: PGLs

#### 4.1.3.- APUMAYO

La Compañía Minera "Apumayo SAC" tiene su operación Apumayo localizada en el distrito de Sancos, provincia de Coracora, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 616057 E y 8344841 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-o (Chaviña). El acceso es desde la ciudad de Coracora hacia Chaviña por vía afirmada, desde donde se toma la trocha carrozable hacia Chaquipampa.

### **Geología local**

Localmente el yacimiento está emplazado en tobas vitrocrystalinas soldadas y argilizadas (30o-RMT-004A, Fotomicrografía 4.3) del Grupo Tacaza, recubiertos por los volcánicos del Grupo Barroso (Mapa 04). El protolito consiste en una toba de cristales de color violácea, con cristales inequigranulares de cuarzo y plagioclasas alteradas a arcillas.

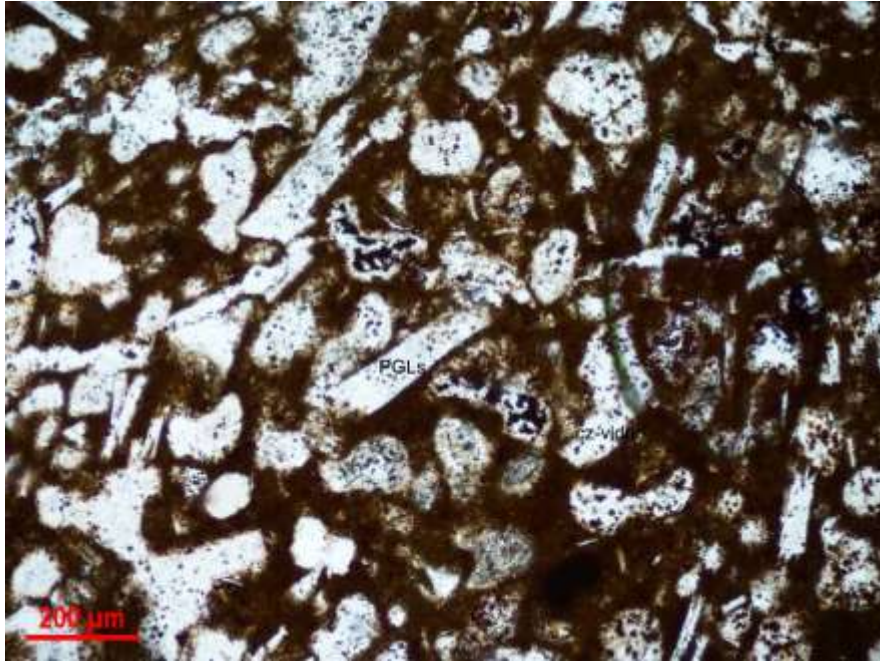
### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se tiene una alteración hidrotermal de más de 2-3 km con zonas de silicificación de la matriz originando oquedades rellenas por óxidos de hierro (Fotografía 4.4). Así mismo la matriz y los fenos de plagioclasas presentan una moderada argilización. Las tobas son cortadas por venillas polidireccionales de cuarzo. En el año 2019 se reportó una producción de más de 34 000 onzas de Au (Ministerio de Energía y Minas, 2019),



Fotografía 4.4.- Toba de cristales silicificada y argilizada, presenta oquedades rellenas por óxidos de hierro (Muestra 30o-RMT-004).





Fotomicrografía 4.3.- Tobas vitrocrystalinas soldadas y argilizadas de Gpo. Tacaza de la muestra 30o-RMT-004A. en sección delgada y nicoles cruzados con aumento de x10. Plagioclasas:PGLs; Vidrio. Cz-vid

#### 4.1.4.- ASTOHUARACA

Es una mina antigua abandonada que está siendo explotada actualmente de manera informal. Se localiza en el distrito de Santa Cruz, provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 490431 E y 8545631 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). El acceso se realiza por carretera afirmada desde Castrovirreyna a Santa Ines, luego se toma el ramal con dirección al norte que borde la laguna Choclococha desde donde sale una trocha hacia la mina.

##### **Geología local**

Localmente, se emplaza en tobas cristalolíticas de la Formación Caudalosa. Las tobas son de tonalidad gris, presentan cristales de plagioclasa, cuarzo y vidrio volcánico con tamaños que van de 1 a 5 mm. Sus líticos son volcánicos oscuros con formas subangulosas y tamaños variables de 1 mm hasta 10 cm. Presenta algunos fiames englobados en matriz feldespática (Fotografía 4.5). En interior de la labor se aprecia la estratificación de las tobas con una dirección N 70° y buzamiento 10°, cortados por una falla de rumbo N 210° y buzamiento 60°NE.

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

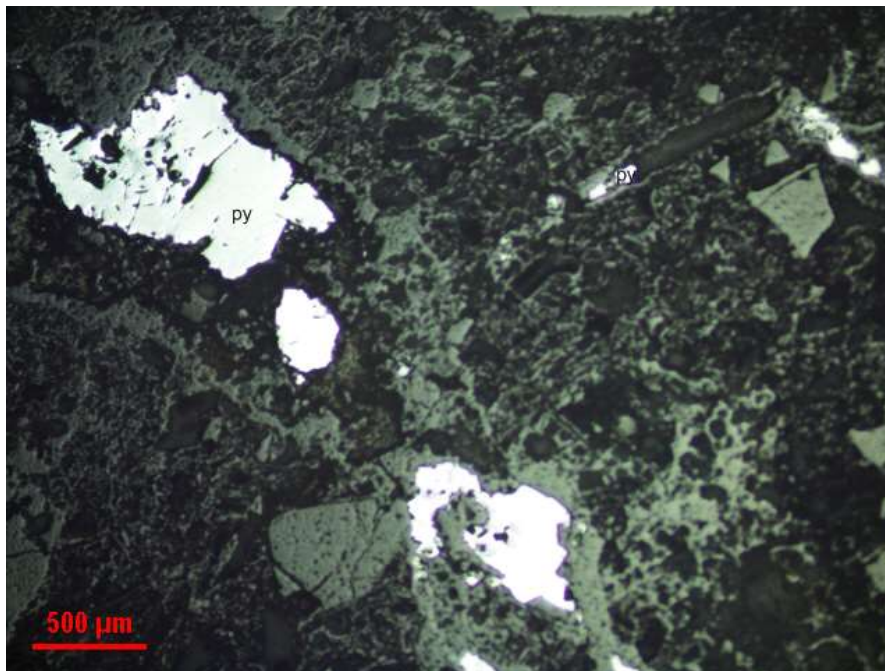
En las tobas cristalolíticas se ha identificado que la alteración hidrotermal comprende argilización y epidotización de los líticos, mientras que las plagioclasas están argilizadas. Una muestra tomada de cancha presenta mineralización de sulfuros de vetas de Cu y en venillas con parches alojadas en las tobas cristalolíticas fuertemente argilizadas. Destacan pirita diseminada y en venillas (27m-MMT-009, Fotomicrografía 4.4). La alteración no es muy notoria en superficie.

##### **Geoquímica**

Una muestra de mena (27m-MMT-009) reporta valores de 11.55% de Pb, 0.8% de Zn y 872 g/t Ag.



Fotografía 4.5.- Toba cristalolítica alterada. Fenos de plagioclasa alteradas a arcillas. Diseminación de epidota y óxidos de hierro. Presencia de fiames en matriz feldespática (Muestra 27m-RMT-011).



Fotomicrografía 4.4.- Pirita diseminada de la muestra 27m-MMT-009 en sección puñida. Pirita:py

#### 4.1.5.- BETHANIA

Según comunicación verbal con un trabajador de la mina Bethania, esta se encuentra paralizada por casi dos años. Está ubicada en el distrito de Acobambilla, provincia y región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 442246 E y 8602297 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 26-I (Tupe). Su acceso se realiza desde la ciudad



de Huancavelica por una trocha hasta Acobambilla, se continúa hasta intersectar la vía Chincha-Chongos Altos, la cual se toma en sentido a hacia Chincha cruzando posteriormente la unidad minera.

### Geología local

Localmente, se emplaza en tobas de cristales del Centro Volcánico Huayta (Grupo Barroso), que recubren a volcánicos de Formación Alpbamba (Mapa 06), correlacionable con la Formación Castrovirreyna. Las tobas presentan cristales anhedrales de cuarzo y fenocristales de plagioclasa, inmersos en una matriz argilizada (Fotografía 4.6a).

### Alteración hidrotermal y mineralización

Se aprecia una alteración selectiva, mayormente de una matriz con venillas de cuarzo-sericita con clorita sobrepuesta bien cristalizada y presencia de pirita octogonal secundaria idiomófica (26I-RMT-001, Fotomicrografía 4.5), cortada por venillas milimétricas de cuarzo ahumado con charpas de pirita fina cúbica y masiva (Fotografía 4.54b) todo en una matriz volcánica. En muestras tomadas de cancha, se aprecia mena de sulfuros constituido por galena cúbica, pirita y calcopirita cristalizada y masiva. Presenta oquedades rellenas con óxidos de hierro. La zona de alteración abarca cerca al kilómetro.

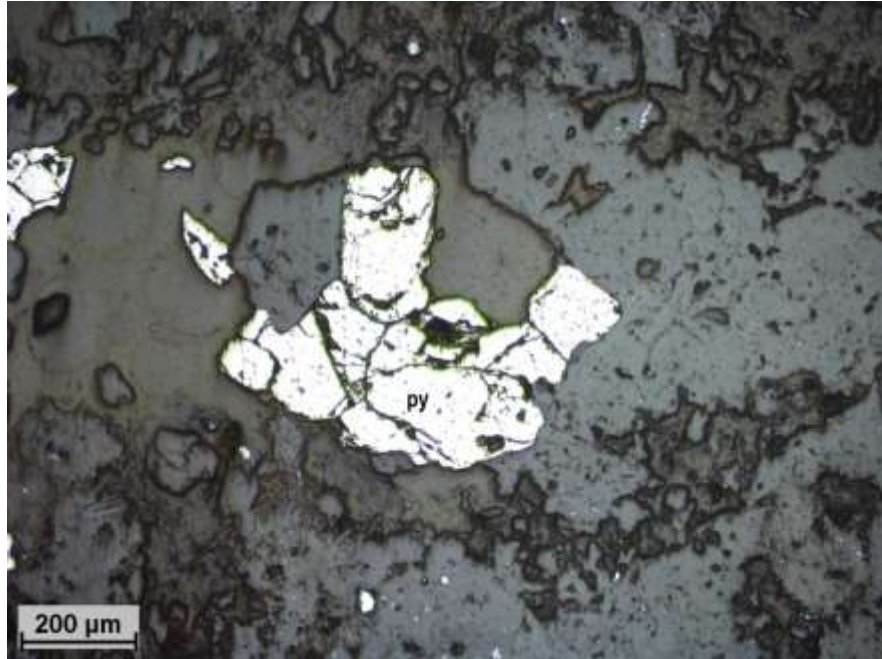
### Geoquímica

Una muestra de mena (26I-RMT-002) reporta valores de 18.5% de Pb, 1.65% de Zn, 0.6% de Cu, 1160 g/t Ag y 2 g/t Au.

Los isótopos de Pb analizados sobre galena, son reportados en la Tabla 3.1, presentando un *trend* de pendiente moderada (Figura 3.2). Los sulfuros de Bethania (26I-RMT-002) en el Gpo Barroso muestran un ratio  $206\text{Pb}/204\text{Pb}=18.73$  más radioactivo respecto a los otros valores; mientras los ratios  $207\text{Pb}/204\text{Pb}=15.64$  y  $208\text{Pb}/204\text{Pb}=38.71$  son moderados, y el incremento del valor de  $206\text{Pb}/204\text{Pb}$ , podría referirse a un aporte de Pb desde las rocas Jurásico-Cretáceas que afloran en la zona o por posibles zonas acuíferos confinados, que homogenizaron el fluido hidrotermal y posterior interacción con la roca caja y consiguiente deposición.



Fotografía 4.6.- (a) Toba de cristales con fenos de plagioclasa y matriz argilizada, cortada por venillas de cuarzo ahumado (Muestra 26I-RMT-001). (b) Mena de galena con pirita y calcopirita en matriz de cuarzo (Muestra 26I-RMT-002).



Fotomicrografía 4.5.- Pirita secundaria en la muestra 26I-RMT-001 en sección pulida y nicoles cruzados. Pirita.py

#### 4.1.6.- BREAPAMPA

Breapampa se ubica en el distrito de Chumpi, provincia de Parinacochas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 648690 E y 8330708 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-o (Coracora). Se accede desde Chumpi por una trocha carrozable.

Entre el 2004 y 2005 fue trabajado por Newmont y a partir del 2006 es trabajado por Cía de Minas Buenaventura. Para el 2007 empiezan las perforaciones por parte de esta última empresa. Inició operaciones en enero del 2009 y las finalizó en enero del 2017. Actualmente es una mina paralizada.

#### Geología local

Localmente tenemos a las lavas y domos del Grupo Barroso, sobreyaciendo a las tobas de la Fm Sencca y las lavas del Gpo. Tacaza (Fotografía 4.7).

#### Alteración hidrotermal y mineralización

Se tiene tres áreas de interés Parcca Orcco, Senccata y Pucagallo. En Parcca Orcco, se tiene un halo de alteración argílica y una zona de central de cuarzo-alunita y muy pocos afloramientos de síliceo. En las otras dos áreas restantes se tiene brechas hidrotermales bien sericitizadas y cuerpos de sílice-alunita que afloran con mineralización, por lo que este depósito se considera de alta sulfuración. La zona de alteración es de centenas de metros abarcando los noveles inferiores de los afloramientos volcánicos.

La mineralización está asociada con cuerpos silicificados con textura *vuggy silica*, donde el oro está contenido dentro del cuarzo, en especial en cuarzo gris con textura granular. La zona de óxidos baja unos 30 m., donde se encuentran los mayores valores de oro. Se reportaron leyes de 1.8 a 0.44 g/t de Au. Mientras que la Ag registra valores promedio de 25.6 g/t de Ag.





Fotografía 4.7.- Vista generalizada al NE del yacimiento Breapampa. Se observa al Gpo. Barroso sobreyaciendo a las tobas de la Fm. Sencca. Al extremo este se aprecia un domo dacítico del Gpo. Barroso.

#### 4.1.7.- C CARHUARASO

El yacimiento Ccarhuaraso se ubica en el departamento de Ayacucho, en el nevado Ccarhuaraso de los Andes del Sur del Perú a una altitud entre los 4600 y los 5125 msnm.

##### **Geología local**

Ccarhuaraso se localiza en la parte central de un estrato volcán de 6 x 5 km de área (Fotografía 4.8), el que forma parte del volcanismo cordillerano que afectó al Sur del Perú durante el Plioceno – Pleistoceno. La secuencia volcánica local está formada por intercalaciones de lavas y tobas de composición andesítica y por brechas volcánicas. Estas rocas se encuentran intruídas por domos dacíticos y stocks andesíticos (Paz et al. 2000).

Todas estas unidades fueron afectadas por una deformación compresional NE-SO formando fallas del sistema NO y N080° a N090° y fallamientos locales NE. En la zona central del volcán Ccarhuaraso ocurren áreas de profusa y diversa alteración hidrotermal (Paz *et al.* 2000). La veta Ccarhuaraso tiene orientación N040° y 55° al SE, la veta cuarzo alunita tiene orientación N154° y 64° al SO. Las fracturas craqueladas y oxidadas tienen orientación N 075° y 72° al SE. Otras fracturas son vetas con orientación N135° y 88° al SO.



Fotografía 4.8.- Vista generalizada hacia el sur del estrato volcán de Ccarhuaraso.

##### **Alteración y mineralización**

La alteración hidrotermal de varios centenares de metros de extensión y la mineralogía de las menas, permiten clasificar al prospecto Ccarhuaraso como un yacimiento epitermal de alta sulfuración, relacionado a vetas y crestones con valores altos de oro (Paz *et al.*, 2000).

La silicificación se presenta en las tobas de cristales y en las vetas con cuarzo-alunita; mientras la argilización y seritización, solo en las tobas de cristales. La mena se dispone en cuerpos elongados con alteración silíceo a argílica avanzada, gradando lateralmente a alteración argílica y a veces propilitica en la periferia.

Se han diferencia dos tipos de mineralogía: la primera con una paragénesis relacionada a sulfuros con enargita y pirita; mientras una segunda paragénesis está desarrollada tanto en vetas como en brechas hidrotermales con baritina. Esta última tiene oro con zonas con bonanza de alta ley especialmente en las estructuras Marcelita 2, Olga, Punto Triple y Rasuhilca. La mineralización está concentrada en vetas y brechas hidrotermales preferentemente

relacionada a un control estructural de rumbo NO y N080° a N090° y a las zonas de debilidad estructural formadas por la intersección de tres sistemas de fallas (Paz et al. 2000).

Por tanto, el control es netamente estructural con estructuras tipo fracturas, vetas y fallas-vetas. Las fracturas son generalmente fuertemente oxidadas y craqueladas con presencia de limonitas que cortan a la toba de cristales (Fotografía 4.9).



Fotografía 4.9.- Fracturas oxidadas y craqueladas cortando a las tobas de cristales.

#### **4.1.8.- CHAUJA**

La mina Chauja está siendo explotada actualmente por mineros informales. Se ubica en el distrito de Ticrapo, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 452292 E y 8524609 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Su acceso es desde la ciudad de Ticrapo por una trocha carrozable hacia Mollepamba, ubicándose a unos 6 km aproximadamente desde Ticrapo.

#### **Geología local**

La mina artesanal está emplazada en areniscas de la Formación Labra (Mapa 07). Las areniscas blanquecinas son de grano fino, se encuentran estratificadas con una orientación N°335 y buzando 45°NE. Además están intercaladas con algunos niveles limosos. Se observa la presencia de un dique andesítico porfirítico verdoso, con cristales de micas y feldespatos moderadamente silicificados (Fotografía 4.10a). Las areniscas son cortadas por una falla con rumbo paralelo a la estratificación y con un buzamiento de 60°NE.



### Alteración hidrotermal y mineralización

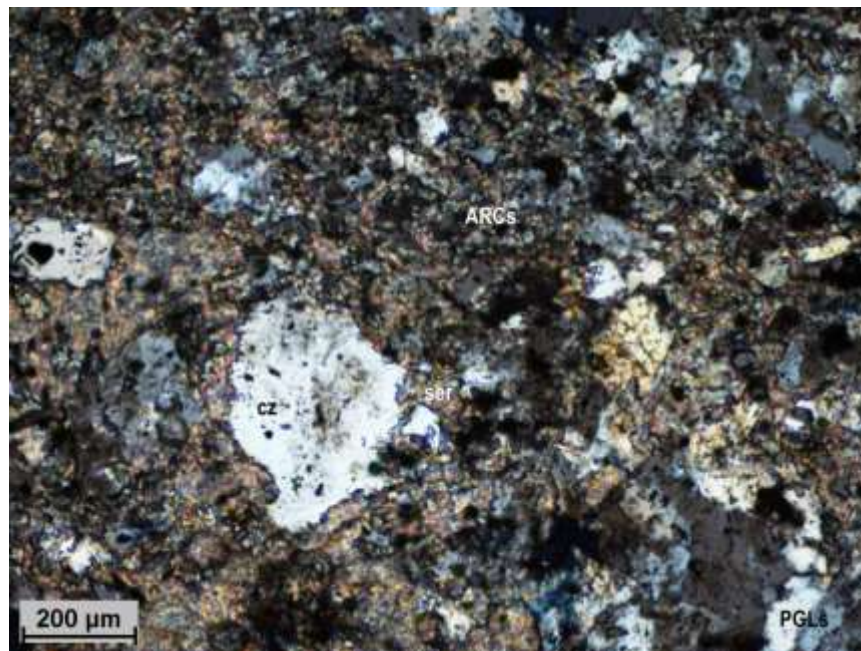
La mineralización se presenta a manera de vetas de cuarzo con diseminación de pirita, esfalerita, calcopirita y bornita diseminadas (27m-MMT-007, Fotomicrografía 4.6) y óxidos de Fe (Fotografía 4.10b), relacionada al dique andesítico. La alteración no se observa tan extensa en superficie.

### Geoquímica

Una muestra de mena (27m-MMT-007) nos dio valores de 8 g/t Ag.



Fotografía 4.10.- (a) Dique andesítico silicificado. (b) Veta de cuarzo con diseminación de pirita y pátinas de óxido de hierro (Muestra 27m-RMT-008).



Fotomicrografía 4.6.- Dique andesítico con venillas de cuarzo alterado de la muestra 27m-MMT-007 en sección delgada-pulida y nicols cruzados con aumento de x10. Cuarzo:cz; Sericita:ser; Arcillas:ARCs; Plagioclasas:PGLs

### 4.1.9.- COLPAR

La ocurrencia de Colpar se ubica en el distrito de Alpabamba, provincia de Paucar del Sara Sara, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 679827 E y 8360662 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-p (Pausa). Su acceso se realiza desde la ciudad de Pausa hasta Huataca por una trocha carrozable, luego se toma una vía

alterna en sentido norte sur que conecta con el sector de Colpar. En el lugar de la ocurrencia se encontró un pequeño cateo (Fotografía 4.11a), que al parecer sería sobre una estructura vetiforme casi vertical con dirección N°060.

#### **Geología local**

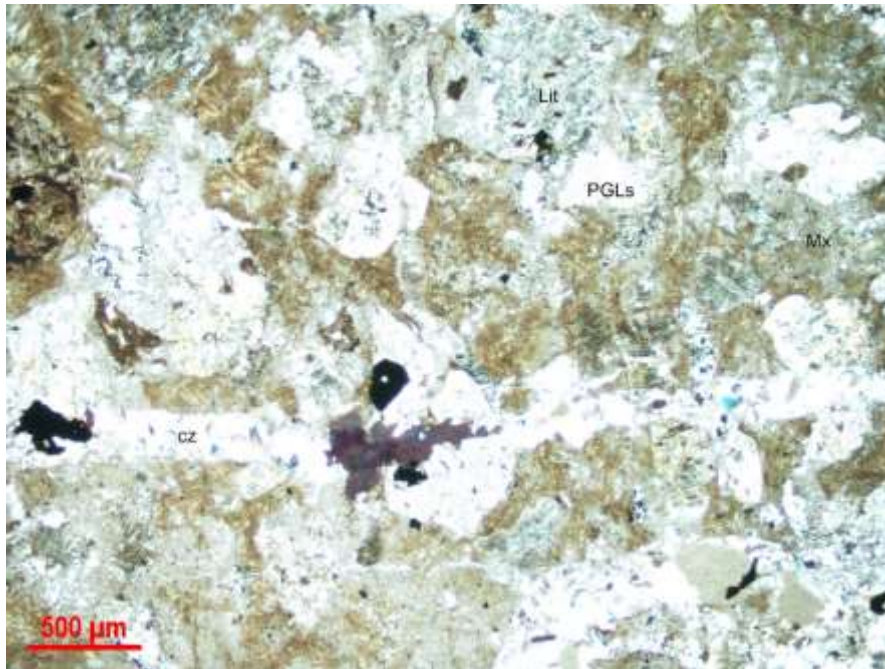
La estructura vetiforme está emplazada en una toba de cristales y líticos blanquecina con textura obliterada, argilizados con fuerte silicificación (31p-RMT-333; Fotomicrografía 4.7) del Grupo Tacaza (Mapa 08). La roca presenta una tonalidad blanquecina con tintes pardo amarillentos, su textura es obliterada, y sólo se pueden identificar escasos remanentes de cristales de plagioclasa y micas alteradas.

#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

La alteración hidrotermal comprende argilización y alteración de cuarzo-sericita (Fotografía 4.11b). Como pátinas y relleno de fracturas se tienen óxidos de hierro. La área de la alteración es de poca extensión.



Fotografía 4.11.- (a) Cateo en ocurrencia, posible estructura vetiforme. (b) Toba argilizada, con asociación mineral cuarzo-sericita, y pátinas de óxidos de hierro (Muestra 31p-RMT-333).



Fotomicrografía 4.7.- Toba de cristales y líticos blanquecina con textura obliterada, argilizados, de fuerte silificación del Grupo Tacaza de la muestra 31p-RMT-333. en sección delgada-pulida y nicoles cruzados con aumento de x4.  
Cuarzo:cz; Plagioclasas:PGLs

#### 4.1.10.- CRESTA DE GALLO

Actualmente la mina Cresta de Gallo es explotada por mineros informales. Se ubica en el distrito de Colta, provincia de Paucar del Sara Sara, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 681498 E y 8313861 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-p (Pausa). Se accede desde Pausa por vía afirmada hasta Marcabamba, luego se toma el camino que va hacia Colta, desde allí se avanza hasta llegar a la cumbre del Cerro Accha desde donde se toma un desvío con dirección hacia el sur al Cerro Llamoc, finalmente se continúa hasta llegar al Cerro Luicho donde se ubica la mina.

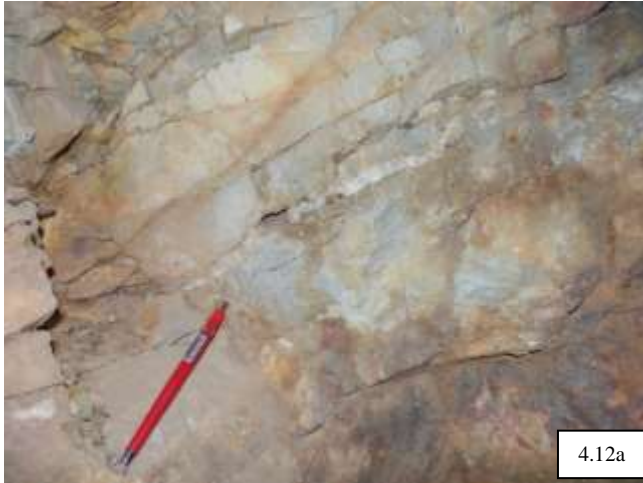
##### **Geología local**

La mineralización se aloja en rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani (Mapa 08), las cuales presentan una arenisca limosa mal clasificada y argilizada (31p-RMT-329; Fotomicrografía 4.8), cortada por venillas milimétricas de cuarzo y venillas de calcita paralela a la estratificación (Fotografía 4.12a).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se observa la presencia de un manto pórvido andesítico, con fenos de plagioclasa de tamaños milimétricos, bastante fracturado y con pátinas de óxido de hierro (Fotografía 4.12b) y con cierta argilización. La zona de alteración no es muy extensa.



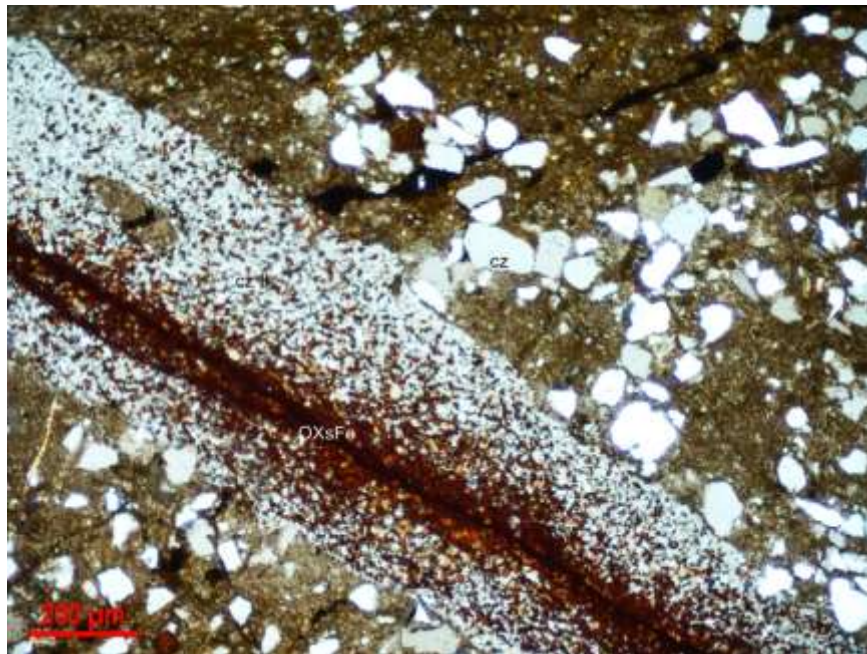


4.12a



4.12b

Fotografía 4.12.- (a) Roca hospedante fracturada con vetilla de calcita y con pátinas de óxidos de hierro (Muestra 31p-RMT-329). (b) Pórfido andesítico con fenos de plagioclasa y óxidos de hierro (Muestra 31p-RMT-331).



Fotomicrografía 4.8.- Arenisca limosa mal clasificada y argilizada de la muestra 31p-RMT-329 en sección delgada y nicoles cruzados. Cuarzo:cz; Óxidos de Fe:OXsFe

#### 4.1.11.- CURIANTA

La mina inactiva Curianta se ubica en el distrito de San Cristóbal, provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 577668 E y 8376579 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-ñ (Puquio). Su acceso se realiza desde Lucanas a Santiago de Vado por vía asfaltada, se continúa por la vía asfaltada hasta las faldas del cerro Sancayorjo, desde donde se toma la trocha carrozable que va a Tambora.

##### Geología local

Localmente se emplaza en tobas de la Formación Castrovirreyna (Mapa 09). Las tobas cristalolíticas vítreas obliteradas, se aprecian fenos de plagioclasas con tamaños variables, con un moderado fracturamiento (Fotografía 4.13a). Los volcánicos se muestran como capas con una dirección N260° y buzando 10°NO.

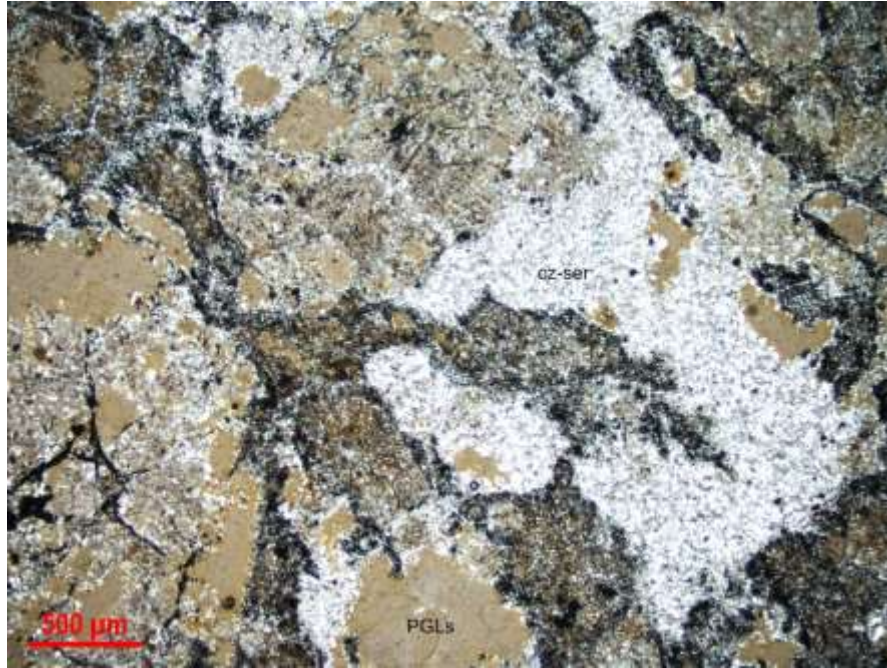
### Alteración hidrotermal y mineralización

Las tobas presentan una moderada silicificación en la matriz y una leve argilización tanto en la matriz como en los fenos de plagioclasa, y cuarzo-sericita (30ñ-RMT-006A; Fotomicrografía 4.9). En cancha se aprecian brechas hidrotermales con clastos angulosos contenidos en una matriz de cuarzo con crisocola. La brecha también es cortada por venillas de cuarzo (Fotografía 4.13b) con líticos levemente cloritizados y epidotizados. El área de alteración es de menos de 1 km.



Fotografía 4.13.- (a) Toba de cristales alterada, silicificada y argilizada, presenta impregnaciones de óxidos de hierro (Muestra 30ñ-RMT-005). (b) Brecha hidrotermal con clastos angulosos en matriz de cuarzo con crisocola (Muestra 30ñ-RMT-006).





Fotomicrografía 4.9.- Tobas con alteración de cuarzo-sericita de la muestra 30ñ-RMT-006A en sección delgada y nicoles cruzados con aumento de x4. Cuarzo-sericita:cz-ser; Plagioclasas:PGLs

#### 4.1.12.- DÓLAR

Es una mina abandonada que se ubica en el distrito y provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 475558 E y 8537765 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Su acceso es por vía asfaltada desde Castrovirreyna a Pacococha, desde allí se continua hasta llegar a la laguna San Francisco desde donde sale una trocha carrozable que bordea, hasta llegar a la mina.

##### **Geología local**

La mina se encuentra emplazada en tobas de la Formación Caudalosa. Las tobas cristalolíticas son de tonalidades gris oscura, con cristales de cuarzo y feldespato, contenidos en una matriz silicificada y argilizada.

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

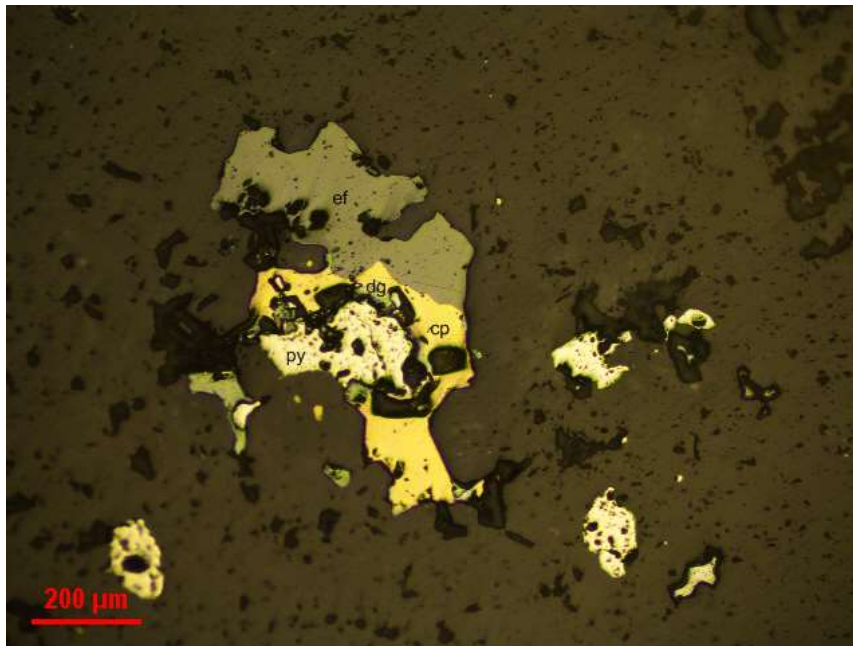
La mena consiste en estructuras vetiformes de galena, esfalerita, pirita, calcopirita y digenita (27m-MMT-014; Fotomicrografía 4.10) con venillas cuarzosas cortando a las tobas (Fotografía 4.14) en una alteración extensa de tipo epitermal.

##### **Geoquímica**

Una muestra de mena (27m-MMT-014) reporta valores de 1.5% de Pb, 2.5% de Zn, 1230 g/t Ag y 1.6 g/t Au.



Fotografía 4.14.- Veta de cuarzo con diseminación de galena y esfalerita (Muestra 27m-RMT-014).



Fotomicrografía 4.10.- Mena con galena, esfalerita, pirita, calcopirita y digenita De la muestra 27m-MMT-014 en sección pulida. Pirita:py; calcopirita:cp; esfalerita:ef; digenita:dg

#### 4.1.13.- DON HERBERTH

La ocurrencia de Don Herberth se ubica en el distrito y provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 570961 E y 8395973 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-ñ (Puquio). Se accede desde Lucanas hasta Jatunpampa, desde donde se toma un desvío por trocha carrozable con dirección a Aguahuasi.

##### Geología local

La alteración se emplaza en rocas volcánicas miocénicas del Grupo Nazca (Mapa 09), equivalente del Grupo Huaylillas. Las tobas cristalolíticas soldada de cristales de plagioclasa y algo de cuarzo (30ñ-RMT-001A; Fotomicrografía 4.11)



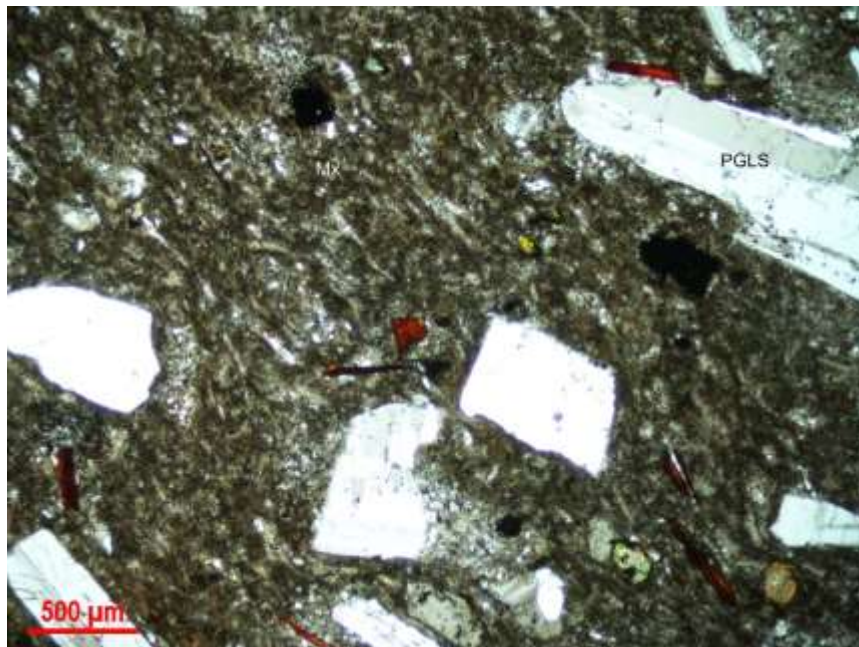
presentan textura obliterada, con una fuerte argilización supérgena, y suprayacen a niveles limosos de la Formación Puquio (Fotografía 4.15). La disposición de las tobas es a manera de capas con una orientación N320° y buzamiento 20°NE.

#### **Alteración hidrotermal**

A partir de amplias zonas argilizadas no se ha observado una zona de mayor interés en la zona.



Fotografía 4.15.- Tobs alteradas con fuerte argilización del Grupo Nazca (Muestra 30ñ-RMT-001).



Fotomicrografía 4.11.- Tobs cristalolíticas soldada de cristales de plagioclasa y cuarzo del Gpo. Nazca de la muestra 30ñ-RMT-001A en sección delgada y nicoles cruzados con aumento de x4. Plagioclasas:PGLS; matriz:Mx

#### **4.1.14.- DORITA**

Está ubicada en el departamento de Huancavelica, provincia de Castrovirreyna, distrito de Ocoyo; en las coordenadas UTM: 467200E y 8561472N, Datum WGS84 en zona 18, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Es una antigua mina abandonada.

##### **Geología local**

Emplazado en andesitas de la Formación Sacsaquero. Se presentan en el sector, lineamientos regionales y estructuras circulares y asociadas a ellas la presencia de domos subvolcánicos de composición andesítica-diorita.

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Corresponde a un depósito tipo epitermal de alta sulfuración, con contenido metálico de Pb, Ag, Zn, Au en un sistema de vetas controlados por la Falla Chonta de orientación N320°, con lineamientos transversales N-NE. Esta falla originó zonas de debilidad y fracturamiento de distensión N070° y N090° para emplazamiento de minerales como galena, esfalerita y sulfosales de plata. La zona de alteración es de por los menos 1 km.

#### **4.1.15.- HUACHAC**

Huachac es una mina abandonada que se encuentra ubicada en el distrito de Ticrapo, provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 450174 E y 8515285 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Su acceso es desde Ticrapo por vía asfaltada hasta la intersección con el Río Santuario, desde donde se toma una trocha carrozable hasta la mina.

##### **Geología local**

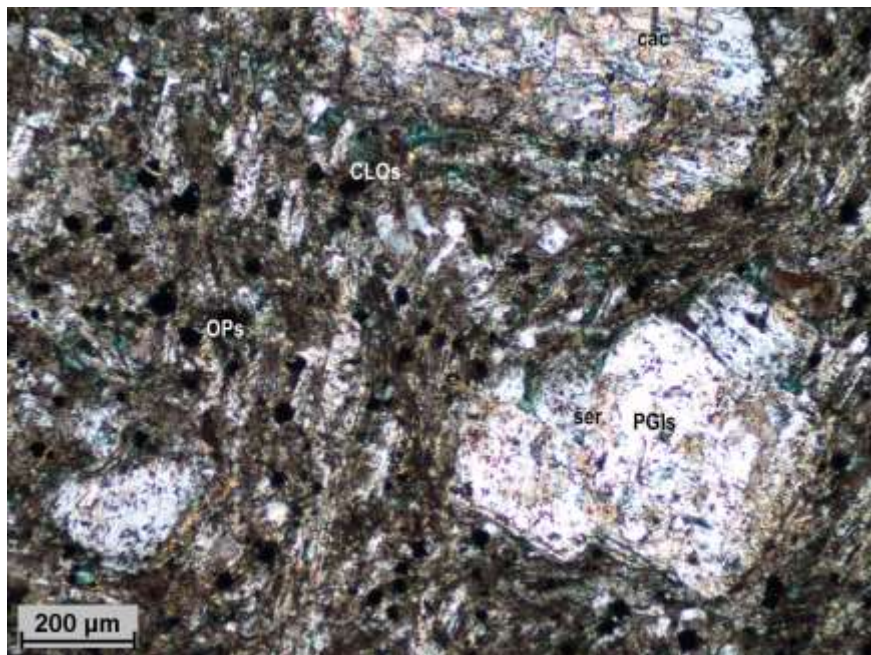
Localmente se emplaza en un subvolcánico que corta a las areniscas de la Formación Labra (Mapa 07). Las areniscas cuarzosas son color gris verdoso, de grano fino y están dispuestas en estratos tabulares con fuerte fracturamiento, cuyas fracturas están rellenas por óxidos de hierro. La orientación de los estratos es N175° y buzando 55°SO. La roca está cortada por un cuerpo subvolcánico tipo pórfido diorítico, de coloración verdosa, con cristales de micas, feldespatos y fragmentos de areniscas grises, se presenta moderadamente fracturado (Fotografía 4.16).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

El pórfido se encuentra con los fenos alterados con sericita y calcita reemplazados selectivamente. La matriz está cloritizada y argilizada (27m-RMT-005; Fotomicrografía 4.12), con feldespatos ligeramente alterados a arcillas. Como mineralización se identificó pirita en agregados. La zona de alteración no es muy extensa.



Fotografía 4.16.- Pórfido diorítico silicificado con cristales de micas y pequeños líticos de areniscas (Muestra 27m-RMT-005).



Fotomicrografía 4.12.- Pórfido con los fenos alterados con sericita y calcita reemplazados selectivamente, con una matriz cloritizada y argilizada de la muestra 27m-RMT-005 en sección delgada y nicols cruzados. Cloritas:CLOs; plagioclasas: PGLs; sericita:ser; calcita:cac; minerales opacos:OPs

#### 4.1.16.- HUACULLO (CORIHUACULLO)

Localizada en el distrito de Ascensión, provincia de Huancavelica, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 465644 E y 8582075 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 26-m (Conayca). La ruta más corta es la de Lima – Chíncha – Villa de Arma – Cotay – Proyecto Corihuacullo, sin llegar a Huancavelica, desde Chíncha hasta el proyecto gran parte de la carretera es de una sola vía (Mapa 06).

Corihuacullo, está ubicado en la franja de yacimientos epitermales de Au-Ag, que están controlados por el sistema de fallas Chonta, a lo largo de esta falla se tiene varios yacimientos. Por ejemplo, desde Yauricocha hacia el sur se tiene:

San Valentín, Corihuarmi, Betania, Heraldos Negros, Riqueza, San Genaro, Picomachay, Dorita y muchos prospectos en exploración. También, los estudios con imágenes satelitales muestran evidentes anomalías de alteración asociado a aparatos volcánicos extintos donde se observan una serie de intrusivos relacionados directamente con la mineralización como son: Yauricocha, San Valentín y Bethania (Condori et al., 2017).

### **Geología local**

En el proyecto Corihuacullo afloran litologías que corresponden a la Formación Sacsaquero, conformado por potentes depósitos volcánicos, tobas y lavas. (Condori et al., 2017).

El basamento lo conforma la Formación Jumasha (Cretáceo superior), de calizas sobreyacida por la Formación Casapalca (Cretáceo superior - Eoceno medio) de areniscas, alternada con limoarcillitas, algunos niveles de calizas y conglomerados calcáreos fuertemente plegados y fallados con rumbo andino NO-SE. En discordancia angular sobreyacen potentes depósitos volcánicos y volcánico - sedimentarios del mesozoico, representado por la Formación Sacsaquero (Eoceno superior – Oligoceno de 600 a 750 m de grosor), comprende intercalación de flujos lávicos andesíticos y dacíticos, con niveles de areniscas tobáceas, ignimbritas, toba lapilli y brechas lenticulares. Sobre esta formación discordantemente tenemos a la Formación Castrovirreyna (Mioceno inferior de 400 a 1000 m), de limoarcillitas, lentes de caliza, tobas y flujos lávicos andesíticos. Encima yace en discordancia la Formación Caudalosa (Mioceno superior, de menos de 400 m), de coladas y brechas de flujos andesíticos producto de aparatos volcánicos extintos. La Formación Auquivilca (Mioceno superior, hasta 900 m de potencia), yace en discordancia angular y relleno cuencas existentes, comprende flujos piroclásticos, areniscas y limolitas intercaladas con calizas y ocurrencias de brechas tobáceas, ligeramente plegado y forma una serie de colinas suaves (Condori et al., 2017).

Se tiene varias intrusiones, cortando el cenozoico y del mesozoico, ubicados hacia el oeste, que corresponden al Batolito de la Costa, y los ubicados cerca al sistema de fallas chonta son tipo *stocks*, con composición alcalina a calcoalcalina con litologías de granodiorita, diorita, andesitas, dacíticos, riolita. Se ha identificado los siguientes intrusivos porfíricos: pórfido riolita, pórfido cuarzodiorita, pórfido cuarzo-monzodiorita, dacita porfírica además de otros cuerpos sub-volcánicos pequeños. Estos intrusivos al emplazarse afectaron hidrotermalmente lo volcánicos de la Formación Sacsaquero y con mayor intensidad en estructuras con rumbo 060° y en el intrusivo pórfido riolítico (Condori et al., 2017).

A lo largo del mismo lineamiento se observan varias estructuras circulares que tienen alguna relación con estructuras volcánicas como los domos, calderas y estratovolcanes erosionados.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Las estructuras tienen rumbo preferencial N060° y son más de 10 estructuras sub-paralelas entre ellas (Condori et al., 2017).

Estas se encuentran afectadas por varios eventos hidrotermales donde el pórfido riolítico está asociado con arcillas y mica blanca, en ocasiones agregados de biotitas, alterándose a clorita-epidota. Algunas ocurrencias de minerales máficos se dan en los bordes del intrusivo y son posiblemente xenolitos de otras litologías que contaminaron al magma riolítico durante el ascenso. Además, este stock presenta *stockwork* de cuarzo con piritita (26m-RMT-001; Fotomicrografía 4.13). Otro pórfido en profundidad tiene alteración sílica-argílica penetrativa. El pórfido cuarzodiorita presenta propilitización con epidota-clorita-piritita (Condori et al., 2017).

Al oeste aflora un cuerpo alargado de brecha freática con alteración de cuarzo-alunita (26m-RMT-002, Fotografía 4.17) de intensidad moderada según el análisis de espectros de minerales (Figura 4.1) y *silice vuggy* con óxidos de Fe propio de un epitermal de alta sulfuración. En el pórfido riolita al norte, se reconoce en sus bordes cercanos al



intrusivo, caolín y sericita, que en sus niveles inferiores presenta una alteración filica. En la parte central se tiene numerosas vetas y estructuras silicificadas (Condori et al., 2017).

En Huacullo al noreste de la zona, predomina la alteración argílica (26m-RMT-003; Fotomicrografía 4.14) y propilítica con estructuras silicificadas con cuarzo-pirita y concreciones limoníticas (Condori et al., 2017).

Se tiene vetillas de cuarzo con pirita, calcopirita y malaquita +/- óxidos de hierro, cortando tobas de cristales violáceas. Las vetillas presentan espesores de 0.5 a 1 cm con longitudes de 1 a 2 m (26m-RMT-005, Fotografía 4.18), emplazadas en capas de la Formación Sacsaquero.

Los resultados de los estudios de inclusiones de fluidos muestran temperaturas de homogenización (Th) de entre 190 a 410°C y salinidad entre 0,53 y 6,74 %eq. peso NaCl, estas características de los fluidos indican una evolución de un sistema de tipo epitermal (Figura 4.2). El proyecto Corihuacullo tiene tres tipos de mineralización: la zona más importante esta al suroeste, donde se tiene vestigios de un yacimiento epitermal de alta sulfuración vinculado a un yacimiento de pórfido de Cu-Au; mientras que en la zona Huacullo se tiene un epitermal de intermedia a baja sulfuración de menor importancia de mineralización (Condori et al., 2017).

### **Geoquímica**

Es preciso indicar que hacia el oeste de estas anomalías en Huacullo, estas estructuras tienen mineralización de Oro (Au hasta 2,1 g/t) y plata (Ag >3 oz/t), sus características son propias de un yacimiento epitermal de baja sulfuración. Algunos datos interesantes encontrados por Minera Andina de Exploraciones S.A.A., se tiene en valores de más de 400 ppb de Au, 18 ppm de Ag, 2900 ppm de Pb, 1300 ppm de Zn (Condori et al., 2017).



Fotografía 4.17.- Brecha freática de 5 m de ancho y 100 m de longitud. La brecha presenta una alteración cuarzo-alunita (Muestra 26m-RMT-002).



Fotografía 4.18.- Vetillas de cuarzo con pirita, calcopirita y malaquita además de óxidos de hierro, cortando tobas de cristales violáceas (Muestra 26m-RMT-005).

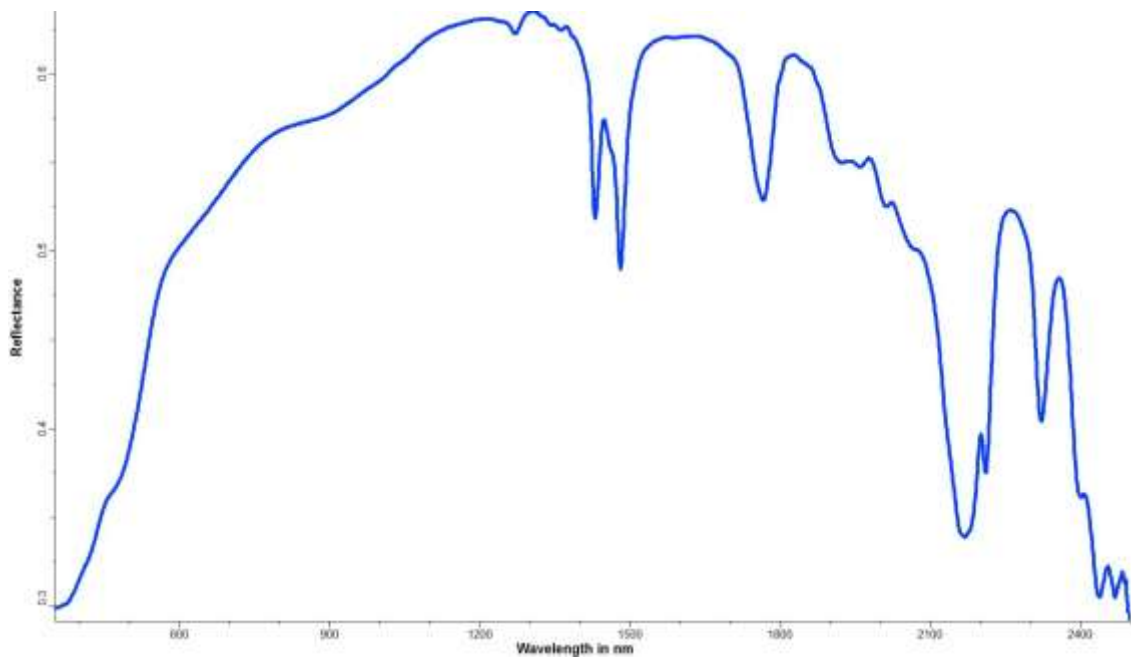


Figura 4.1.- Espectro de minerales de la alunita relacionada a una alteración de cuarzo-alunita de la muestra 26m-RMT-002 de una brecha del Gpo. Sacsacero



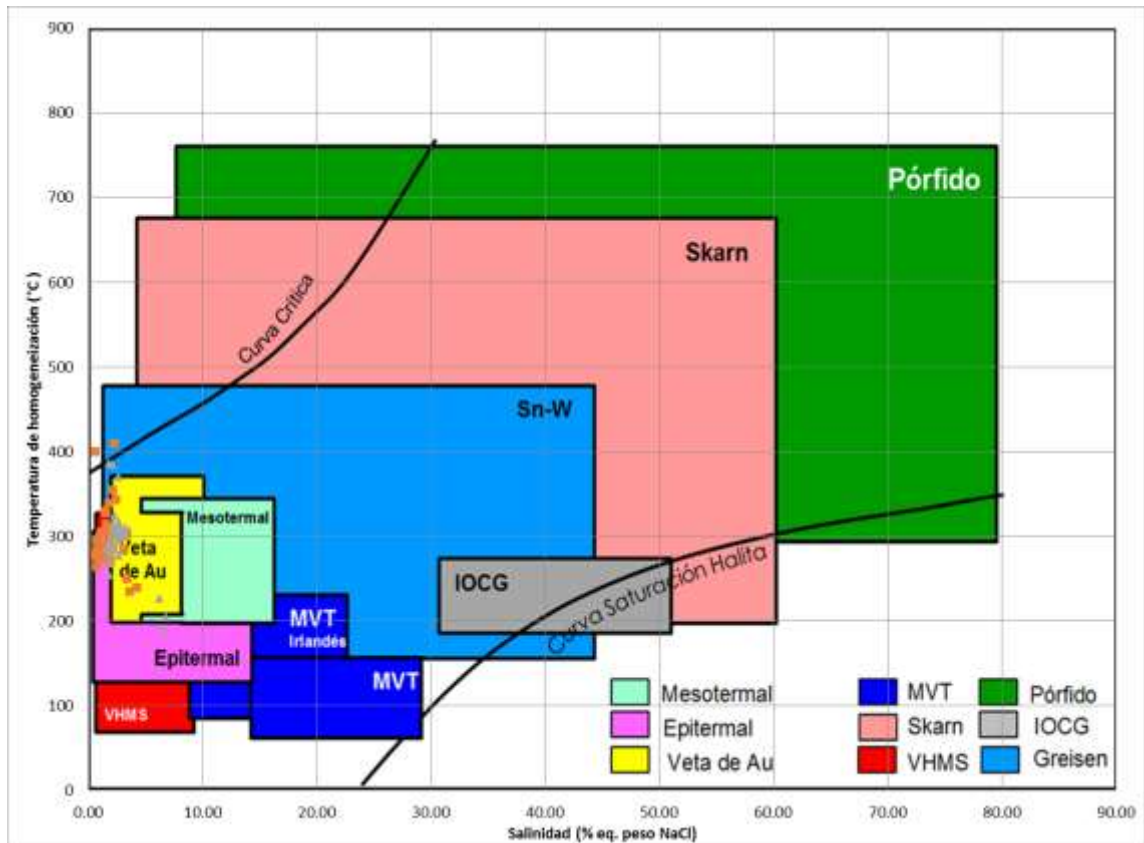
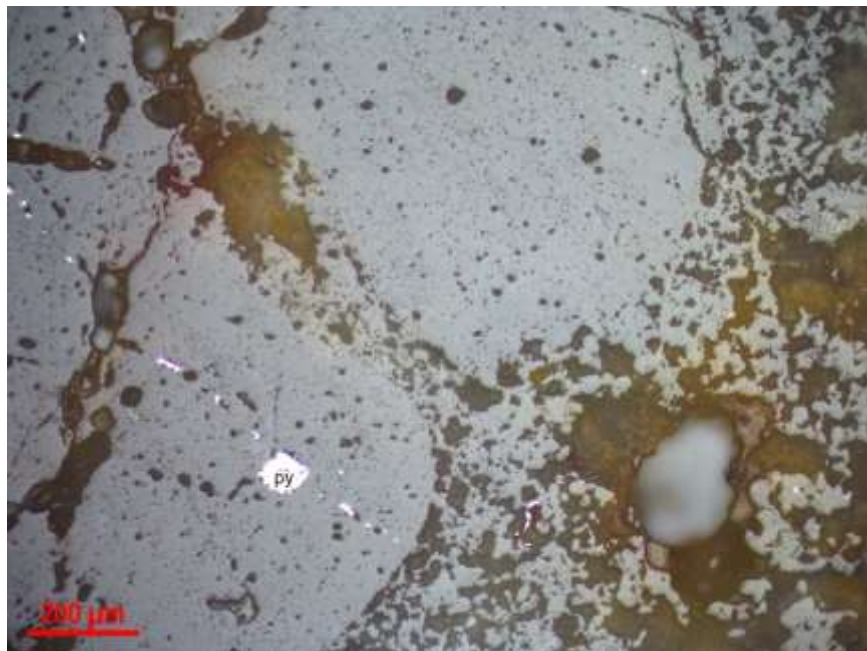
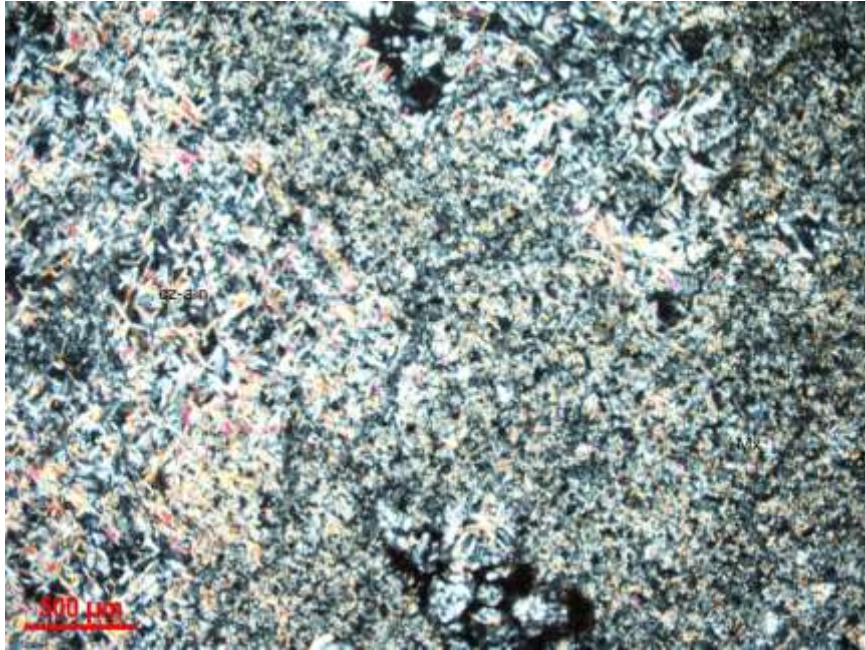


Figura 4.2.- Diagrama de Temperatura de homogeneización vs. Salinidad, modificado de Wilkinson (2001), de la Muestra de veta de cuarzo 26m-RMT-005A en los volcánicos del Gpo, Sacsaquero. Los resultados de los estudios de inclusiones de fluidos muestran temperaturas de homogeneización de entre 190 a 410°C y salinidad entre 0,53 y 6,74 %eq. peso NaCl, estas características de los fluidos indican una evolución de un sistema de tipo epitermal.



Fotomicrografía 4.13.- Pórfido riolítico con venillas de sílice tipo *stockwork* de cuarzo con pirita de la muestra 26m-RMT-001 en sección pulida y en aumento de x10. Pirita: py



Fotomicrografía 4.14.- Tobas de cristales con alteración de cuarzo-alunita y argílica de la muestra 26m-RMT-003 en sección delgada y en aumento de x4.

#### **4.1.17.- HUANCARPUSCA**

La mina abandonada de Huancarpusca se ubica en el distrito y provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 461942 E y 8559093 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Se accede por trocha carrozable desde Castrovirreyna pasando por Cochas hasta San Juan de Chauca para, desde donde se toma una vía con dirección a Jarahuayuna hasta llegar a las faldas del cerro Suitusura.

##### **Geología local**

Localmente la mina está emplazada en un intrusivo monzodiorita gris verdoso que intruye a las secuencias volcánicas de la Formación Sacsaquero, equivalente del Grupo Tacaza del sur (Mapa 06).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

El intrusivo monzodiorita con abundantes cristales de feldespato potásico se encuentra argilizados con illita y además con remanentes de clorita (27m-RMT-025; Fotomicrografía 4.15) y epidota; cortado por venillas milimétricas de magnetita. La extensión de la alteración no llega al kilómetro pero es bastante sobresaliente en superficie.

En cancha, la mena está conformada por vetillas de magnetita con esfalerita cristalizada y masiva en matriz de cuarzo cristalino (Fotografía 4.19).

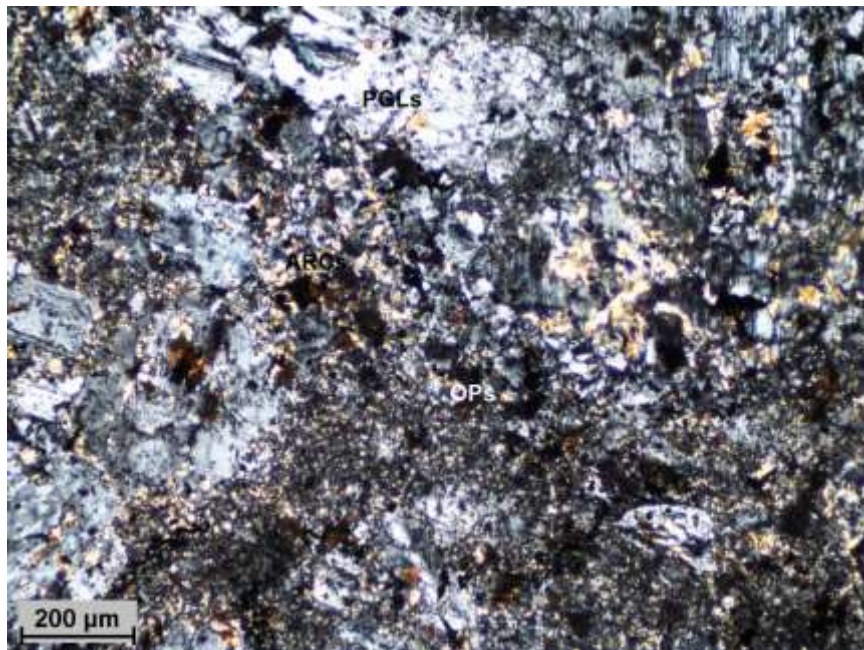
##### **Geoquímica**

Una muestra de mena (27m-MMT-023) reporta valores de 30% de Pb, 13.7% de Zn, 0.5% de Cu, 1500 g/t Ag y 1.2 g/t Au.





Fotografía 4.19.- Mena de galena con esfalerita en veta de cuarzo. Muestra de cancha (Muestra 27m-RMT-023).



Fotomicrografía 4.15.- Intrusivo monzodiorita con abundantes cristales de feldespato potásico se encuentra argilizados con illita y además presencia de clorita de la muestra 27m-RMT-025 en sección delgada en nícoles cruzados y en aumento de x10. Plagioclasas:PGLs; arcillas:ARC; minerales opacos:OPs

#### 4.1.18.- HUARMAPATA

El prospecto Huarmapata se ubica en el distrito de Alpabamba, provincia de Paucar del Sara Sara, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 690425 E y 8349410 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-p (Pacapuasa). Su acceso es desde San Francisco de Rayacayco desde donde se toma una trocha carrozable que pasa por las faldas del cerro Chuiza hasta llegar al Cerro Huarmapata (Mapa 08).

## Geología local

Localmente el prospecto está emplazado en tobas de la Formación Alpbamba, sobreyciendo a la Fm. Huaylillas (equivalente de la Fm. Castrovirreyna). En la zona de estudio aflora un crestón de tobas cristalinas, de color pardo amarillentas, con moldes de fenos de plagioclasa rellenos de arcillas inmersos en matriz silíceea. La roca presenta una moderada lixiviación dejando moldes de sulfuros (pirita), rellenos por óxidos de hierro (Fotografía 4.20). La disposición de las tobas es a manera de capas con una orientación N075° y buzando 20°SE.



Fotografía 4.20.- Toba cristalolítica argilizada, moderadamente lixiviada con óxidos de hierro como pátinas, relleno de oquedades y moldes de sulfuros (Muestra 30p-RMT-002).

### 4.1.19.- INMACULADA

Se ubica en el distrito de Oyolo, provincia de Paúcar del Sara Sara, región de Ayacucho. Sus coordenadas son UTM son 690500 E y 8346500 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-p (Pacapausa). Se accede por un desvío de la carretera Nazca- Cusco, que pasa por Pallancata (Mapa 4).

Está emplazado en tobas de la Formación Alpbamba, sobreyciendo a la Formación Huaylillas (equivalente de la Formación Castrovirreyna), y se caracteriza por ser sistemas mineralizados de baja y alta sulfuración organizada por las vetas, brechas y diseminaciones en rocas volcánicas terciarias. La veta principal se llama Ángela. La mina comenzó su producción desde junio del 2015 (Hochschild, 2018).

En 2012 se reportó un total de 7,8 millones de toneladas a 3,37 g/t de oro y 120 g/t de plata, sobre la base de una proporción de oro-plata de 60:1. Además, se reportó como recursos medidos e indicados un total de 7,07 millones de toneladas a 4,07 g/t de oro y 144 g/t de plata por tonelada, que contienen 930.000 onzas de oro y 32,8 millones de onzas de plata (Latinominería, 2016).

### 4.1.20.- JATUN ORCCO

El proyecto Jatun Orcco se ubica en el distrito de Laramarca, provincia de Huaytará, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 497890 E y 8475818 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago

de Chocorvos). Su acceso es desde Laramarca por una trocha hasta llegar al cerro Cargapacana, desde donde se toma la vía que va al paraje Tutaccmachay hasta llegar a las faldas del Cerro Huayllaniyoc desde donde sale una repartición con dirección al oeste que conduce al proyecto.

### **Geología local**

El área de Jatun Orcco presenta una mineralización del tipo relleno de fracturas hospedada en rocas piroclásticas andesíticas de la Fm. Castrovirreyna (Mapa 05). La toba cristalolítica es de color gris verdosa, con fenos anhedrales a subhedrales de plagioclasa, cuarzo y vidrio volcánico (Fotografía 4.21). Presenta líticos de formas subhedrales de 1-5 cm de diámetro, cloritizados en algunos sectores.

En Jatun Orcco tenemos tres fases de deformación: a) Transcurrente con una compresión en la dirección N 087° que genera zonas de transtensión de rumbo E-O y representa la deformación previa a la mineralización de las vetas Rosario y Esperanza, y correspondería a la fase compresiva Incaica IV. b) La segunda es transcurrente con una compresión en la dirección N060° y generó zonas de transtensión en la dirección del esfuerzo máximo compresivo; se le relaciona con el emplazamiento de la mineralización de Jatun Orcco (17.50 Ma y 17 Ma). c) La tercera es compresiva en la dirección N85° y se relaciona a fallas inversas y crea zonas de tensión en la dirección E-O, siguiendo la dirección del esfuerzo ó1 (Quispe, 2008).

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se tiene una alteración hidrotermal de extensión superficial de centenas de metros que varía desde la estructura mineralizada hacia la roca hospedante, empezando con cuarzo-adularia sericita-illita, luego clorita-calcita-pirita, una zona de *vuggy silica* con cuarzo-alunita (28m-RMT-021; Fotomicrografía 4.16), para finalmente la roca hospedante inalterada. Las estructuras mineralizadas presentan tres sistemas de orientación N060°, N090° y N120°-N110°. Sus buzamientos varían entre 70° y 85°, hacia el SE, N y SO. La mineralización es principalmente aurífera con plata subordinada. El oro se presenta en estado nativo o como electrum y está relacionada con una sílice gris que contiene inclusiones finas de galena, calcopirita, esfalerita, platas rojas, argentita y cobres grises. Los minerales de ganga se tienen al cuarzo, calcedonia, adularia, calcita, illita y pirita (Quispe, 2006).

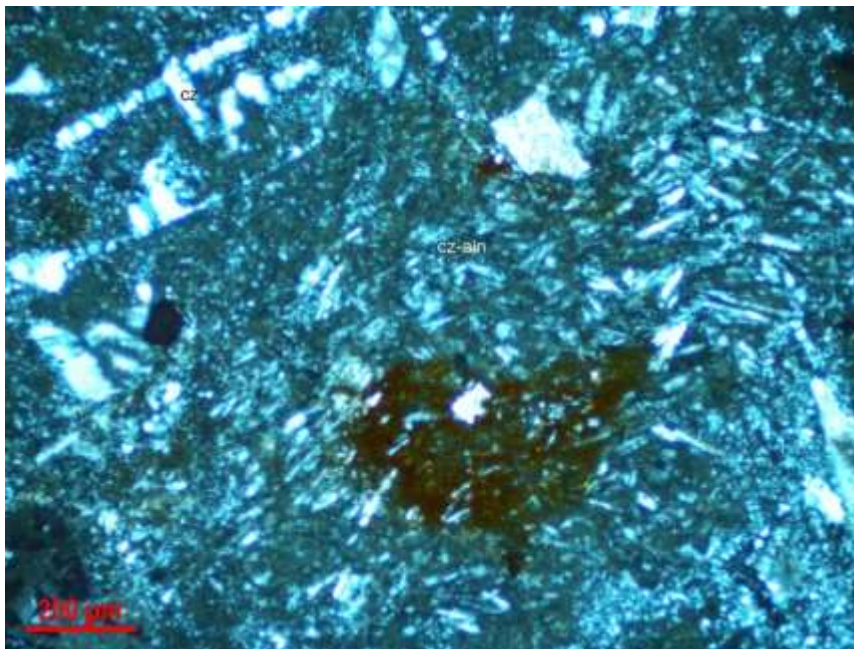
### **Geoquímica**

Una muestra de veta (28m-RMT-022) reporta valores de 58 g/t Ag y 1.8 g/t Au.





Fotografía 4.21.- Toba cristalolítica, con líticos volcánicos, fenos de cristales de plagioclasa, cuarzo y vidrio volcánico (Muestra 28m-RMT-023).



Fotomicrografía 4.16.- Veta de cuarzo, alunita y óxido de Fe en una roca pórfido andesita obliterada con alteración de cuarzo-alunita de la muestra 28m-RMT-021 en sección delgada en nicoles cruzados. Cuarzo:cz; cuarzo-alunita:cz-aln

#### 4.1.21.- LA VIRREYNA

La mina abandonada La Virreyna se ubica en el distrito y provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 472497 E y 8539695 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Su acceso es por vía asfaltada desde Castrovirreyna a Pacococha, desde allí se continúa hacia el norte bordeando la laguna Pacococha hasta llegar al paraje El Carmen.

### **Geología local**

En el área de estudio afloran tobas cristalolíticas de la Formación Caudalosa. Consisten en tobas cristalolíticas con fenos de feldespatos y biotitas. Los fenos están argilizados (caolín) contenidos en una matriz silícea. Las tobas presentan una estratificación con dirección N340° y buzando 10°NE.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Cortando a las tobas se encuentra una veta de cuarzo con mena de pirita, galena y esfalerita (Fotografía 4.22; 27m-MMT-012; Fotomicrografía 4.17). La veta tiene una orientación 080° y buzamiento casi vertical. La alteración tiene una extensión superficial de centenas de metros.

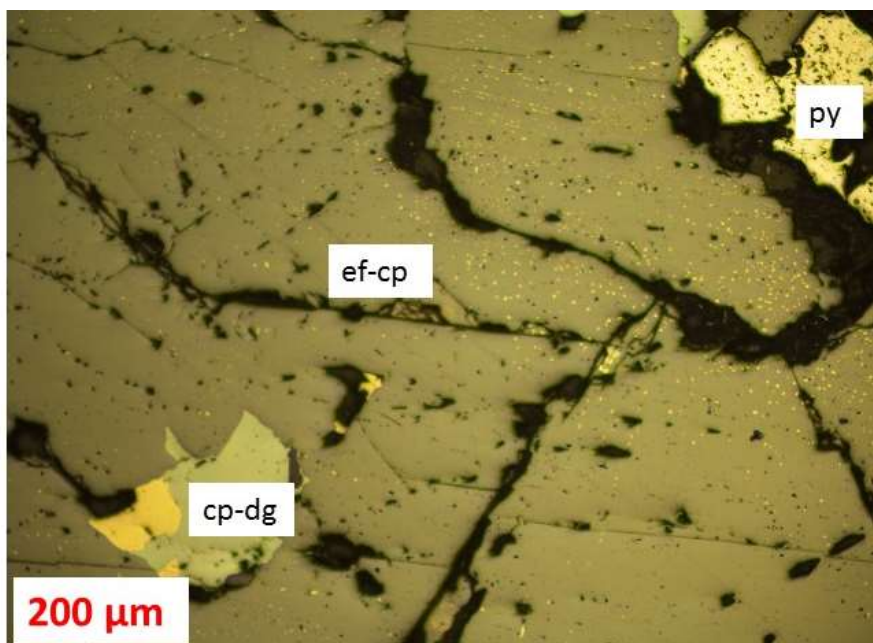
### **Geoquímica**

Una muestra de mena en veta (27m-MMT-012) reporta valores de 26.8% de Pb, 11.95% de Zn, 0.4% de Cu, 643 g/t Ag y 0.8 g/t Au.

Los isótopos de Pb analizados sobre galena, son reportados en la Tabla 3.1, presentando un trend de pendiente moderada (Figura 3.2). La muestra de sulfuros de La Virreyna (27m-MMT-012) presenta los valores intermedios de  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18,66$ ;  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15,6173$  y  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38,631$ , los cuales muestran claramente una interacción de un basamento potencialmente Paleozoico.



Fotografía 4.22.- Veta de cuarzo con galena y esfalerita cortando a las tobas argilizadas de la Formación Caudalosa (Muestra 27m-MMT-012).



Fotomicrografía 4.17.- Veta de cuarzo con mena de pirita, galena y esfalerita em tobas de la Fm. Caudalosa de la muestra 27m-MMT-012 en sección pulida. Nótese la esfalerita con exsolución de calcopirita y la pirita II reemplazada por digenita. Pirita:py; ef:esfalerita; calcopirita:cp; digenita:dg.

#### 4.1.22.- LUICHO

Mina Luicho está siendo explotada por mineros informales y se ubica en el distrito de Colta, provincia de Paucar del Sara Sara, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 681248 E y 8313124 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-p (Pausa). Se accede desde Pausa por vía afirmada hasta Marcabamba, luego se toma el camino que va hacia Colta, desde allí se avanza hasta llegar a la cumbre del Cerro Accha desde donde se toma un desvío con dirección hacia el sur al Cerro Llamoc, finalmente se continúa hasta llegar al Cerro Luicho donde se ubica la mina.

#### Geología local

Las labores mineras se emplazan en las cuarcitas de la Formación Hualhuani (Mapa 08). Las cuarcitas son de color gris a gris oscuro con textura granoblástica, cortada por venillas polidireccionales milimétricas de cuarzo (Fotografía 4.23). En el área, las cuarcitas son cortadas por una veta falla del tipo dextral normal.

#### Alteración hidrotermal y mineralización

Las cuarcitas presentan un fuerte fracturamiento con venillas de óxidos de Fe con diseminación de sulfosales de plata y pirrotita.





Fotografía 4.23.- Cuarcita gris oscuro cortado por venillas de cuarzo con óxidos de hierro (Muestra 31p-RMT-326).

#### **4.1.23.- MACHO CRUZ**

La mina informal de Macho Cruz, se ubica en el distrito y provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 579396 E y 8386426 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-ñ (Puquio). Se accede desde Lucanas por trocha carrozable hasta el poblado de Santa Cruz de Pichihua, desde allí sale una vía alterna que conduce a la mina.

##### **Geología local**

El área de Macho Cruz está emplazada en areniscas de la Formación Puquio. Localmente se tiene areniscas cuarzosa y lítica blanquecinas argilizadas con matriz pardo amarillentas, de grano medio, limonitas diseminadas, en pátinas y como relleno de fracturas (Fotografía 4.24). Las tobas presentan una estratificación preferente E-O, con azimut que varían de N°235° a 270° y con buzamientos muy suaves de 10°NE.

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

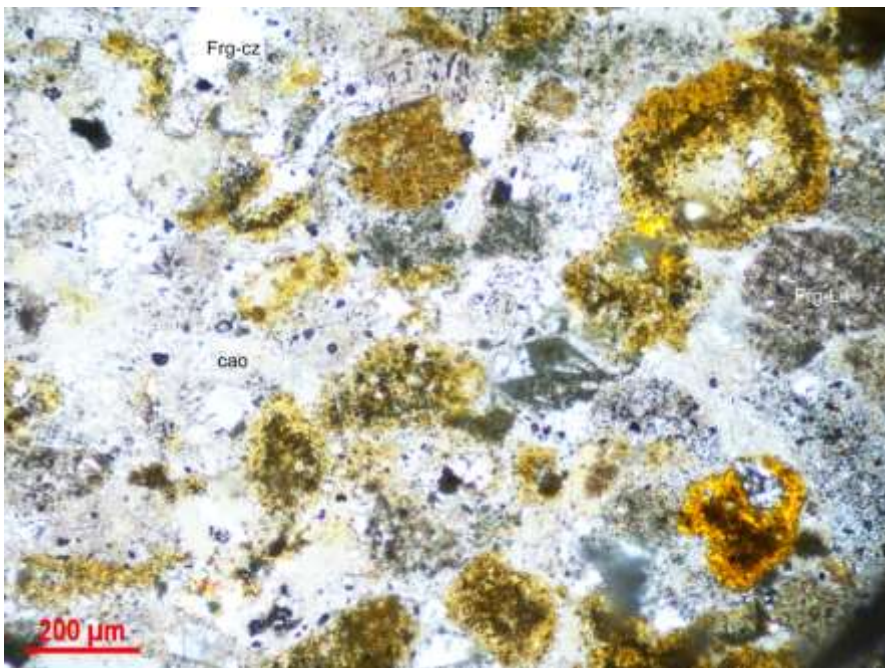
Las areniscas están cortadas por vetas de cuarzo con diseminación de arcillas y óxidos de Fe de unos 20 cm de espesor, con orientaciones N050° y N350°, y con buzamientos de 80°SE y 50°NE respectivamente. La matriz de las cuarcitas se encuentra caolinizada (30ñ-RMT-004; Fotomicrografía 4.18).

##### **Geoquímica**

Una muestra de veta (30ñ-RMT-003) reporta anomalías de 0.2% de Pb.



Fotografía 4.24.- Arenisca cuarzosa argilizada con diseminación de limonitas (Muestra 30ñ-RMT-004).



Fotomicrografía 4.18.- Matriz de las cuarcitas caolinizada de la Fm. Puquio de la muestra 30ñ-RMT-004 en sección delgada en nícoles cruzados

#### 4.1.24.- MASQUETA

El proyecto Masqueta se ubica en el distrito de Santiago de Chocorvos, provincia de Huaytará, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 463769 E y 8465212 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Stgo. de Chocorvos). Se accede desde Santiago de Chocorvos por vía afirmada hasta llegar a Qisuarccasa, luego se continúa hasta el cerro Masqueta, desde donde sale una vía de penetración que lleva al proyecto.

### **Geología local**

En el área afloran tobas de cristales de la Formación Caudalosa (Mapa 10), las cuales son leucócratas con algunos cristales de plagioclasas y micas alteradas, así como anfíboles cloritizados (Fotografía 4.25). La disposición de las tobas es a maneras de capas con un azimut N150° y buzamiento 40°SO.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Las tobas presentan una fuerte alteración de argílica y clorización débil, según el análisis de espectros de minerales (Figura 4.3), con asociación mineralógica de caolinita, sílice, cloritas y goethita (28m-RMT-028A). Su extensión superficial es escasa.



Fotografía 4.25.- Toba de cristales argilizada (Muestra 28m-RMT-028A).

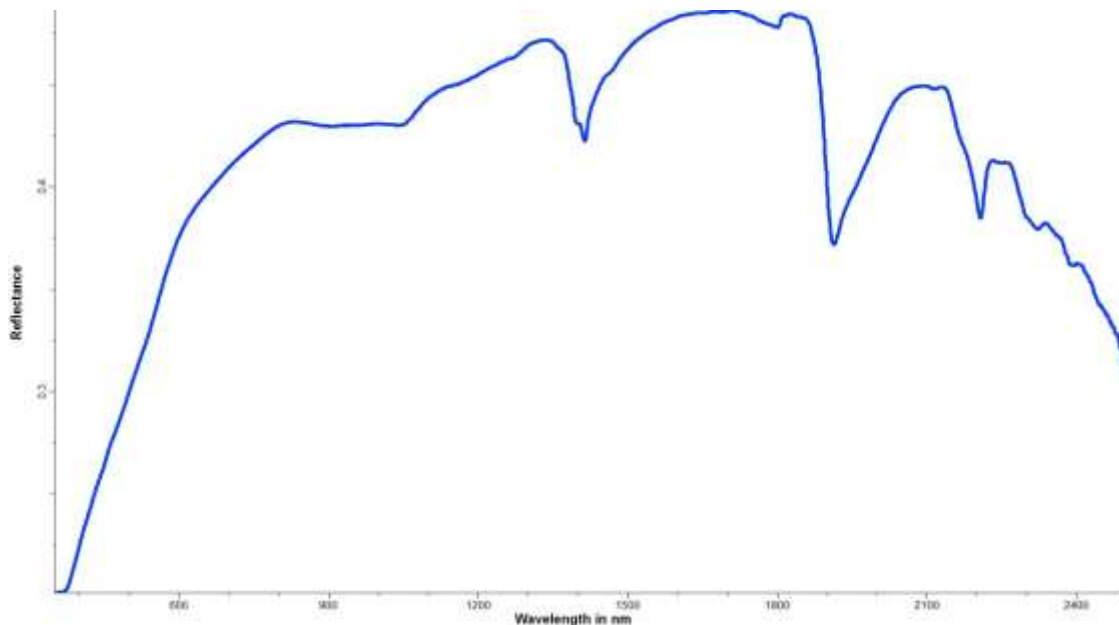


Figura 4.3.- Espectro de minerales de una fuerte alteración de argílica y clorización débil de la muestra 28m-RMT-028A de una toba de la Formación Caudalosa.

#### 4.1.25.- MINASNIOC

El Proyecto Minasnioc, está ubicado en las inmediaciones del Cerro Minasnioc en el anexo de San Francisco de Atta del distrito de Quерco, provincia de Huaytará, departamento de Huancavelica; en la hoja de Paras 28-N de la carta topográfica 1/100,000 del IGN, a unos 310 km al Sureste de la ciudad de Lima. La elevación del área del proyecto varía entre 4,200 y 4,500 metros sobre el nivel del mar. El proyecto es accesible por tres vías: La primera por la carretera que accede desde Ica a Laramarca y Quерco, y de este último distrito sale una trocha al pueblo de Ata, y de ahí un desvío a cerro Minasnioc. La segunda por la carretera de Los Libertadores hasta Betania y de ahí a Yanacollpa y Minasnioc. Y la tercera por Ica a Palpa y de ahí Llauta luego a San Juan de Caracha y Minasnioc.

#### Geología local

En el área se tienen lavas andesíticas porfíricas y dacitas de la Formación Caudalosa, areniscas tobáceas con abundantes estructuras sedimentarias (*slump* y recumbentes) de la Formación Castrovirreyna inferior (Fotografía 4.26), y tobas areniscosas rojo violáceas y tobas de cristales probable ignimbritas de la Formación Sacsaquero (Mapa 05). Asimismo cortando a las areniscas tobáceas se tienen diques y mantos andesíticos porfíricos. Sobreyaciendo a todas las secuencias se tiene a las lavas del Grupo Barroso, denominadas localmente como Formación Astobamba (Palacios, 1994).

#### Alteración hidrotermal y mineralización

Minasnioc es un proyecto de alta sulfuración de una extensa superficie de alteración de kilómetros. en donde las areniscas tobáceas presentan una fuerte argilización avanzada con cuarzo-alunita (Fotografía 4.27), que aunque no se ha encontrado minerales de sulfuros y óxidos de interés en superficie, se tiene referencias de valores anómalos interesantes de oro.





Fotografía 4.26.- Vista panorámica al al NE de las unidades geológicas de Minasnioc. Se observa la secuencia estratigráfica desde la Fm. Castrovirreyna, Fm. Caudalosa y finalmente Gpo. Barroso (Fm. Astobamba) de fuerte alteración argílica.





Fotografía 4.27.- Vista panorámica de las alteraciones en los alrededores de Minasioc. Se observa claramente el zoneamiento de alteración argílica avanzada (cuarzo alunita) y la argílica.

#### **4.1.26.- PALLA PALLA**

El prospecto Palla Palla se ubica en el Distrito de Coracora, Departamento de Ayacucho, en una altitud promedio de 4600 msnm. Geográficamente se encuentra emplazado en la divisoria de la Cordillera Occidental de los Andes. Se ingresa por la Comunidad de Negro Mayo (distrito de Coracora) por una carretera afirmada a 12 km. al sur.

##### **Geología local**

Geológicamente Palla Palla es un estratovolcán reciente, formado por una secuencia de lavas andesíticas, riódacíticas y tobas brecha, con una edad de 1.5 a 2.6 Ma (Inca et al, 1989), atribuibles al Grupo Barroso (Mapa 04), el mismo que forma parte del volcanismo cordillerano que afectó al Sur del Perú durante el Plioceno-Pleistoceno (Fotografía 4.28).

En el interior de mina las tobas presentan orientación de N104° y 30° SE. Además, también en el interior de mina tenemos fracturas de rumbo N220° y N052° SE. A 70 m de la galería ocurren tres sistemas principales de venillas sílice (Fotografía 4.29): V1= N292° y 74° NE; V2= N320° y 85° NE; V3= N018° y 22° SE.

Estructuralmente el área ha sido afectada por esfuerzos cizallantes y compresivos del sistema andino (NE-SO), que ha dado origen a fallas de rumbo N060° y N320°-310°. Todo este sistema convectivo está relacionado a la presencia de un centro volcánico convergente en el sector Caballería-Uchumina, donde se ha reconocido extensas zonas con alteración hidrotermal diversa.



Fotografía 4.28.- Vista panorámica del estratovolcán Palla Palla, denominado localmente como Cerro Ccellohorcco.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Las tobas tienen silicificación, con matriz en partes con *vuggy silica* con intercrecimiento de alunita y cuarzo en los poros. En menor proporción microvenillas de cuarzo (Inca et al,1989). Hacia los borde de las zonas silicificadas se tiene argilización avanzada en donde se encuentran dos generaciones de alunita formando una zona de alteración de una centena de metros, relacionadas a un epitermal de alta sulfuración

Los óxidos y sulfuros se presentan en la matriz silíceo y contiene pirita diseminada, marcasita, galena, covelita solo en las labores antiguas (Minera Sílex Perú, 2009) las cuales se encuentran selladas. En una galería se encontró pirita diseminada de cristales más grandes que los encontrados en superficie y además, se encontró en los intersticios azufre.

Otras galerías antiguas presenta sulfosales de plata (proustita-pirargirita), plata nativa, acantita, calcopirita, enargita, bournonita, esfalerita, magnetita, pirrotita y pirita, distribuidos en cuerpos tabulares de hasta 25 m. de potencia y longitudes variables que alcanzan decenas de metros, con buenos contenidos de plata (Inca & Cayo, 1989).



Fotografía 4.29.- Sistema de venillas del sistema V2 en las de las tobas del Gpo. Barroso en Palla Palla.

#### **4.1.27.- PICOMACHAY**

El proyecto se ubica en el distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 477026 E y 8560137 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Su acceso es desde Castrovirreyna hasta la laguna Pulloc Grande por vía asfaltada, desde donde se toma la trocha carrozable que lleva al poblado de San Ana, luego se continúa hasta llegar al Cerro Jarhuajasa que es donde se aloja el proyecto.

### Geología local

Localmente se tiene un pórfido andesítico porfírico (27m-RMT-022; Fotografía 4.30a; Fotomicrografía 4.19) con fenos de plagioclasa subhedrales y trazas de micas y anfíboles, con abundantes biotitas y matriz traquíutica y argilizada y diseminación de minerales opacos que corta a las tobas y lavas de la Formación Caudalosa (Mapa 06). Este pórfido dacítico presenta fenos de plagioclasas de tamaños variables, algunos rotos. Ocurre a manera de crestón fuertemente fracturado con una orientación N100° y buzamiento casi vertical.

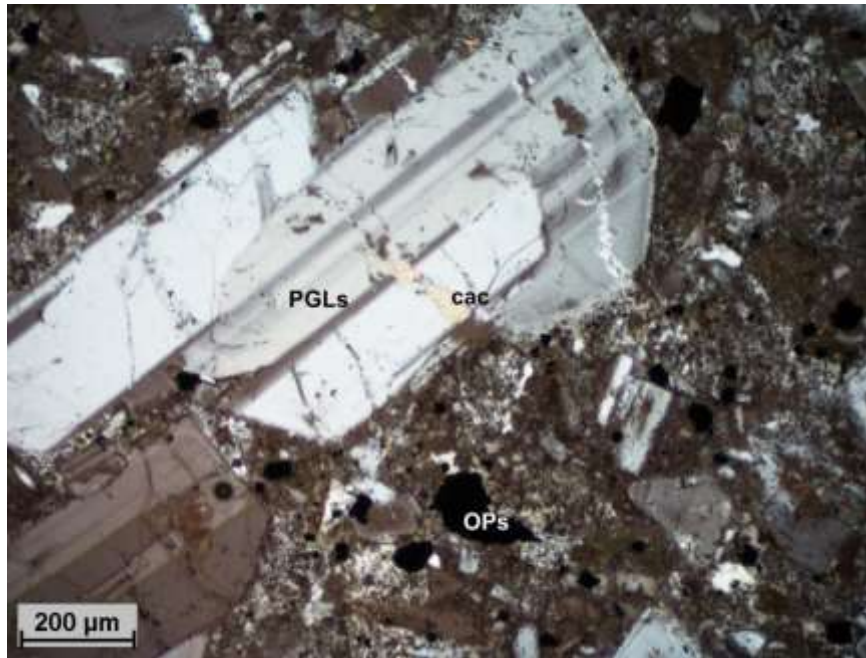
### Alteración hidrotermal y mineralización

La alteración hidrotermal de una extensión de centenares de metros, ha provocado la silicificación y argilización del pórfido, acompañado de una moderada oxidación (Fotografía 4.30b). Se tiene reportes de más de 445 000 oz de Au (Pan American, 2019).



Fotografía 4.30.- (a) Pórfido andesítico con fenos de plagioclasas (Muestra 27m-RMT-022). (b) Pórfido argilizado y silicificado con diseminación de óxidos (Muestra 27m-RMT-018).





Fotomicrografía 4.19.- Pórfido andesita porfírica con fenos de plagioclasa subhedrales y trazas de micas y anfíboles, con abundantes biotitas y matriz traquítica y argilizada de la muestra 27m-RMT-022 en sección delgada en nicoles cruzados con aumento x10. Plagioclasas:PGLs; calcita: cac;calcita; minerales opacos:OPs

#### 4.1.28.- PORFIA

El prospecto Porfía se ubica en el distrito de San Pedro de Palco, provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 545580 E y 8419940 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-n (Laramate). Su acceso es desde San Pedro de Palco hasta el pueblo de San Isidro de Totorá, desde allí parte una vía de penetración que lleva al prospecto.

##### Geología local

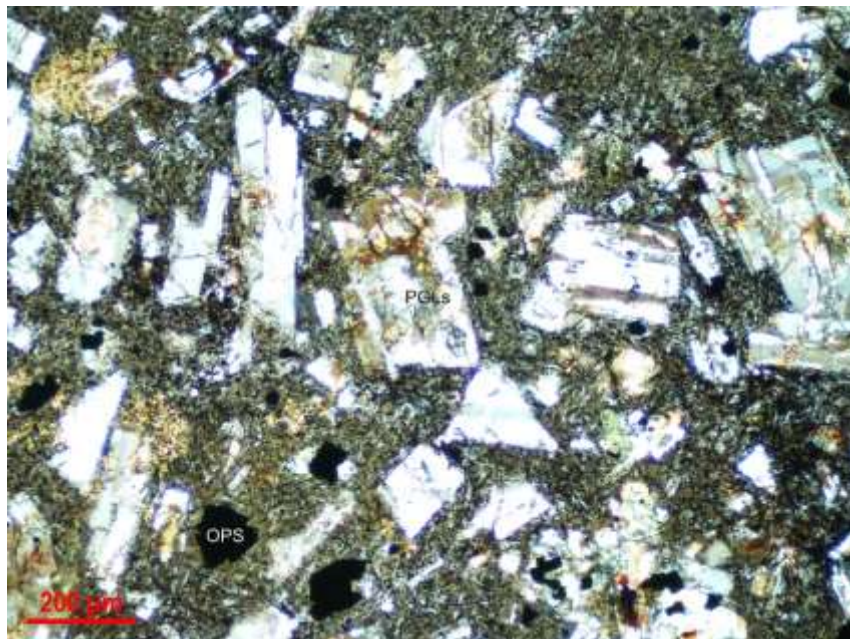
En el área de interés afloran tobas de cristales (29n-RMT-007; Fotomicrografía 4.20) de la Formación Castrovirreyna. Las tobas son de color gris oscuro, con cristales anhedrales a subhedrales de plagioclasa, cuarzo, inmersos en matriz de plagioclasas. Las tobas presentan una orientación de N280° y buzamiento 18°NE.

##### Alteración hidrotermal y mineralización

Se tiene una zona de alteración hidrotermal de ensamble de cuarzo-alunita infrayaciendo a las tobas, en cuyo contacto se presenta la zona de *vuggy sílica*. Seguidamente se tienen rocas de textura obliterada con intercalación de algunos niveles tobáceos con litología más fina y porosa, todo cortadas por venillas polidireccionales y milimétricas de hematita y diseminación de magnetita (Fotografía 4.31). Tanto las tobas como la zona de alteración se presentan a manera de capas cuya orientación es N280° y buzamiento 18°NE.



Fotografía 4.31.- Toba de cristales con venillas de hematita (Muestra 27n-RMT-007).



Fotomicrografía 4.20.- Tobas de cristales de la Fm. Castrovirreyña de la muestra 29n-RMT-007 en sección delgada en nícoles cruzados con aumento x10. Plagioclasas:PGLs; minerales opacos:OPs

#### 4.1.29.- RUBÍ

La mina abandonada Rubí se ubica en el distrito de San Pedro, provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 605928 E y 8369356 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-ñ (Puquio). Se accede desde Puquio por una vía afirmada hasta la zona de Sempacanto, se continua hasta llegar a las faldas del cerro Antacero desde donde se toma una trocha carrozable con dirección al paraje de Cuyucc Rumi, la mina se ubica cruzando la quebrada Quisqui.

#### Geología local

La mina está emplazada en tobas de la Formación Puquio, equivalente en tiempo a Formación Tacaza (Mapa 09). Las tobas son cristalovítreas de tonalidades gris a gris verdosa (30ñ-RMT-008; Fotomicrografía 4.21), con fenos



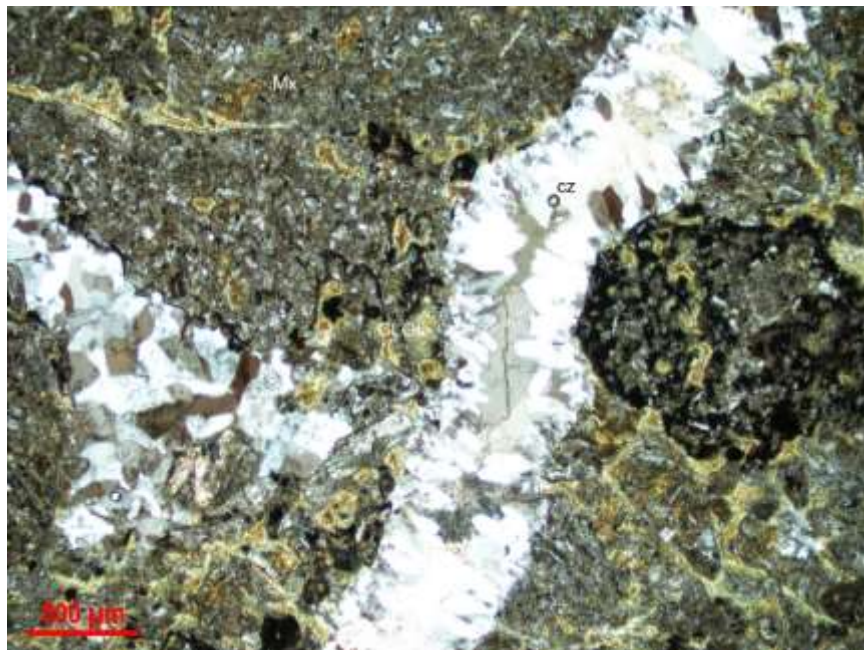
milimétricos de feldspatos alterados a arcilla y clorita, contenidos en una matriz débilmente silicificada. Presenta clorita diseminada y está cortada por venillas polidireccionales de cuarzo ahumado (Fotografía 4.32). Las tobas presentan una pseudoestratificación de dirección N350° y buzamiento 40° NE, por otra parte, las vetas tienen una orientación preferencial NE con rumbos variables entre N025° y N090° y buzamientos entre 45°SE a 70°S respectivamente

#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

La mineralización se concentra en las vetas de cuarzo con óxidos de manganeso, magnetita y óxidos de Fe (jarosita). La alteración tiene poca extensión superficial.



Fotografía 4.32.- Toba de cristalovítrea con venillas de cuarzo y diseminación de clorita (Muestra 30ñ-RMT-008).



Fotomicrografía 4.21.- De la muestra 30ñ-RMT-008 en sección delgada en nícoles cruzados con aumento x4.  
Cuarzo:CZ; matriz:Mx

#### 4.1.30.- SAN ANTONIO

La ocurrencia de San Antonio se ubica en el distrito de Coracora, provincia de Parinacochas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 638884 E y 8352907 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-o (Chaviña). Su acceso es desde Chaviña por vía afirmada hasta el pueblo de Cuncaya, desde donde parte una trocha carrozable que lleva al pueblo de Jolte, luego se continua hasta llegar al cerro Jellojasa Chico que es donde le aloja la ocurrencia.

##### **Geología local**

Localmente afloran tobas de cristales del Grupo Barroso. Las tobas son de color gris, con cristales de plagioclasa de hasta 6 mm, escasos cristales de micas y cristales de cuarzo inequigranulares, la matriz es silícea.

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Las tobas presentan un leve magnetismo. En contacto se tiene una zona de alteración argílica moderada que si bien tiene poca extensión superficial, según el análisis de espectro de minerales (Figura 4.4) de asociación cuarzo-alunita potásica (30o-RMT-006AA) con una leve lixiviación y óxidos de Fe con hematita, goethita, dickita (30o-RMT-005) como relleno de fracturas y diseminado (Fotografía 4.33). Estos rasgos corresponderían a un depósito epitermal de alta sulfuración.



Fotografía 4.33.- Muestra de zona de alteración. Roca con textura obliterada con fuerte alteración argílica y óxidos de Fe (Muestra 30o-RMT-005).

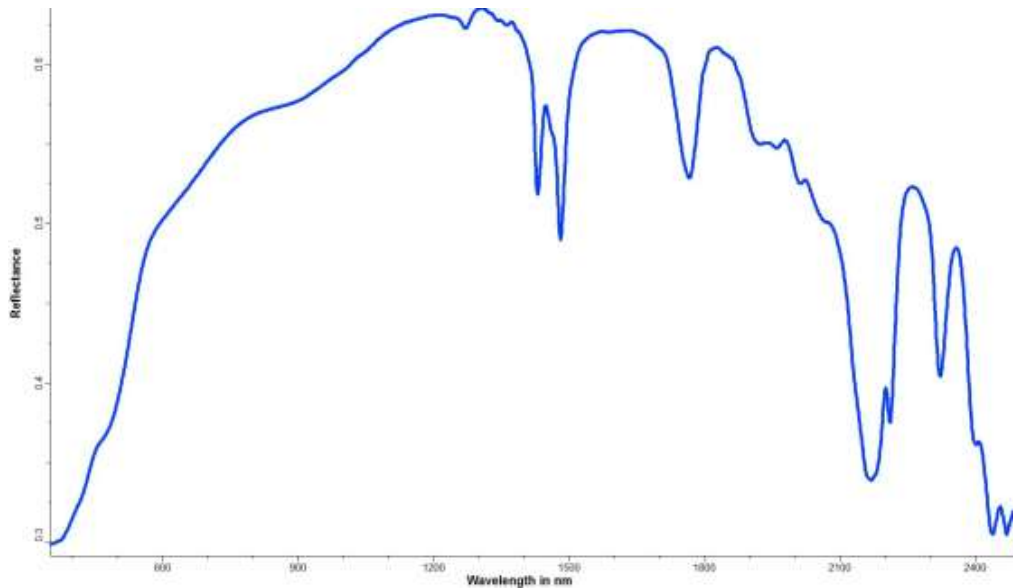


Figura 4.4.- Espectro de minerales de una asociación de alunita potásica en la muestra 30o-RMT-006A de una roca alterada obliterada del Gpo. Barroso.

#### 4.1.31.- SAN GENARO

San Genaro es una mina abandonada ubicada en el distrito y provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 483380 E y 8541625 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Su acceso es desde Castrovirreyna por vía afirmada hasta el pueblo de San Genaro, de allí se tienen trochas que llevan al cerro San Julián que es donde se ubica la mina.

##### Geología local

Esta mina está emplazada en lavas intercaladas con piroclastos verdosos de composición andesíticas, dacíticas y andesitas basálticas, correspondiente a la Formación Caudalosa, en donde también se encuentran intrusivos subvolcánicos en forma de domos (Pantoja, 2013).

Localmente se tiene un cuerpo porfírico de naturaleza dacítica (27m-RMT-016; Fotomicrografía 4.22) que corta a las rocas volcánicas de la Formación Caudalosa (Mapa 07).

##### Alteración hidrotermal y mineralización

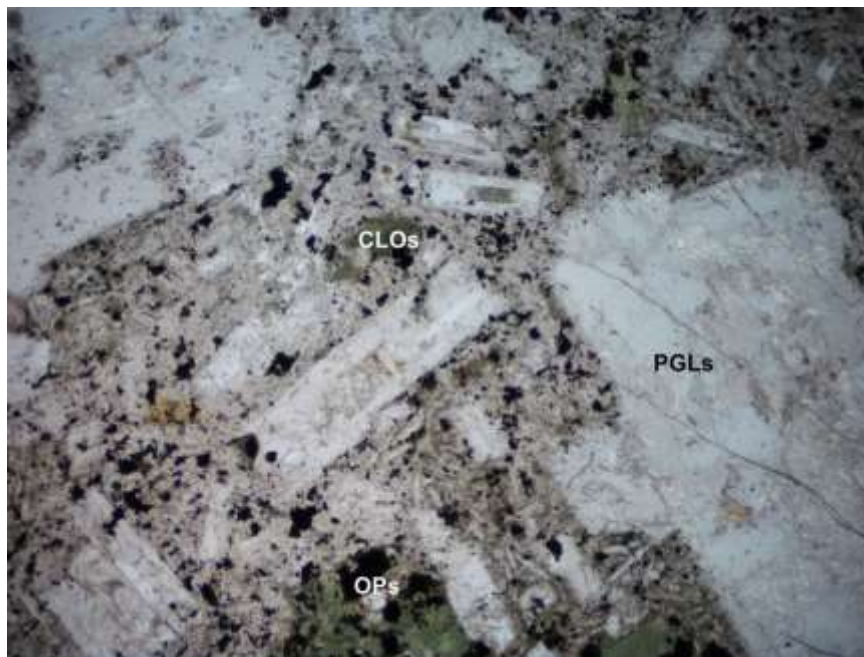
El pórfido dacítico es de color gris verdoso con fenos de feldespatos, y clorita diseminada y en venillas milimétricas (Fotografía 4.34). La alteración abarca una amplia área superficial.

Las vetas contienen metales de Ag, Au, Pb, Zn con pequeñas cantidades de Cu. El 70% del valor del mineral lo constituye la Ag y el Au. Las Reservas Minerales obtenida es de: 2'270,904 TMS, con una ley promedio de 3.73 oz Ag/t. Es en general un yacimiento epitermal, con relleno de fracturas o fisuras de morfología vetiforme del tipo baja sulfatación, edad del Mioceno (Pantoja, 2013).





Fotografía 4.34.- Pórfido dacítico con disseminación de clorita (Muestra 27-m-RMT-016).



Fotomicrografía 4.22.- Cuerpo porfirítico dacítico de la muestra 27m-RMT-016 en sección delgada en nicoles paralelos. Plagioclasa:PGLs; minerales opacos:OPs; cloritas:CLOs

#### 4.1.32.- SAN MARTÍN BETAS

La ocurrencia de San Martín Betas se ubica en el distrito de Huac-Huas, provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 508402 E y 8436788 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-n (Laramate). Su acceso es desde Huac-Huas a través de una trocha carrozable que llega hasta las faldas del cerro Marccacca que donde se ubica la ocurrencia, referenciada en base a la base de datos del Ingemmet.

#### Geología local

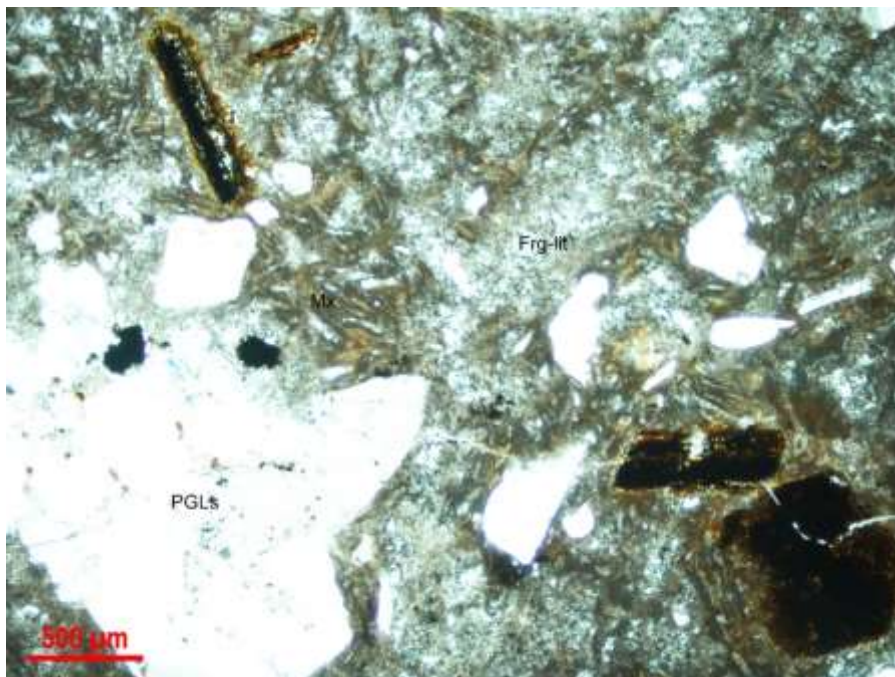
En la zona tenemos a las tobas de la Formación Caudalosa sobreyacida por lavas del Grupo Barroso (Mapa 11). Las tobas se presentan estratificadas con una orientación N130° y buzamiento 5°SO.

### Alteración hidrotermal y mineralización

Se tiene tobas de cristales de composición andesítica con alteración argílica, de escasa extensión superficial mayormente en fenos en la matriz (Fotografía 4.35) y tobas de cristales líticos (29n-RMT-008A; Fotomicrografía 4.23) con presencia de fiames.



Fotografía 4.35.- Toba de cristales argilizada (Muestra 29n-RMT-008).



Fotomicrografía 4.23.- Tobas de cristales de composición andesítica con alteración argílica selectiva de la Fm. Caudal de la muestra 29n-RMT-008A en sección delgada en nicóles cruzados con aumento x4. Plagioclasa: PGLs; fragmentos líticos: Frg-lit

#### 4.1.33.- TIPICANCHA

El prospecto Tipicancha se ubica en el distrito de Sancos, provincia de Huanca Sancos, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 556845 E y 8456449 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-ñ (Hauncapi).

Se parte desde Huanca Sancos por vía afirmada hasta Chuymala, desde allí se toma un desvío con dirección al cerro Chuymala el cual continúa hasta llegar al prospecto.

### **Geología local**

En el área del prospecto se tienen lavas andesíticas porfíricas del Grupo Barroso (Mapa 12), las cuales en un sector han sufrido una alteración hidrotermal, dándole a la roca una textura obliterada con coloraciones pardo amarillentas por efecto de la argilización, silicificación y oxidación (Fotografía 4.36). Las lavas presentan una estratificación que varía de N135° a N205°, y un buzamiento de 18°SO a 5°NO.

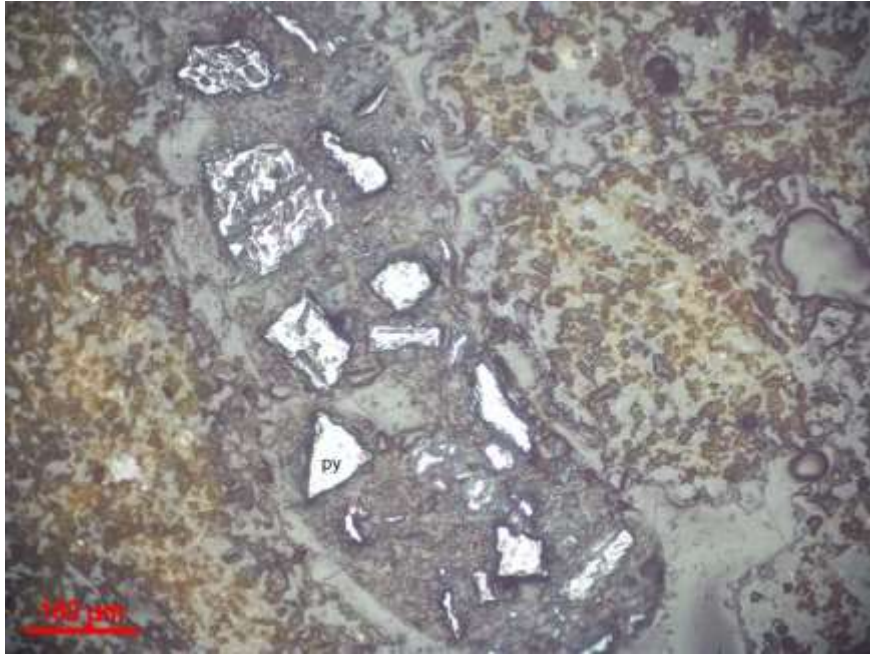
### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Las lavas andesíticas tienen una alteración de escasa extensión superficial, predominantemente argílica, principalmente de cuarzo-alunita afectando mayormente a los fenos de plagioclasa, y en menor grado a la matriz con pirita fina diseminada (28ñ-RMT-004; Fotomicrografía 4.24) y venillas. Estas características nos sugiere un depósito epitermal de alta sulfuración.



Fotografía 4.36.- Roca con textura obliterada producto de la silicificación, argilización y oxidación. El protolito sería una toba de cristales (Muestra 28ñ-RMT-004).





Fotomicrografía 4.24.- Lavas andesíticas con pirita fina disseminada de la muestra 28ñ-RMT-004 en sección pulida con aumento de x20. Pirita:py

#### 4.1.34.- TITIMINAS

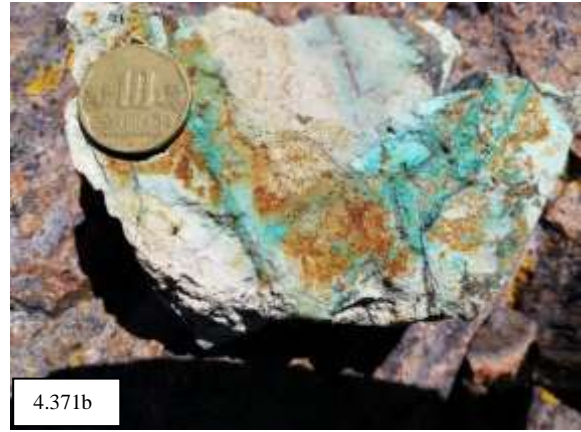
Titiminas es una mina abandonada ubicada en el distrito de Huac huas, provincia de Lucanas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 524978 E y 8449493 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-n (Laramate). Su acceso es desde Huac huas por una trocha carrozable que llega hasta el cerro Titiminas, desde donde sale un ramal hacia el norte que es el lleva a la mina.

##### Geología local

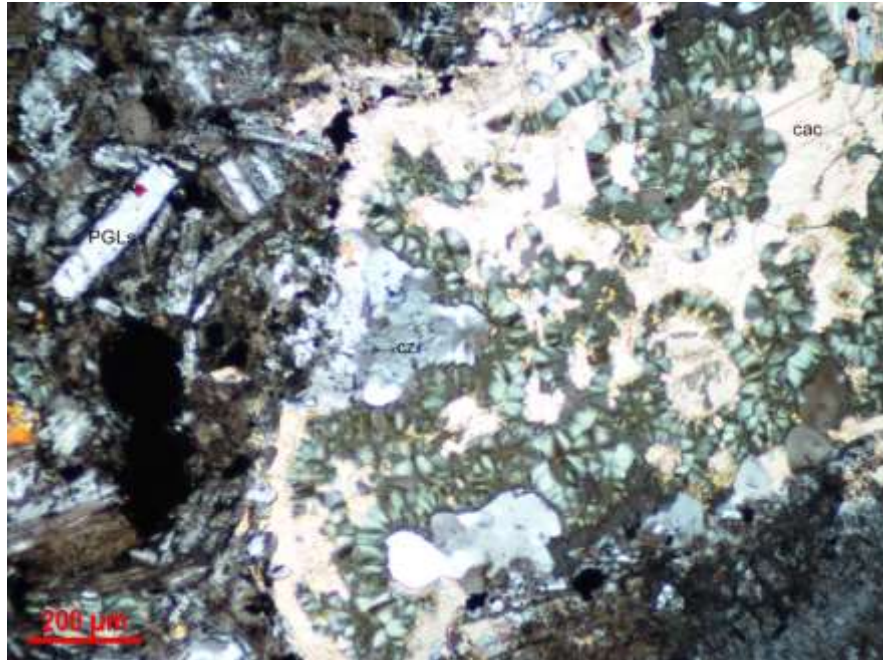
En el área afloran dacitas porfíricas de la Formación Castrovirreyna (Mapa 11), conformada por cristales de feldespatos potásicos, plagioclasas y cloritas (Fotografía 4.37a) con oquedades rellenas de calcita, cuarzo y esferulitas (29n-RMT-011; Fotomicrografía 4.25). Presenta un débil magnetismo.

##### Alteración hidrotermal y mineralización

Se tiene una zona de alteración de un centenar de metros de extensión, constituida por una roca volcánica con moderada silicificación, con agregados de malaquita y óxidos de Fe. La mineralización está relacionada a venillas de bornita, calcopirita, pirita y covelina (Fotografía 4.37b), como se aprecia en una de las labores, con dos fallas las cuales habrían controlado la mineralización. Las fallas tienen una orientación N070° y N080°, con buzamientos de 75°SE y 85°SE respectivamente.



Fotografía 4.37.- (a) Dacita porfírica con fenos de feldspatos y cristales de clorita (Muestra 29n-RMT-011). (b) Roca volcánica argilizada y silicificada con diseminación de clorita y óxidos, cortada por venillas de sulfuros (Muestra 29n-RMT-009).



Fotomicrografía 4.25.- Dacitas porfíricas de la Formación Castrovirreyna con oquedades rellenas de calcita, cuarzo y esferulitas de la muestra 29n-RMT-011 en sección delgada en nicoles cruzados con aumento x10.  
Plagioclasa:PGLs; cuarzo:cz; calcita:cac

#### 4.1.35.- VALERIA

El proyecto Valeria se ubica en el distrito de Chumpi, provincia de Parinacochas, región de Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 642177 E y 8331286 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-o (Coracora). Se accede desde Chumpi por una trocha carrozable la cual cruza la quebrada Yaculloca, pasando por la falda del cerro Airampuyoc, hasta llegar al cerro Maraisira.

#### Geología local

Localmente aflora un crestón de toba de cristales correspondientes al Grupo Barroso (Mapa 04).



### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Las tobas presentan una fuerte alteración filica de cuarzo-sericita, y argílica con presencia de ópalo con hematita y jarosita diseminada (Fotografía 4.38). Presenta escasa extensión superficial.



Fotografía 4.38.- Toba de cristales con alteración de cuarzo-sericita y argílica, con diseminación de hematita y jarosita (Muestra 31o-RMT-006).

## **4.2.- IOCG**

### **4.2.1.- CHEKCHA**

Localizada en el distrito de Quito Arma, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 453135 E y 8498407 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera que va de Pisco a Huaytará y de ahí se toma la carretera que va al distrito de Quito-Arma donde sale una trocha hacia las cercanías del depósito.

#### **Geología local**

Presenta una geología variada: se tiene andesitas y metandesitas grises porfíroides mesócratas con niveles de hornfels denominado Volcánicos María Elena y correlacionadas con la Formación Copara (Grupo Casma) del Cretáceo Inferior en donde se emplaza la ocurrencia (Mapa 07). Le sobreyace en relación no tan clara unas areniscas limosas carbonosas y oxidadas grises de la Formación Sacsaquero (Fotografía 4.39) que pasan a tobas en los niveles superiores (Palacios, 1994).

Las areniscas tienen orientaciones de N160° con 75°SO de buzamiento.

#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se tiene venillas de epidota (Fotografía 4.40) y clorita con niveles de óxido de Fe en las tobas de la Formación Sacsaquero y zonas con vetas de cuarzo con Au y Ag con galena y niveles de cuarzo brechado (Ingemmet, 2018). En parte inferior del depósito sobre la Formación Copara se tienen algunas estructuras vetiformes. Muy escasa extensión superficial de la alteración.



Fotografía 4.39.- Areniscas grises carbonosas de la Fm. Chúlec (Muestra 28m-RMT-016)



Fotografía 4.40.- Venillas milimétricas de epidota en las tobas del Sacsaquero (Muestra 28m-RMT-015)

#### 4.2.2.- CHICULLAY

Localizada en el distrito de Huaytará, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 451246 E y 8483179 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera que sale de Ica a San José de Los Molinos-Ayavi, a medio camino antes de llegar a Tambillos.

##### **Geología local**

La ocurrencia se aloja en pequeños cuerpos intrusivos de dioritas con abundantes máficos de anfíboles de la Superunidad Pampahuasi, con abundante magnetita diseminada, cerca al contacto con la intruyente granodiorita Superunidad Tiabaya (Palacios, 1994), todo dentro de una zona de cizalla frágil-dúctil por falla regional de dirección NE-SO (Mapa 10).

La falla regional de orientación NE-SO de 045° controla el emplazamiento de las ocurrencias de Sitiopata y Chicullay en una zona de cizalla frágil-dúctil.

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Presencia de abundantes vetillas de óxido de Fe en zonas fuertemente diaclasadas (Fotografía 4.41) y vetillas argilizadas de relleno en las dioritas de la Superunidad Pampahuasi, cortados por diques de aplitas sinuosas irregularmente distribuidas cada 2 a 5 m y de 5 cm de grosor. La zona alterada no es muy extensa.

Además de vetas de cuarzo con mineralización de óxido de Cu y mineralizaciones de Au-Ag (Ingemmet, 2018).



Fotografía 4.41.- Vetillas de óxido de Fe en zonas fuertemente diaclasadas.



#### 4.2.3.- DAME LA MANO

Localizada en el distrito de Otoa, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 518659 E y 8394176 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por la carretera Panamericana Sur, tomando el desvío que va a Otoa.

##### **Geología local**

Predominan las rocas ígneas (Mapa 13). El depósito se ubica en rocas subvolcánicas de un cuerpo pórfido andesítico gris de textura afanítica fuertemente alterado siicificado y argilizado, con máficos cloritizados que intruyen al granito de la Superunidad Lucumayo y las granodioritas de la Superunidad Tiabaya (Montoya et al., 1994).

##### **Alteración y mineralización**

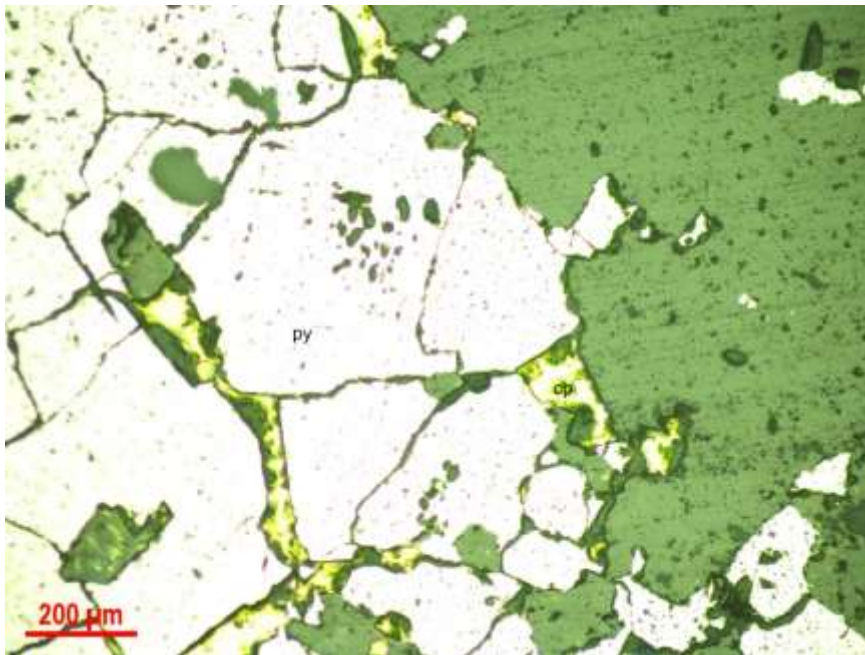
Presenta moderada argilización con presencia de epidota diseminada en el pórfido andesita. También se tiene un mineral de moderado magnetismo. Cortando a las rocas se tiene una veta falla de cuarzo con sulfuros de orientación N300° con 70° NE de buzamiento de movimiento normal-destral (Fotografía 4.42) el cual contiene cuarzo con pirita, calcopirita y trazas de bornita (30n-RMT-043, Fotomicrografía 4.26). En la roca huésped de andesita tiene diseminación de pirita y calcopirita, con venillas milimétricas de pirita. Además una diseminación de epidota en los intrusivos de granito de la Superunidad Lucumayo (Fotografía 4.43).



Fotografía 4.42.- Veta falla de cuarzo con sulfuros de orientación N300° con 70° NO de buzamiento de movimiento normal-destral.



Fotografía 4.43.- Veta falla de cuarzo con pirita, calcopirita y trazas de bornita, presencia de calcosina (Muestra 30n-RMT-043)



Fotomicrografía 4.26.- Veta falla de cuarzo con sulfuros con cuarzo con pirita, calcopirita y trazas de bornita e la muestra 30n-RMT-043 en sección pulida con aumento de x10. Pirita:py; calcopirita:cp

#### 4.2.4.- KJARA KJARA

Localizada en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 545063 E y 8346029 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por dos rutas: una que sale del desvío de la carretera Nazca-Puquio a la altura de Condorcencca por la ruta a Santa Lucía; y otra que sale de la Panamericana Sur, desde el desvío de Poroma, hacia Huaranguillo.



### **Geología local**

Comprende dos unidades geológicas (Mapa 13), los granitos de la Superunidad Tiabaya y le sobreyace las tobas de cristales argilizados y seritizados verdoso del Grupo Nazca (Montoya et al., 1994). Son cortadas por unos diques andesítico paralelas a las fallas donde se han emplazado las estructuras mineralizadas (Fotografía 4.44).

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

En la roca huesped venillas milimétricas de epidota, óxidos de hierro en pátinas y en relleno de fracturas y veta argilizadas. Cortando vetas de Au-Ag con óxidos de Fe con pirita y hematita de 20 cm de grosor, paralelas a los diques andesíticos y cortando a los granitos de la Superunidad Tiabaya. La veta falla tiene orientación N235° con 55° NO de buzamiento. No se aprecia en superficie una gran extensión de la alteración.



Fotografía 4.44.- Veta falla con pirita y hematita ligeramente argilizada de 20 cm de potencia (Muestra 30n-MMT-039)

#### **4.2.5.- MARIA ELENA**

Localizada en el distrito de Huaytará, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 448325 E y 8495699 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera que va de Pisco a Huaytará.

#### **Geología local**

Tenemos andesitas y metandesitas grises porfiroides mesócratas con niveles de hornfels denominado Volcánicos María Elena y correlacionadas con la Formación Copara (Grupo Casma) del Cretáceo Inferior en donde se emplaza la mina (Mapa 07). Le intruyen rocas intrusivas de la Superunidad Incahuasi conformada de granitos, granodioritas, monzonitas y tonalitas (Palacios, 1994).

#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

La mineralización comprende una gran veta de orientación E-O con buzamiento de 45° y una longitud de 650-700 m con esfalerita, galena, pirita, calcopirita a la manera de sulfuros masivos (Fotografía 4.45) con oquedades (28m-RMT-012; Fotomicrografía 4.27) y ganga de cuarzo y calcita, además de vetas con alteración a óxido de Fe todo en una roca hospedante volcánica porfírica de la Fm. Copara. Una falla corta la mineralización hacia el este. No se aprecia una grna extensión de la alteración en superficie.

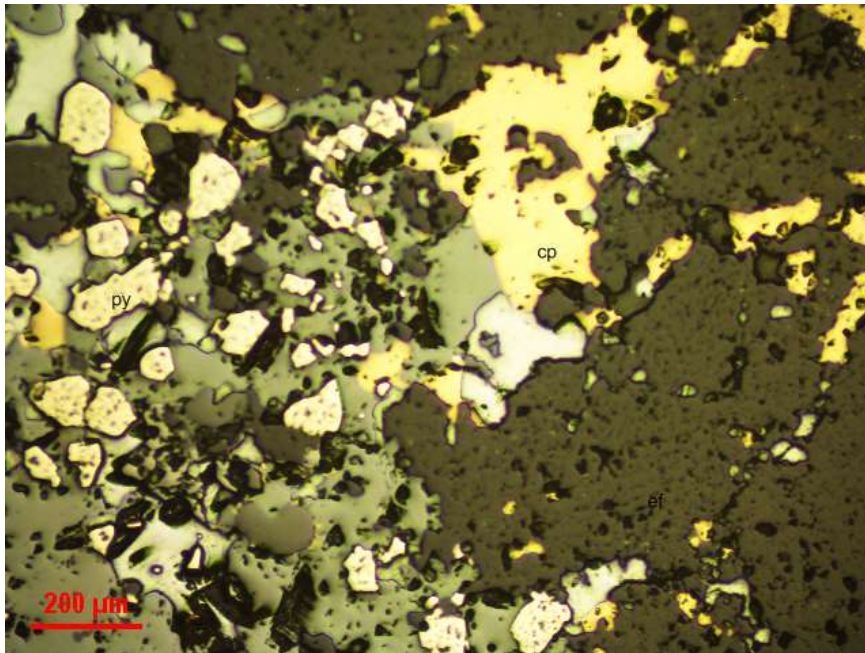
Las leyes de la mina, según comunicación verbal, son 5% de Pb, 46.7 g/t de Ag, 0.7 g/t de Au, 4.5% de Zn, 2 a 1.5% de Cu.

#### **Geoquímica**

Una muestra de mena en veta (28m-RMT-012) registra valores de 14.9% de Pb, 7.89% de Zn, 2.3% de Cu, 157 g/t Ag y 1.1 g/t Au.



Fotografía 4.45.- Veta con esfalerita, galena, pirita, chalcopirita a la manera de sulfuros masivos (Muestra 28m-RMT-012)



Fotomicrografía 4.27.- Veta con esfalerita, galena, pirita, calcopirita como sulfuros masivos y oquedades de la muestra 28m-RMT-012 en sección pulida. Pirita:py; calcopirita:cp

#### 4.2.6.- MATARA

Localizada en el distrito de Huaytará, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 468005 E y 8471263 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera Panamericana que va de Ica a Santiago de Chocorvos.

##### **Geología local**

Se emplaza principalmente en las granodioritas de la Superunidad Incahuasi del Batolito de la Costa (De la Cruz & Jaimes, 2003) y en donde predominan las granodioritas de la Superunidad Tiabaya (Mapa 10).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

En pequeños afloramientos de granodioritas de la Superunidad Tiabaya cortan diques aplíticos con vetillas de epidota en el centro y una veta falla de relleno con hematita, oligisto y cuarzo con malaquita (Fotografía 4.46) que tiene orientación N060° con buzamiento de 70° SE. Vetillas de 0.5 cm en una zona de cizalla de 1.3 m en las granodioritas de la Superunidad Incahuasi. .



Fotografía 4.46.- Veta falla de relleno con hematita, oligisto (Muestra 28m-RMT-028)

#### **4.2.7.- MONTA**

Localizada en el distrito de Tibillo, provincia de Palpa, región Ica. Sus coordenadas UTM son 468005 E y 8471263 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-m (Córdova). Es accesible por la carretera Panamericana Sur entre el tramo entre Ica y Palpa, donde se toma el desvío a Santa Cruz y Tibillo, encontrándose una trocha carrozable cerca de este último distrito (Mapa 14).

#### **Geología local**

El depósito se aloja en algunos afloramientos de la diorita porfírica gris con cristales de plagioclasa, micas de la Superunidad Incahuasi (De la Cruz & Jaimes, 2003b). En algunos sectores del interior de la mina se aprecia facies de pórfido diorita.

#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

La veta tiene un rumbo N190°, con buzamiento 10°NO. Se aprecian zonas de falla de cizalla con relleno de sulfuros y carbonatos. Las vetas son cimoides y cortan a una diorita porfírica de la Superunidad Incahuasi. Se aprecia zonas de cizalla en las zonas de intersección de fallas con orientación N220° con 40° NO de buzamiento.

La roca hospedante está cortada por venillas milimétricas de clorita con diseminación de pirita y calcopirita. Presencia de óxido de Cu. La zona de alteración alcanza los centenares de metros.

La veta contiene pirita, calcosina, esfalerita, pirrotita y magnetita en bandas (29m-MMT-019; Fotografía 4.47; Fotomicrografía 4.28). Vetillas de 5 a 20 cm en una extensión de 2 m.



Los resultados de las inclusiones de fluidos muestran temperaturas de homogenización de entre 255 a 510°C y salinidad entre 2.07 y 38.95%eq. peso NaCl, estas características de los fluidos indican una evolución de un sistema tipo greisen o cercana a los IOCG (Figura 4.5).



Fotografía 4.47.- Veta falla de relleno con hematita, oligisto (Muestra 29m-MMT-019)

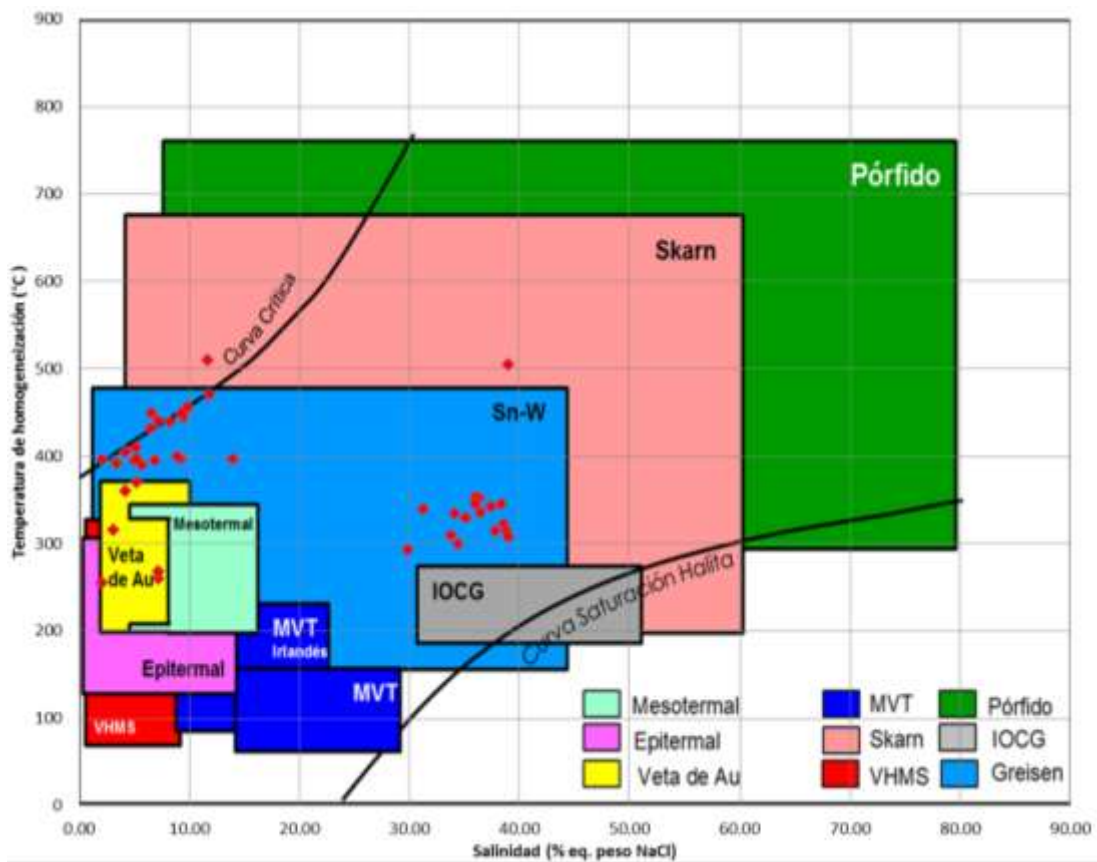
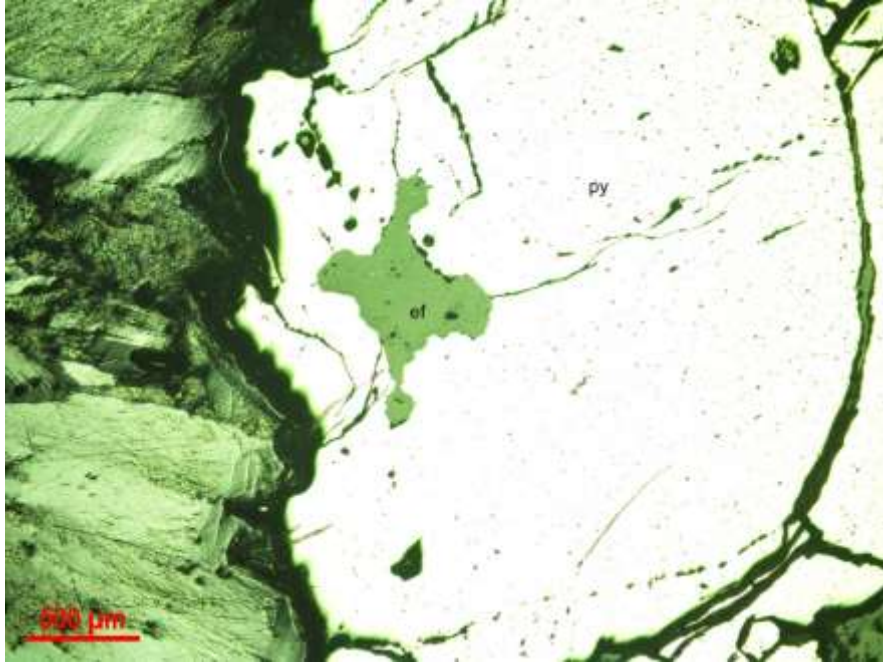


Figura 4.5.- Diagrama de Temperatura de homogeneización vs. Salinidad, modificado de Wilkinson (2001), de una veta de cuarzo ahumado con sulfuros de la muestra 29m-RMT-019B, que muestra características de fluidos de una evolución de un sistema tipo greisen o cercana a los IOCG



Fotomicrografía 4.28.- Veta falla con pirita, calcosina, esfalerita, pirrotita y magnetita en bandas de la muestra 29m-MMT-019. en sección pulida con aumento de x4. . Pirita:py; esfalerita:ef

#### 4.2.8.- NINA CCACA

Localizada en el distrito de Córdova, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 483432 E y 8447864 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-m (Córdova). Es accesible por la carretera que sale de Ica a Córdova, y desde ahí una carretera que va hacia Huachojayco, de donde sale un camino de herradura a la ocurrencia mineral (Mapa 05).

#### Geología local

Se emplaza en las granodioritas de la Superunidad Incahuasi, que comprenden monzodiorita blanquecina, con textura granular, cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y anfíboles biotizándose (29m-RMT-017; Fotografía 4.48; Fotomicrografía 4.29). En las zonas superiores se encuentran tonalitas de la Superunidad Pampahuasi. Y todo recubierto por las tobas y brechas de la Formación Castrovirreyna (Dávila, 1993).

#### Alteración hidrotermal y mineralización

En las inmediaciones se ha encontrado zonas con alteración de feldespato potásico y vetillas de magnetita, óxido de Fe y hematita y una veta de cuarzo, magnetita, pirita y óxido de Fe (hematita), de 20 - 30 cm. de espesor (29m-RMT-016, Fotografía 4.49) con una orientación de N090° con un de 70°NE en la roca huésped de granodioritas de la Superunidad Incahuasi. La zona de alteración no se aprecia debido a la abundante cobertura vegetal.

Superficialmente trazas de malaquita y azurita se presentan en la granodiorita equigranular de grano grueso de la Superunidad Incahuasi.

#### Geoquímica

Una muestra de veta (29m-RMT-016) registran valores interesante de 0.5% de Cu.

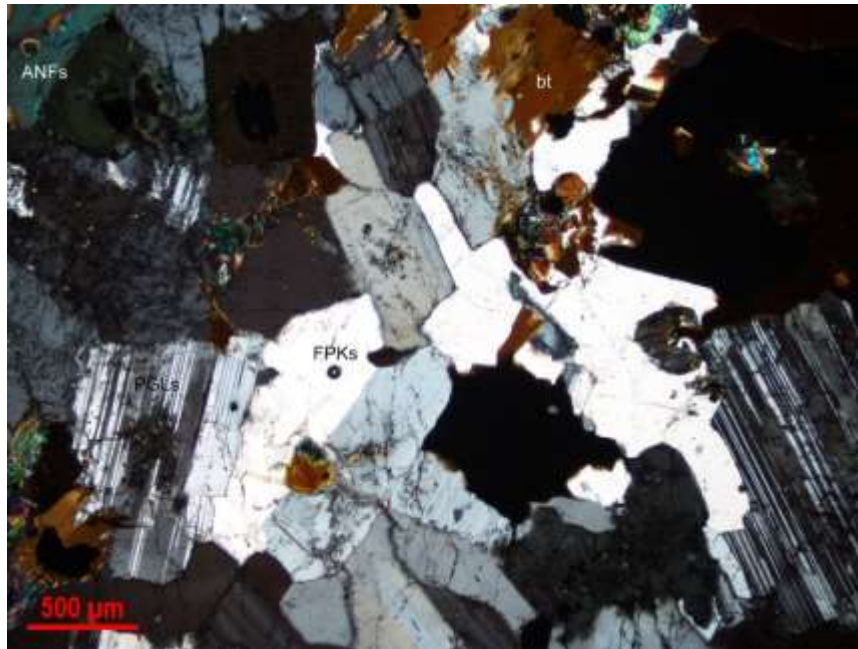


Fotografía 4.48.- Monzodioritas blanquecinas, con textura granular, cristales de plagioclasa, cuarzo y abundantes micas (Muestra 29m-RMT-017)



Fotografía 4.49.- Veta de cuarzo, magnetita, pirita y óxido de Fe (Muestra 29m-MMT-016)





Fotomicrografía 4.29.- Monzodiorita blanquecina de la Superunidad Incahuasi con textura granular, cristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y anfíboles biotizándose de la muestra 29m-RMT-017 en sección delgada en nicoles cruzados con aumento x4. Plagioclasa:PGLs; feldespto potásico:FPKs; anfíboles:ANFs; biotita:bt

#### 4.2.9.- SAN CRISTOBAL

Localizada en el distrito de Ocaña, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 502126 E y 8405538 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-n (Laramate). Es accesible por la carretera de Palpa a Ocaña, ubicada a medio camino de distancia (Mapa 11).

##### Geología local

Predominan las granodioritas de la Superunidad Tiabaya, que en la zona de la ocurrencia son monzodioritas, que cortan a las areniscas de la Formación Labra del Grupo Yura, que comprende lutitas gris oscuras pizarrosas intercaladas con niveles de cuarcitas gris claras a blanquecinas de grano medio (Atencio & Raymundo, 2003)

##### Alteración y mineralización

Se tiene una estructura vetiforme de 1-1.5 m de grosor de orientación N160° con 70° SO de buzamiento (Fotografía 4.50) en las granodioritas de la Superunidad Tiabaya, la cual se encuentra obliterada con alteración potásica. Presenta además malaquita, crisocola, magnetita, biotitas cloritizadas de 40-50 cm (29n-RMT-002; Fotomicrografía 4.30). Esta zona de alteración de poca extensión superficial, envuelve la estructura vetiforme con un halo de 1 m de grosor. Asimismo, tenemos venillas de cuarzo, magnetita y biotita de 1 cm. La estructura vetiforme contiene óxido de Fe con arcillas y con venillas de cuarzo-magnetita (29n-RMT-003, Fotografía 4.51) y con zonas de presencia de mineralización de Cu (Ingemmet 2018).

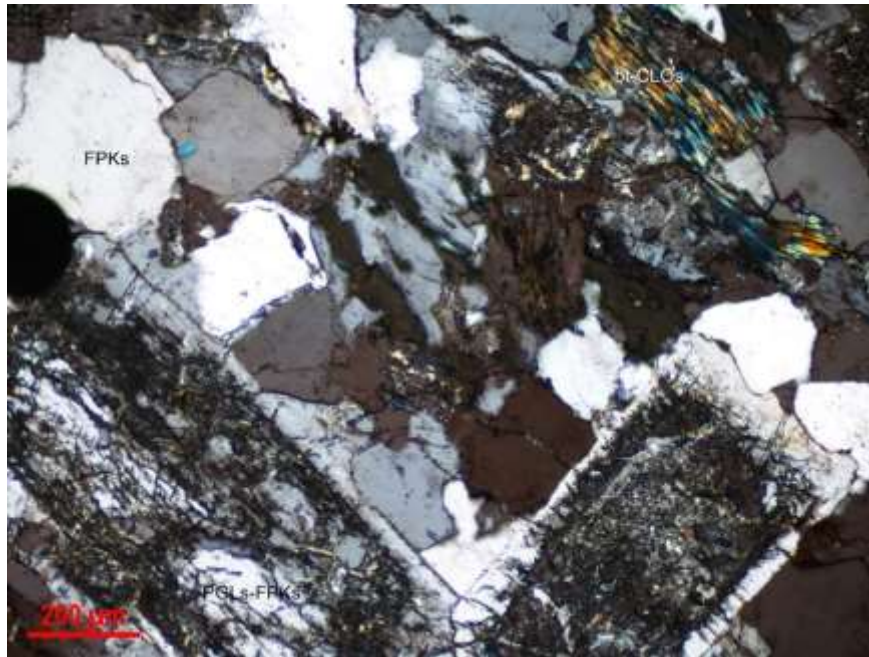




Fotografía 4.50.- Estructura vetiforme de 1-1.5 m de grosor de orientación N160° con 70° SO de buzamiento



Fotografía 4.51.- Estructura vetiforme de óxido de Fe con arcillas y con venillas de cuarzo-magnetita (Muestra 29n-RMT-003).



Fotomicrografía 4.30.- Estructura vetiforme de 1-1.5 m de grosor de orientación  $160^\circ$  con  $70^\circ$  de buzamiento en las granodioritas de la Superunidad Tiabaya, la cual se encuentra obliterada con alteración potásica con malaquita, crisocola, magnetita, biotitas cloritizadas de 40-50 cm de la muestra 29n-RMT-002 en sección delgada en nicoles cruzados con aumento x10. Feldespto potásico:FPKs; Plagioclasas:PGLs; cloritas:CLOs; biotita:bt

#### 4.2.10.- SITIOPATA

Localizada en el distrito de Huaytará, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 453230 E y 8484170 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera que sale de Ica a San José de Los Molinos-Ayavi, a medio camino antes de llegar a Tambillos (Mapa 10).

##### Geología local

Predominan las rocas intrusivas de un cuerpo pórfido granular relacionado con las granodioritas que gradan a tonalitas de la Superunidad Tiabaya. Cerca tenemos afloramientos de lavas andesíticas color gris negruzco bastante alterados de la Fm. Copara y roca afanítica obliterada y silicificada de las calizas gris azulinas de la Formación Chúlec (De la Cruz & Jaimes, 2003).

##### Alteración hidrotermal y mineralización

La veta falla de material brechado y arcilloso que tiene orientación de  $N352^\circ$  con  $82^\circ$  NE de buzamiento con presencia de panizo de 2 a 3 cm con venillas de cuarzo en una roca hospedante con epidota, crisocola y calcita (28m-RMT-004; Fotomicrografía 4.31), con óxido de Fe en pátinas y en fracturas (Fotografía 4.52) y en partes silicificada (28m-RMT-001) y argilizada (28m-RMT-002). Además zonas con venillas craqueladas de hematita, goethita y algo de magnetita (28m-RMT-003, Fotografía 4.53), todo bastante diaclasado en el cuerpo pórfido granito. La extensión superficial de la alteración es de más de 100 m.

##### Geoquímica

Una muestra de roca (28m-RMT-001) registra un valor de 1% de Cu y una venilla propilitizada (28m-RMT-003) 1.5% de Cu.

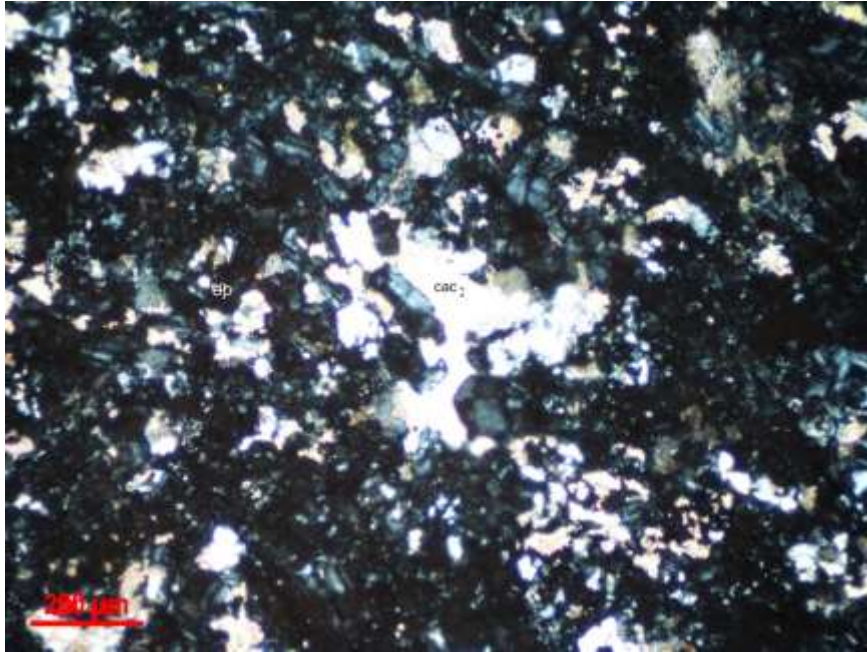




Fotografía 4.52.- Roca hospedante con clorita y epidota y en partes silicificada (Muestra 28m-RMT-004).



Fotografía 4.53.- Venillas craqueladas con venillas de hematita, goethita y algo de magnetita (Muestra 28m-RMT-003).



Fotomicrografía 4.31.- Una roca hospedante con epidota, crisocolay calcita de la muestra 28m-rmt-004. Calcita: cac; epidota:ep.

#### 4.2.11.- TAMBO QUEMADO

Localizada en el distrito de Leoncio Prado, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 530550 E y 8367433 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por un desvío de la carretera Nazca-Puquio hacia la zona de Ronquillo donde se ubica la ocurrencia (Mapa 13).

##### **Geología local**

La ocurrencia se aloja en las granodioritas de la Superunidad Tiabaya (Montoya et al., 1994) que intruyen a las areniscas cuarzosas y areniscas en estratos medianos a gruesos con estratificación cruzada y festonada, interestratificada con pelítas (De la Cruz & De la Cruz, 2003). Sobreyaciendo tenemos a las tobas líticas soldadas gris claras a cristalolíticas del Grupo Nazca (De la Cruz & De la Cruz, 2003). Algunas estructuras de diaclasas tienen una orientación de N210° con 35° NO de buzamiento.

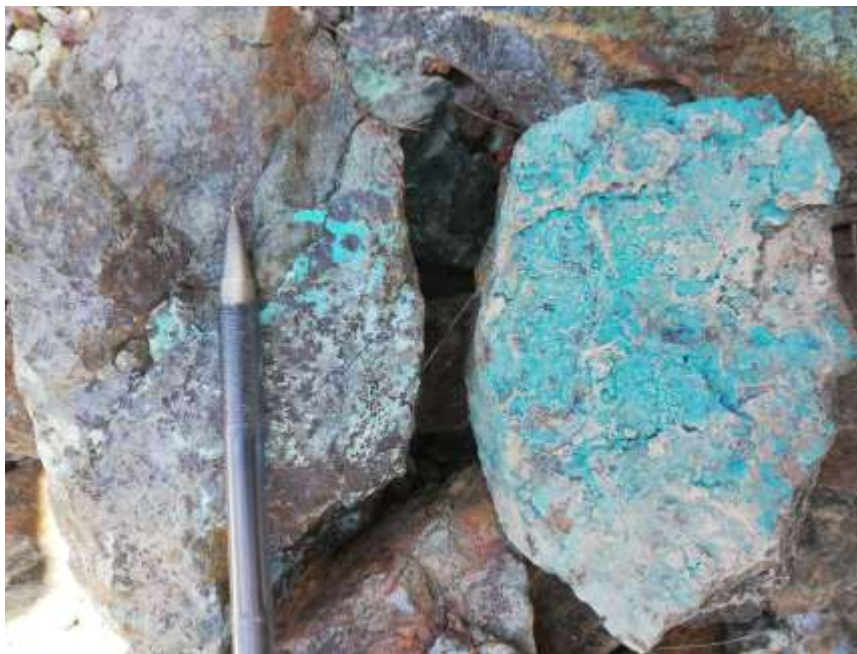
##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Granodiorita de la Superunidad Tiabaya con abundante feldespato potásico (30n-RMT-037, Fotografía 4.54) de aparente alteración hidrotermal, cortadas por vetas de cuarzo y sulfuros en una roca silicificada con textura obliterada, masivo gris oscura, cortada por venillas de 0.5 cm de cuarzo, malaquita, crisocola, óxidos de Fe (30n-RMT-038, Fotografía 4.55) . Presencia de mineralización de cobre en forma masiva con óxidos de Fe en pátinas





Fotografía 4.54.- Granodiorita alterada con abundante feldespato potásico (Muestra 30n-RMT-037).



Fotografía 4.55.- Veta de cuarzo y sulfuros en una roca silicificada con textura obliterada, masivo gris oscura, cortada por venillas de 0.5 cm de cuarzo, malaquita, crisocola, óxidos de hierro (Muestra 30n-RMT-038).

### **4.3.- Pórfidos**

#### **4.3.1.- CANDELARIA**

Ubicada en el distrito de Santa Ana, provincia de Castrovirreyna, región de Huancavelica. Sus coordenadas UTM: 480886 E y 8542737 N, Datum WGS84, zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Es actualmente una mina abandonada.

#### **Geología local**

Geológicamente se emplaza en las tobas y lavas de la Formación Castrovirreyna.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Es un depósito tipo Pórfido Cu-Mo con contenido metálico de Cu, Mo, adicionalmente se menciona Au. Estructuralmente, se encuentra sistema de fallas Chonta. La asociación de minerales de alteración comprende sericita, cuarzo, pirita. La zona alterada superficial es relativamente extensa.

### **4.3.2.- INCASOL CAPILLAS**

Localizada en el distrito de Arma, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 441787 E y 8528072 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-I (Tantará). Es accesible por la carretera Chincha-Huancavelica, de donde sale una carretera a la altura de Marcas hacia Casillas en donde se encuentra el proyecto.

### **Geología local**

Predominan rocas intrusivas y volcánicas. Se tiene a las rocas volcánicas de la Formación Tantará con lavas andesíticas y dacíticas porfíricas y afaníticas. Sobreyace discordantemente el Grupo Sacsaquero de toba de cristales de composición andesítica soldadas y redepositadas intercaladas con areniscas y niveles de limolitas. A todas estas las intruye unos cuerpos intrusivos que en la zona afloran como un pórfido dacítico (Fotografía 4.56) relacionada a las granodioritas de la Superunidad Tiabaya.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

En el pórfido dacítico se observan algunas vetillas de óxido de Fe y cuarzo de orientación N250° con 80° NO de buzamiento (27I-RMT-004). Se observa clorita en trazas (27I-RMT-004).

En la zona tenemos una brecha de veta-falla de textura obliterada y fuertemente craquelada con numerosas venillas de óxido de Fe y estructuras silíceas buzamiento (27I-RMT-003, Fotografía 4.57) en el pórfido dacítico.

### **Geoquímica**

Una muestra de brecha (27I-RMT-003) registra valores de 2.2 g/t Au.



Fotografía 4.56.- Intrusivo de pórfido dacita con clorita en trazas cortando a las granodioritas de la Superunidad Tiabaya



Fotografía 4.57.- Brecha de veta-falla de textura obliterada y fuertemente craquelada con numerosas venillas de óxido de Fe y estructuras silíceas buzamiento (Muestra 271-RMT-003).

#### **4.3.3.- PUQUIO**

Localizada en el distrito de Santiago de Chocorvos, provincia de Huancavelica, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 459674 E y 8464646 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera de Ica a Santiago de Chocorvos, que de la altura de Huairaccancha sale una carretera afirmada hacia Puquio (Mapa 10).

##### **Geología local**

Como basamento tenemos a las areniscas cuarzosas y cuarcitas grises de la Fm. Labra del Grupo Yura, intruida por las granodioritas de la Superunidad Tiabaya que en la ocurrencia muestra facies de un cuerpo pórfido monzodiorita (De la Cruz & Jaimes, 2003). Le sobreyace la secuencia volcánico-sedimentaria del Grupo Casma, localmente denominada como volcánicos Quilmaná, comprende areniscas y lutitas intercaladas con lavas andesíticas.

Localmente se define como Intrusivo Puquio (Rivera, 2006) que comprende a las tonalitas y granodioritas del Tiabaya, una Diorita Equigranular Precursora, Pórfido Temparno de cuarzo-plagioclasa-horblenda-biotita (QPHB) datado en 76 MA y otros cuerpos menores de andesita porfírica, pórfido tardimineral de plagioclasa-horblenda-cuarzo (PHQ) y dique félsico.

##### **Alteración y mineralización**

La zona de alteración es de 7.5 x 5 km, incluye una zona potásica central, una envolvente filica al sureste rodeada por una periférica propilítica. Brechas se emplazan al sureste del área de estudio, comprenden las freáticas con sericita y vetillas de óxido de Fe en stockworky las silíceas con alteración argílica (Rivera, 2006).

El sistema de fallas mineralizados comprende: sistema NO-SE predominante, sistema NE-SO posterior a los intrusivos y sistema N-S casi ausente (Rivera, 2006). Se encontró abundante vetilleo de cuarzo con sulfuros de direcciones N196° con buzamiento vertical y de N286° con 82° NE de buzamiento. Un segundo sistema de vetilleo con cuarzo y magnetita tiene N025° con buzamiento de 20° SE, en una roca hospedante de roca intrusiva con pirita en agregados



diseminados con moderada cloritización. En la zona primaria se aprecian venillas de cuarzo-pirita, cuarzo-pirita-óxido de Fe, cuarzo-óxido de Fe como jarosita-goethita-hematita (Fotografía 4.58) y clorita de 2 a 5 mm, también en el hospedante pórfido monzogranito se tiene pirita en agregados y óxido de Fe con relleno de fracturas, en pátinas y desiminaciones. La pirita es fina y cristalizada, en algunos sectores oxidada (28m-RMT-006, Fotografía 4.59). Además, se encontró un dique de un pórfido dacítico con disseminación de pirita y calcopirita, cortada por venillas de cuarzo con sulfuros y cuarzo con magnetita (28m-RMT-007, Fotografía 4.60; Fotomicrografía 4.32) dentro del mismo hospedante pórfido monzogranito. Se ha encontrado también molibdenita en las inmediaciones de los diques (Ingemmet 2018). Mientras en la zona de óxidos tenemos atacamita, calcantita, tenorita, brocantita y malaquita, encontrándose zonas con "pitch de cobre" caracterizada por contener mezclas de óxidos de cobre, Fe y manganeso (Rivera, 2006).

### **Geoquímica**

En superficie se observan anomalías importantes de cobre y molibdeno con valores de 225 a 26,700 ppm de Cu y 9 a 781 ppm de Mo. El oro es errático en la zona potásica, filica y propilítica, la gran mayoría de las muestras dan valores de trazas, aunque se registran ocasionalmente valores puntuales de hasta 489 ppb de Au. Los valores anómalos de plata en superficie son comúnmente entre 0.35 ppm a 1 ppm y llegan hasta 421 ppm de Ag (Rivera, 2006).

La edad de alteración y mineralización del prospecto Puquio ha sido datada en sericita y biotita hidrotermal por el método Ar/Ar en 76 Ma y por lo tanto, el sistema porfirítico es de edad Cretácea, relacionándose geológicamente con otros prospectos tipo pórfido de Cu-Mo que conforman la franja "Lara-Puquio-Los Pinos", que se extiende desde el valle del río Cañete hasta el noroeste de Ayacucho (Rivera, 2006).



Fotografía 4.58.- Venillas de cuarzo-óxido de Fe cortando el pórfido monzodiorita.

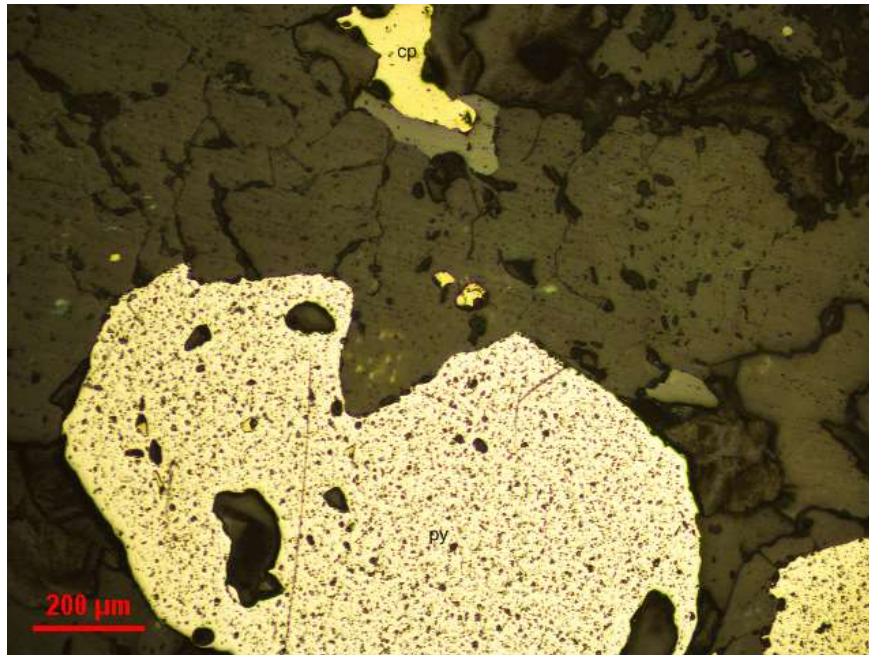




Fotografía 4.59.- Pirita en agregados y óxido de Fe con relleno de fracturas y en pátinas. La pirita es fina y cristalizada, en algunos sectores oxidada (Muestra 28m-RMT-006).



Fotografía 4.60.- Dique de dacita porfírica con disseminación de pirita y calcopirita (Muestra 28m-RMT-007).



Fotomicrografía 4.32.- Diseminaciones de pirita y calcopirita en dique de un pórfido dacítico (muestra 28m-RMT-007 en sección pulida. Pirita:py; calcopirita:cp.

#### 4.3.4.- LARA

Se ubica en el distrito de Laramate, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM: 501317E, 8410277N, Datum WGS84, zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-n (Laramate). Se accede por la carretera que sale de Palpa y Río Grande de Ica. Actualmente es un prospecto minero.

##### Geología local

El Pórfido de cobre Lara se encuentra en el flanco Pacífico de la Cordillera Occidental (Mapa 11) y la mineralización está alojada en una cuarzomonzonita que intruye a la granodiorita y granitos de la Superunidad Tiabaya (78-80 Ma, Mukasa, 1985), cortados a su vez por porfidos y diques andesíticos y dacíticos. Las principales fallas tienen dirección NO-SE, y algunos pliegues de la misma dirección principalmente en las sobreyacentes tobas del Grupo Nazca (Acosta, 2007).

##### Alteración hidrotermal y mineralización

La alteración filica ocupa la mayor parte del depósito y presenta vetillas de cuarzo-pirita y cuarzo-calcopirita-calcopirita (Fotografía 4.61). En el centro, la alteración potásica aflora puntualmente con vetillas cuarzo-feldespato potásico. En profundidad se han reconocido vetillas de biotita-magnetita-calcopirita, y cuarzo-pirita-calcopirita con halo de biotita (Acosta, 2007).

La mineralización hipógena en sulfuros primarios de magnetita-calcopirita-pirita se asocia a la alteración de feldespato potásico; mientras en la parte propilítica se tiene pirita y en menor cantidad calcopirita y magnetita diseminada y en vetillas. Para el enriquecimiento secundario, se tiene una capa de 14 a 28 m de espesor con Cu en 0.5%, como finas manchas de calcosita reemplazando calcopirita. Finalmente en la zona de óxidos de Cu tenemos fracturas rellenas de malaquita, azurita, asociada a la zona lixiviada de óxidos de Fe como jarosita y goethita (Acosta, 2007).

Los estudios de inclusiones de fluidos muestran que la mineralización asociada a la alteración potásica alcanzó temperaturas cerca de 500°C y salinidades entre 25 y 50%p NaCl eq. Sin embargo, en la alteración cuarzo sericitita la temperatura de las soluciones hidrotermales estuvieron entre 470°C y 270°C con salinidades de 26 a 5 %p NaCl eq. (Acosta, 2007).

El potencial geológico minero se estima para la zona de enriquecimiento en 20 Mt con una ley promedio de 0,5 % de Cu. La datación de 77.48 Ma en sericita por el método  $Ar^{40}/Ar^{39}$  en el pórfido de cobre Puquio (Rivera, 2006), ubicado al NO de Lara, sugiere una edad similar para la alteración cuarzo-sericita del pórfido de cobre Lara.



Fotografía 4.61.- Vetillas de cuarzo, cuarzo pirita, cuarzo calcopirita en la granodiorita de la Superunidad Tiabaya.

#### **4.4.- Relacionado a Intrusivos**

##### **4.4.1.- ANDAYMARCA**

Localizada en el distrito de Santiago de Chocorvos, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 463473 E y 8460711 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Huancavelica). Es accesible por la carretera Panamericana Sur hasta la ciudad de Ica, desde donde se toma una carretera a Santiago de Chocorvos, estando Andaymarca a medio camino (Mapa 10).

##### **Geología local**

El depósito de Andaymarca se aloja en los volcánicos de andesitas porfíricas gris verdosas (Fotografía 4.62) con fenos de plagioclasas relacionados con la Superunidad Pampahuasi (Palacios, 1994) e intruidas por las granodioritas de la Superunidad Tiabaya (Palacios, 1994).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Roca hospedante obliterada propilitizada y argilizada de aparente andesitas porfíricas gris verdosas de la Superunidad Pampahuasi. Escasa extensión superficial de la zona de alteración.

vetas de cuarzo con óxido de Fe (con magnetita predominante, hematita, jarosita), bornita y azurita, (Fotografía 4.63) con orientación de  $N060^\circ$  con buzamientos de  $80^\circ$  SE.

Los resultados de los estudios de inclusiones de fluidos de la muestra 28m-RMT-029 dieron una temperatura de homogenización de entre 160 a  $450^\circ\text{C}$  y salinidad de entre 0.88 y 22.38 %eq. peso NaCl, estas características de los fluidos indican una evolución de un sistema tipo epitermal a mesotermal, que por sus características geológicas correspondería a este último tipo de depósito (Figura 4.6).





Fotografía 4.62.- Andesitas porfíricas de subvolcánico asociado a la Superunidad Pampahuasi (Muestra 28m-RMT-031)



Fotografía 4.63.- Veta cuarzo y óxido de Fe (Muestra 28m-RMT-029)



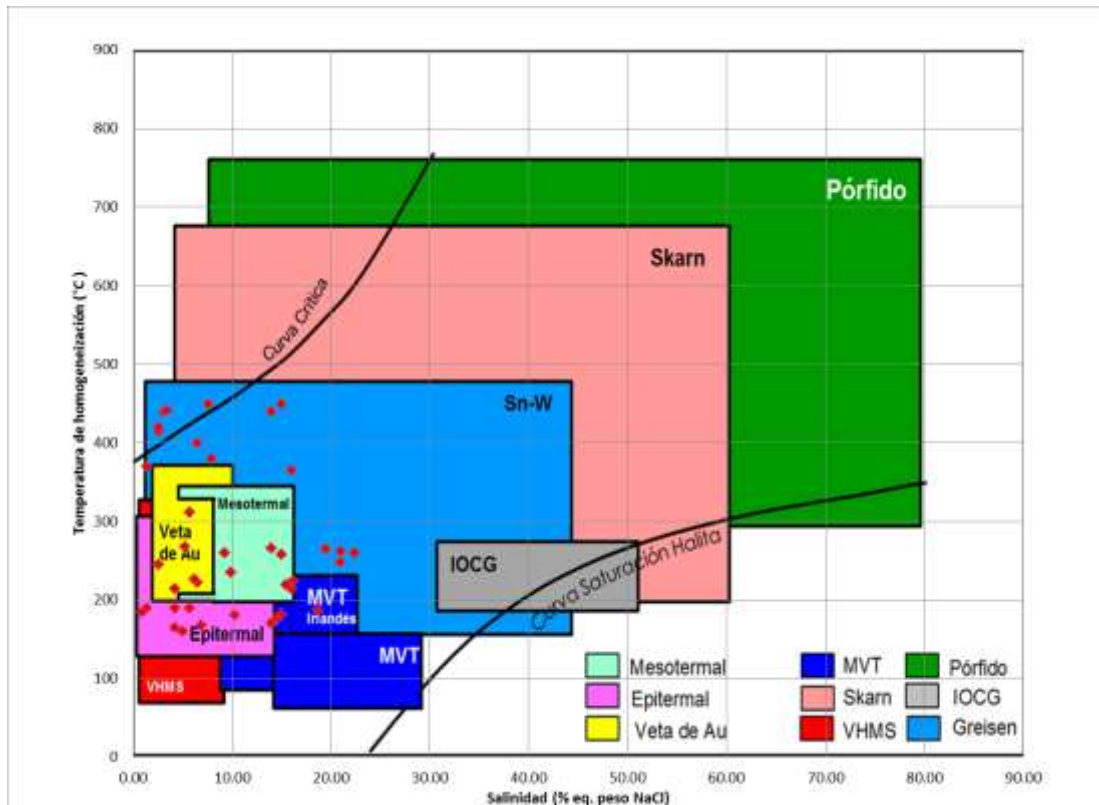


Figura 4.6.- Diagrama de temperatura de homogeneización vs. Salinidad, modificado de Wilkinson (2001), de una veta de óxido de Fe con cuarzo y sulfuros de la muestra 28m-RMT-029, que por las características de los fluidos indican una evolución de un sistema tipo epitermal a mesotermal

#### 4.4.2.- QUILCA

Localizada en el distrito de San Cristóbal, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 586866 E y 8355926 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-ñ (Puquio). Es accesible desde la carretera Nazca-Puquio, desde donde se toma el desvío al distrito de San Cristóbal, en el que antes de llegar se toma unas trochas al sur para la ocurrencia.

##### Geología local

En la zona predominan las granodioritas de la Superunidad Incahuasi, que presenta facies de leucogranitos con xenolitos (30ñ-RMT-009, Fotografía 4.63), en donde se aprecia niveles de limolitas negras lenticulares, correlacionables con la Formación. Hualhuani (Montoya et al., 1994)

##### Alteración hidrotermal y mineralización

La roca limolítica de la Formación Hualhuani de color mate presenta fuerte oxidación, forma lenticular y magnetita (30ñ-RMT-011, Fotografía 4.64).



Fotografía 4.64.- Granodiorita con xenolitos (Muestra 30ñ-RMT-009) de la Superunidad Incahuasi.



Fotografía 4.65.- Arenisca gris con fuerte oxidación, forma lenticular y magnetita (Muestra 30ñ-RMT-011).

#### **4.4.3.- SAN FERNANDO**

Localizada en el distrito de San Cristóbal, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 513266 E y 8387700 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por la carretera El Ingenio a Otoa, en donde a medio camino se encuentra la ocurrencia San Fernando.

### **Geología local**

Destaca la litología de sienogranito con máficos de anfíboles y magnetita de la Superunidad Tiabaya que intruye a las areniscas cuarzosas y areniscas en estratos medios de la Formación Labra (Montoya et al., 2018). Se cuenta también con tobas de cristales más recientes que la Superunidad Tiabaya (De la Cruz & De la Cruz, 2003) probablemente del Grupo Nazca.

### **Alteración y mineralización**

En la roca hospedante de sienogranito de la Superunidad Tiabaya se tiene disseminaciones óxido de Fe y clorita cortada por vetillas de cuarzo también con óxido de Fe y clorita de 0.5 a 6 cm de grosor (30n-RMT-031, Fotografía 4.66) con orientación  $300^{\circ}$  con  $90^{\circ}$  de buzamiento. .

### **Geoquímica**

Una muestra de veta (30n-RMT-031) nos dio un valor interesante de 1.6 g/t Au.



Fotografía 4.66.- Vetillas de óxido de Fe, cuarzo y clorita de 0.5 a 6 cm de grosor (Muestra 30n-RMT-031).

#### **4.4.4.- SARAMARCA**

Localizada en el distrito de Ocaña, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 493594 E y 8396578 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por la carretera Palpa a Ocaña, a medio distancia en donde se ubica la antigua mina de Samarca (Mapa 14).

##### **Geología local**

La ocurrencia se emplaza en una serie de litologías de intrusivo pórfido monzodiorita con ligero metamorfismo y presencia de anfíboles biotizados de la Superunidad Tiabaya, que intruye a las areniscas cuarzosas y cuarcitas de la Formación Labra (De la Cruz & De la Cruz, 2003).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Veta falla con orientación N246° y buzamiento de 50° NO. Sin embargo, existen estructuras polidireccionales extensionales (Fotografía 4.67) con una orientación de N245°, 20° NO de buzamiento y N296°, 70° NE de buzamiento y una estructura vetiforme de relleno de panizo y con óxido de Fe y calcita con grosores de 1 mm a 0.5 cm todo en un pórfido granodiorítico (30m-RMT-012) de la Superunidad Tiabaya. Lo pliegues se encuentran abiertos con buzamientos en general de 30° a 50° (Samamé, 1981).

. La mineralización en Au y Cu (Ingemmet, 2018) se muestra en vetas con contenido aurífero con un control que sigue el contacto entre intrusivo con las areniscas de la Formación Labra



Fotografía 4.67.- Veta falla de estructuras polidireccionales extensionales en granodioritas (Muestra 30m-RMT-009)

#### **4.5.- Skarn**

##### **4.5.1.- IRMA NÉLIDA**

Localizada en el distrito de Río Grande, provincia de Palpa, región Ica. Sus coordenadas UTM son 482259 E y 8409811 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-m (Córdova). Es accesible por la carretera de Palpa a Ocoyo, donde la ocurrencia se ubica en una quebrada a medio camino (Mapa 14).



### **Geología local**

Se tiene una variada geología. Comprende un basamento de cuarcitas fuertemente silicificadas de la Formación Labra, le sobreyacen calizas finamente laminadas correlacionadas con la Formación Pariatambo, todas intruidas por rocas granodioríticas de la Superunidad Tiabaya (De la Cruz & Jaimes, 2003). Las calizas micríticas silicificadas de la Fm. Pariatambo, presentan una textura grainstone a packstone (29m-MMT-013, Fotografía 4.68)

Se aprecia numerosas estructuras de fallas que afectan las rocas sedimentarias y que han originado discontinuidades de las capas. En general se tiene que las calizas con orientaciones N165° con 60° SO de buzamiento. Mientras que las cuarcitas tienen orientaciones de N130° con 35° SO de buzamiento.

### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se tiene una zona de skarn presenta abundante vetilleo de calcita de 1 mm a 1 cm y poldireccionales con roca hospedante alterada con clorita predominante y abundante epidota (29m-MMT-012, Fotografía 4.69; Fotomicrografía 4.33) con algunos niveles marmolizados en afloramientos puntuales.. Se ha descrito además un cuerpo silíceo con vetilleo con Au (Ingemmet, 2018).



Fotografía 4.68.- Calizas micríticas silicificadas presentan una textura grainstone a packstone (Muestra 29m-MMT-013)



Fotografía 4.69.- Caliza marmolizada con abundante vetilleo de calcita de 1 mm a 1 cm y polidireccionales (Muestra 29m-MMT-012)



Fotomicrografía 4.33.- Zona de skarn con abundante vetilleo de calcita con roca hospedante alterada con clorita y abundante epidota con algunos niveles marmolizados de la muestra 29m-MMT-012 en sección pulida con aumento de x10. Pirita:py

#### 4.6.- Vetas y Cuerpos

##### 4.6.1.- AGUA PERDIDA

Localizada en el distrito de El Ingenio, provincia de Nasca, región Ica. Sus coordenadas UTM son 512299 E y 8388689 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por la carretera El Ingenio a Oton, en donde a medio camino se encuentra la ocurrencia San Fernando (Mapa 13).

##### Geología local

Destaca la litología de sienogranito con máficos de anfíboles y magnetita de la Superunidad Tiabaya que intruye a las areniscas cuarzosas y areniscas en estratos medios de la Formación Labra (Montoya et al., 2018). Se cuenta también con una toba de cristales de cuarzo y plagioclasa argilizada de matriz moderadamente silicificada de la Grupo Nazca más joven que la Superunidad Tiabaya (De la Cruz & De la Cruz, 2003)

##### Alteración hidrotermal y mineralización

Se tiene vetas de cuarzo y óxido de Fe de 0.5 cm que tienen orientación N120° con 65° SO de buzamiento paralelas al dique pórfido andesítico gris verdoso, moderadamente silicificado, cortado por vetas de cuarzo de también 0.5 cm de potencia (30n-RMT-036, Fotografía 4.70) en la roca hospedante granular. Además una veta falla de óxido de Fe y cuarzo de 5 cm (30n-RMT-035, Fotografía 4.71) en las areniscas cuarzosas de la Formación Labra, en contacto con un sill y capas de cuarcitas.



Fotografía 4.70.- Toba de cristales de composición andesítica gris verdoso, moderadamente silicificada (Muestra 30n-RMT-036)



Fotografía 4.71.- Veta falla de óxido de Fe y cuarzo de 5 cm (Muestra 30n-RMT-035)

#### 4.6.2.- CAHUIÑA

Localizada en el distrito de Quito-Arma, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 454716 E y 8499995 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera que va de Pisco a Huaytará, y de ahí se toma la carreta que va al distrito de Quito-Arma donde sale una trocha hacia las cercanías del depósito.

##### Geología local

Presenta una geología variada: tenemos andesitas y metandesitas grises porfíroides mesócratas con niveles de hornfels denominado Volcánicos María Elena y correlacionadas con la Formación Copara del Cretáceo Inferior (Palacios, 1994). Le sobreyace en relación no tan clara unas lutitas y limolitas grises carbonosas de la Formación Chúlec y encima de ellas en capas horizontales tenemos a tobas líticas interestratificadas con lavas andesíticas grises de la Grupo Sacsaquero (De la Cruz. & Jaimes, 2003).

##### Alteración hidrotermal y mineralización

Se tiene a la veta Olga de cuarzo y calcita con esfalerita, goethita, calcopirita, bornita, magnetita y pirita con cuarzo (28m-RMT-014, Fotografía 4.72) con orientación N285° con buzamiento de 60° NE y vetas de cuarzo con calcopirita, galena, esfalerita y pirita cortando volcánicos (28m-RMT-018, Fotografía 4.73; Fotomicrografía 4.34) de la Fm. Copara con zonas alteradas por silicificación, propilitización y filica (Compañía Minera Caravelí SAC, 2013).

##### Geoquímica

Reportan un promedio de leyes: 3.0 Oz Ag; 3.4%Cu; 1.4 %Pb y 13% Zn (Compañía Minera Caravelí SAC, 2013).

Una muestra de mena en veta (28m-RMT-014) registra valores de 3.2% de Pb y 34 g/t Ag. Mientras que otra veta de cuarzo con sulfuros (28m-RMT-018) registra 1.2% de Cu y 35 g/t Ag.

Los isótopos de Pb analizados sobre galena, son reportados en la Tabla 3.1, presentando un *trend* de pendiente moderada (Figura 3.2). La muestra de sulfuros de Cahuiña (28m-MMT-018) en la Formación Copara (Grupo Casma), presenta valores menos radiactivos  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.53$  relacionados a un intrusivo; mientras los valores de  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.63$  y  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 38.51$  son bajos y podrían obedecer a una potencial interacción entre con granitoides carboníferos y en menor proporción rocas paleozoicas en profundidad.

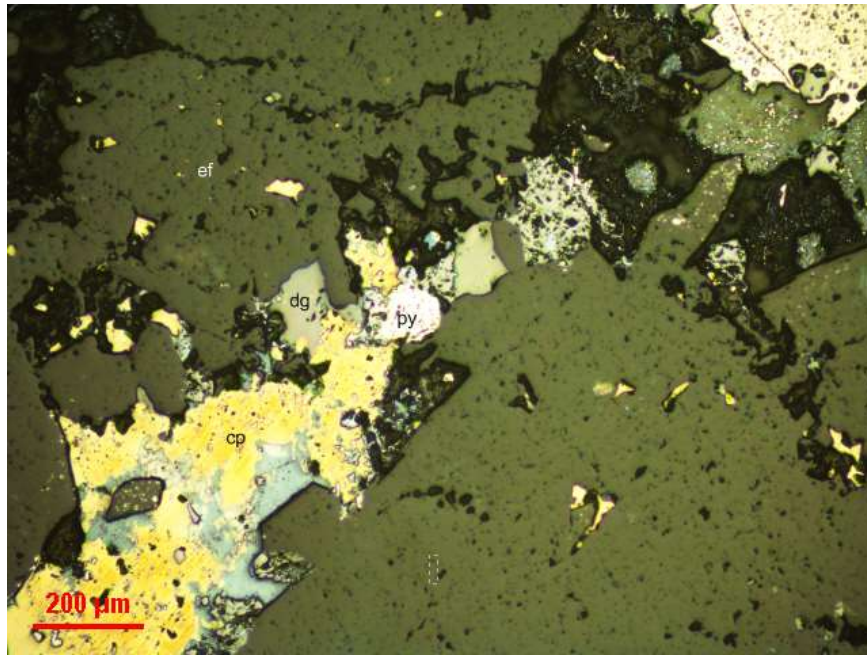




Fotografía 4.72.- Veta de esfalerita, goethita, calcopirita, bornita, magnetita y pirita con cuarzo y calcita (Muestra 28m-RMT-014)



Fotografía 4.73.- Vetas de cuarzo con calcopirita, galena, esfalerita y pirita cortando toba cristalolítica (Muestra 28m-RMT-018)



Fotomicrografía 4.34.- Vetas de cuarzo con calcopirita, galena, esfalerita y pirita cortando volcánicos de la muestra 28m-RMT-018 en sección pulida. Pirita:py; calcopirita:cp; digenita:dg

#### 4.6.3.- COQUIMBANA

Localizada en el distrito de Río Grande, provincia de Palpa, región Ica. Sus coordenadas UTM son 489828 E y 8428577 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-m (Córdova). Es accesible por la carretera de Palpa hacia Ocoyo y de ahí la ocurrencia se ubica a medio camino (Mapa 14).

##### Geología local

La mina Coquimbana presenta una geología variada. Un basamento sedimentario de lutitas pizarrosas fosilíferas de la Formación Cachíos, sobreyacida de areniscas cuarzosas gris blanquecinas de la Formación Labra, todas intruídas por las granodioritas de la Superunidad Tiabaya y la Superunidad Incahuasi. Finalmente, tenemos cuerpos de intrusivos Pórfido andesita con matriz afanítica verdosas de edad neógena (De la Cruz & Jaimes, 2003b)

##### Alteración y mineralización

Se tiene vetas de cuarzo, calcita y óxido de Fe de textura en banda (crustiforme) de 5 cm de grosor con orientación N355° y buzamiento de 40° NE, vetas de cuarzo de 20 cm con pirita en trazas (29m-RMT-014, Fotografía 4.74; Fotomicrografía 4.35) y vetas de yeso con orientación 330° con 80° NE de buzamiento, cortadas por fallas con orientación de N060° y 60° SE de buzamiento cortando una roca hospedante trazas de malaquita y epidota (29m-RMT-015, Fotografía 4.75) del pórfido andesita del Neógeno.

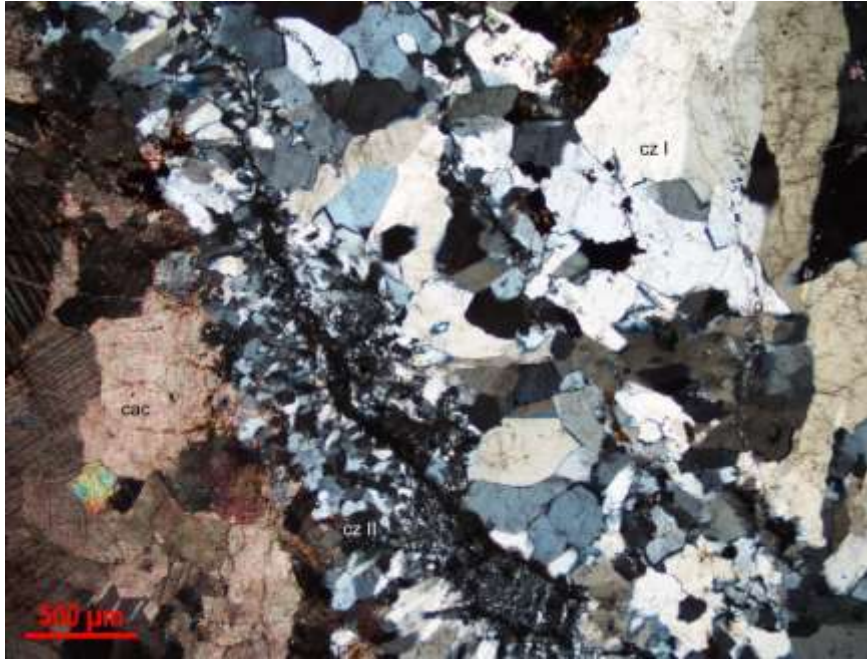


Fotografía 4.74.- Vetas de cuarzo con calcopirita, galena, esfalerita y pirita cortando toba cristalolítica (Muestra 29m-RMT-014)



Fotografía 4.75.- Vetas de cuarzo con calcopirita, galena, esfalerita y pirita cortando una andesita porfírica (Muestra 29m-RMT-015)





Fotomicrografía 4.35.- Vetas de cuarzo, calcita y óxido de Fe con pirita en trazas en la roca hospedante andesítica de la muestra 29m-RMT-014 en sección delgada con nícoles cruzadas y aumento de x4. Calcita:cac; cuarzo I: cz I; cuarzo II: cz II.

#### 4.6.4.- ELIANA

Localizada en el distrito de Pullo, provincia de Parinacochas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 608778 E y 8307643 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 31-o (Coracora). Es accesible por la carretera afirmada de Coracora a Pullo y de ahí a San Fernando en cuyas cercanías se encuentra la mina Eliana.

##### **Geología local**

En la zona afloran rocas sedimentarias donde tenemos a las calizas de la Formación Socosani, les sigue el Grupo Yura con las areniscas de la Formación Puente y le sobreyace las calizas de la Formación Cachíos y finalmente la Formación Labra, todo esto intruida por las granodioritas de la Superunidad Tiabaya (Olchanski, 1980).

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se tiene a la veta fallada Eliana conformada de cuarzo en estructura tipo rosario (31o-RMT-005, Fotografía 4.76) con esfalerita, galena y trazas de pirita con calcopirita con una orientación N220° y 75° NO de buzamiento cortando a las lutitas y limolitas de la Formación Puente fuertemente oxidadas (Fotografía 4.77). Se aprecian diques de andesita afanítica fuertemente oxidada (31o-RMT-005A) paralelas a la veta falla.





Fotografía 4.76.- Vetas de cuarzo con calcopirita, galena, esfalerita y pirita cortando toba cristalolítica (Muestra 31o-RMT-005)



Fotografía 4.77.- Las lutitas y limolitas fuertemente oxidadas cortando a la Fm. Puente.

#### **4.6.5.- FORTUNA 85**

Localizada en el distrito de El Ingenio, provincia de Nasca, región Ica. Sus coordenadas UTM son 507720 E y 8386719 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 30-n (Nasca). Es accesible por la carretera El Ingenio a Otoncha, en donde a medio camino se encuentra la ocurrencia Fortuna 85 (Mapa 13).

##### **Geología local**

Destaca la litología de granodiorita de la Superunidad Tiabaya que intruye a las areniscas cuarzosas y areniscas en estratos medios de la Formación Labra (Montoya et al., 2018). Se cuenta también con un cuerpo subvolcánico pórfido andesítico que también intruye a las areniscas y sería más joven que la Superunidad Tiabaya (De la Cruz & De la Cruz, 2003)

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

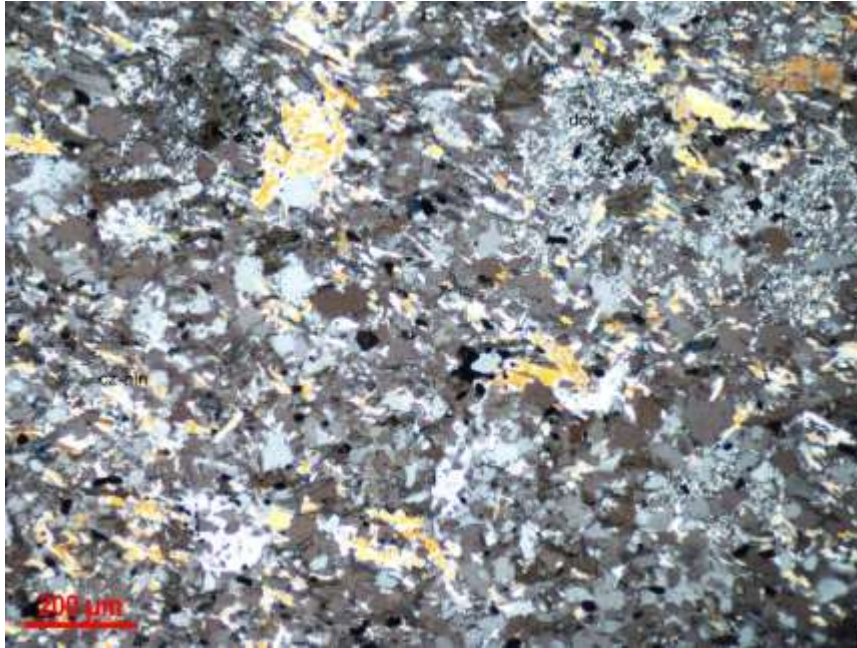
Se tiene una veta falla de cuarzo y panizo con óxido de Fe (hematita, goethita y limonita) de orientación N150° y 50° SO de buzamiento en roca caja de pórfido dacítico, cerca al contacto con cuarcitas obliterada (30n-RMT-034A, Fotografía 4.78) y areniscas micáceas con fuerte alteración de cuarzo-alunita y argilización con dickita (30n-RMT-034A, Fotografía 4.79; Fotomicrografía 4.36).



Fotografía 4.78.- Cuarcitas en capas (Muestra 30n-RMT-034A) de la Fm. Labra.



Fotografía 4.79.- Veta falla con panizo de cuarzo y óxido de Fe de hematita, goethita (Muestra 30n-RMT-034)



Fotomicrografía 4.36.- Areniscas micáceas de la Fm. Labra con cuarzo-alunita y dickita de alteración argílica avanzada de la muestra 30n-RMT-034A en sección delgada con nícoles cruzadas y aumento de x10. Dickita:dck; cuarzo:cz; alunita:aln

#### 4.6.6.- LA MERCED

Localizada en el distrito de San Antonio de Cusicancha, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 466916 E y 8505310 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 28-m (Santiago de Chocorvos). Es accesible por la carretera de Huaytará hacia Huayacundo Arma en las cercanías donde se encuentra la ocurrencia (Mapa 07).

##### **Geología local**

Se aprecia un basamento de areniscas cuarzosas de la Formación Labra y sobreyacidas por unas tobas de cristales de feldespatos y anfíboles ortopiroxenos centimétricos deformados, con líticos con cloritas (Fotografía 4.80) de la Formación Sacsacero (Palacios, 1994)

##### **Alteración hidrotermal y mineralización**

Se ha reconocido venillas de yeso de orientación N260° con 60° NO de buzamiento y venillas de cuarzo blanco con pirita con mineralización de Pb, Ag, Au en los niveles de la Formación Labra (Ingemmet, 2018) con ligera propilitización con clorita y feldespato potásico.





Fotografía 4.80.- Tobas de cristales de composición dacítica de la Fm. Sacsaquero.

#### **4.6.7.- MURCUTO**

Localizada en el distrito de San Antonio de Cusicancha, provincia de Huaytará, región Huancavelica. Sus coordenadas UTM son 479882 E y 8515906 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 27-m (Castrovirreyna). Es accesible por la carretera afirmada que va de Huaytará hacia Castrovirreyna, por la ruta de Huayacundo Arma, y que a la altura de Quisharpampa sale una trocha carrozable hacia Murcuto (Mapa 07).

#### **Geología local**

Afloran rocas volcánicas de lavas andesíticas con tobas soldadas y redepositadas intercaladas con areniscas, limoarcillitas y calizas de la Grupo Sacsaquero, sobreyacidas discordantemente por unas brechas tobáceas, areniscas rojas, verdosas y marrones y limolitas gris verdes intercaladas con tobas a los niveles superiores de la Formación Castrovirreyna (Salazar & Landa, 1993).

#### **Alteración hidrotermal y mineralización**

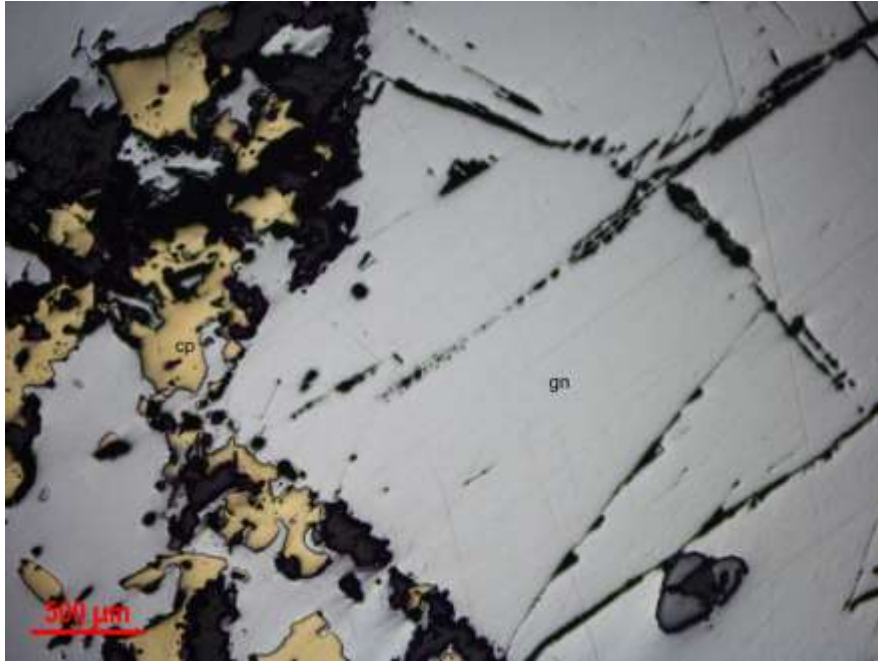
Se tiene una veta falla con panizo con galena (27m-RMT-002, Fotografía 4.81), esfalerita, pirita, calcopirita de orientación de N220° con 70° NO de buzamiento perpendicular a un eje de un gran sinclinal y posteriormente rellenando fracturas preexistentes en unas areniscas bastante craqueladas del Grupo Sacsaquero (27m-RMT-002A, Fotografía 4.82; Fotomicrografía 4.37) bastante meteorizado. Además se describen estructuras silíceas de N050° de orientación y mineralización de Pb, Zn, Ag (Ingemmet, 2018).



Fotografía 4.81.- Veta falla con panizo (Muestra 27m-RMT-002)



Fotografía 4.82.- Areniscas bastante craqueladas del Gpo. Sacsaquero (Muestra 27m-RMT-002A).



Fotomicrografía 4.37.- Veta falla en las areniscas bastante craqueladas del Gpo. Sacsaquero con panizo con galena, esfalerita, pirita, calcopirita de la muestra 27m-RMT-002A en sección pulida

#### 4.6.8.- OTOCA

Localizada en el distrito de Otocha, provincia de Lucanas, región Ayacucho. Sus coordenadas UTM son 533401 E y 8398306 N, Datum WGS84, Zona 18 sur, en la hoja topográfica 29-n (Laramate). Es accesible por la carretera afirmada que sale de El Ingenio en Panamericana Sur, y se dirige al distrito de Otocha.

##### Geología local

Una base de rocas sedimentarias de cuarcitas gris claras intercaladas de lutitas pizarrosas gris oscuras de la Formación Labra, y al sur de Otocha se tiene un cuerpo subvolcánico paleógeno de tobas de cristales que intruyen a las areniscas jurásicas de la Formación Labra (Atencio & Raymundo, 2003). Otros atribuyen este cuerpo subvolcánico como uno de dacita silíceas de edad neógena, hipocristalina con fenocristales de plagioclasa y máficos de horblenda y algo de augita en una masa vítrea asociada a la mineralización, además se tienen numerosos diques y sill dacíticos, porfíricos y tonalíticos de edad miocena superior a neógeno (Pulcha, 2001).

Estructuralmente, se tiene primeramente fallas preminerales y preintrusivas de una comprensión E-O de probable edad Quechua; una segunda etapa de reactivación N300°-N330° asociadas al subvolcánico dacítico en contacto al Gpo. Yura; y una tercera etapa de estructuras de N300° que emplazaron unos diques intrusivos hipoabisales. Por tanto, se tiene numerosas estructuras que originaron cimoides y ramales secundarios (Pulcha, 2001)

##### Alteración hidrotermal y mineralización

Tenemos areniscas líficas de matriz silicificada envueltas en una alteración de óxido de Fe y pirita (29n-MMT-005, Fotografía 4.83; Fotomicrografía 4.38), además de caolinización y propilitización (Pulcha, 2001).

Las vetas tienen una orientación predominante de N290° con 40° NE de buzamiento.. Las vetas principales son: Amarilla con N335° y buzando 65°NE a 80°NE; Salvadora; Fortuna, Viguña Banco en N310° con buzamiento al NE. Los grosores de las mismas tienen 20 cm a 2.5 m (Pulcha, 2001). Entre estas, una veta de óxido de Fe, yeso, limolita, goethita, hematita (29n-MMT-004, Fotografía 4.84) de 5 a 10 cm de grosor en una roca hospedante de areniscas de la Formación Labra.

Se ha descrito mineralización de calcopirita, galena y esfalerita (Ingemmet, 2018). Se distribuyen en dos zonas sulfuros y óxidos, siendo la más económica esta última. En la zona de óxidos se tiene Au en cuarzo y en hematita, electrum con plata nativa, además de calcosita y covelita como minerales secundarios. En la zona de sulfuros tenemos calcopirita, pirita, arsenopirita, calcita y especularita. En general el zoneamiento metálico es vertical y de forma cómica (Pulcha, 2001).

Es un depósito epigenético hidrotermal en vetas de relleno bajo condiciones de temperatura y presión moderada a baja, en donde el yacimiento fue expuesto por procesos de oxidación y lixiviación para minerales oxidados secundarios (Pulcha, 2001).

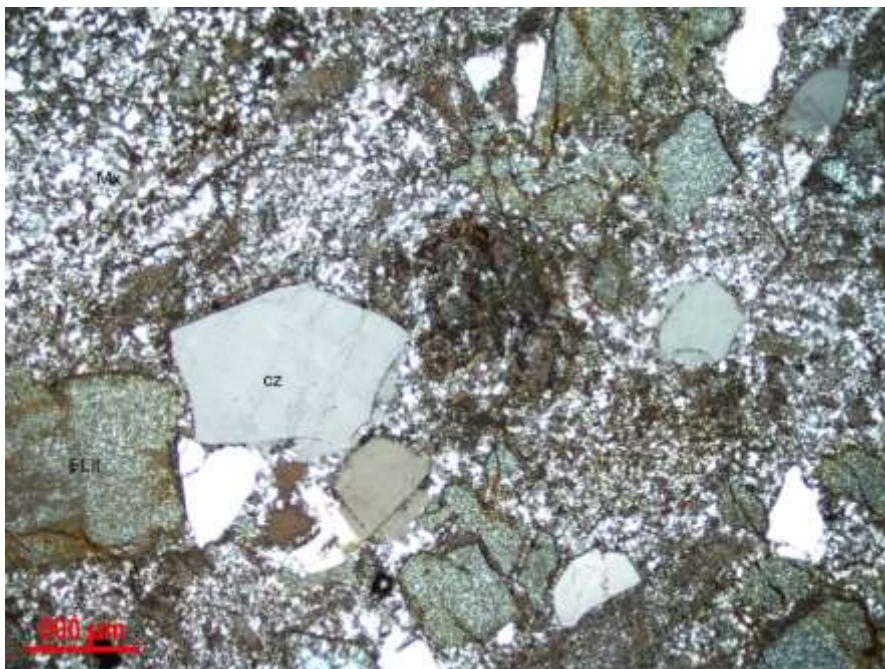


Fotografía 4.83.- Areniscas bastante craqueladas de la Fm. Labra (Muestra 29n-MMT-005).





Fotografía 4.84.- Areniscas silicificadas bastante craqueladas de la Fm. Labra (Muestra 29n-MMT-004).



Fotomicrografía 4.38.- Areniscas líticas de matriz silicificada de la Fm. Labra de la muestra 29n-MMT-005 en sección delgada con nicoles cruzadas y aumento de x4. Cuarzo:cz; fragmentos líticos:Flit, matriz:Mx

## CAPÍTULO V

### CARACTERÍSTICAS LITOGEOQUÍMICAS DE LOS MAGMAS ASOCIADOS A PÓRFIDOS, IOCGs Y EPITERMALES EN LA REGIÓN

En el margen occidental de la zona de estudio se tienen afloramientos intrusivos del Mesozoico, tales como las superunidades Patap, Linga y Tiabaya del Batolito de la Costa.

Los yacimientos de tipo IOCG se encuentran relacionados a estos intrusivos. Hacia el lado oriental de la zona de estudio tenemos volcanismo Paleógeno-Neógeno, conformando la mayor parte de la zona de estudio, tales como las formaciones Sacsaquero, Castrovirreyna, Caudalosa, Alpamayo que en la parte más meridional se les denominan grupos Tacaza y Barroso.

Las características analizadas se basan en los resultados geoquímicos de las muestras recolectadas para este estudio y los datos de otros autores, con los cuales se prepararon gráficos litogeoquímicos. Detalle de las fuentes de datos y resultados están en el Anexo 1 y 3. Se han excluido las muestras en un radio de 2 km en torno a cualquier operación, proyecto, prospecto u ocurrencia, debido a que estas muestras se han considerado como potencialmente relacionadas al depósito, por lo se han procesado aparte. Las demás muestras, fuera del radio de 2 km, se les ha denominado muestras de las unidades ígneas regionales parentales.

#### 5.1 Diagramas De Tierras Raras y Spider de las Unidades Ígneas Regionales Parentales

Los yacimientos epitermales se encuentran espacial y temporalmente asociados al volcanismo Paleógeno Neógeno de las formaciones Sacsaquero, Castrovirreyna, Caudalosa, Alpamayo, de los Grupos Tacaza y Barroso. Las Figuras 5.1 y 5.2 muestran los patrones de tierras raras y diagrama Spider para el Grupo Tacaza en la zona de estudio. En los diagramas de tierras raras, las muestras han sido normalizadas al condrito de Nakamura (1974) y en los diagramas Spider han sido normalizadas al condrito de Thompson (1982).

El diagrama de Tierras Raras de la Figura 5.1 destaca que las muestras del Grupo Tacaza de composición félsica, presentan un mayor enriquecimiento respecto al condrito en tierras raras ligeras (La, Ce, Pr, Nd) respecto a aquellas muestras de composición intermedia, hecho relacionado normalmente con la diferenciación, siendo el enriquecimiento en LREE un indicador más de diferenciación.

Tanto los magmas del Grupo Tacaza de composición félsica como intermedia presentan un patrón lístrico de tierras raras, indicando fraccionamiento de anfíbol en la fuente. El fraccionamiento de anfíbol indica un potencial del magma

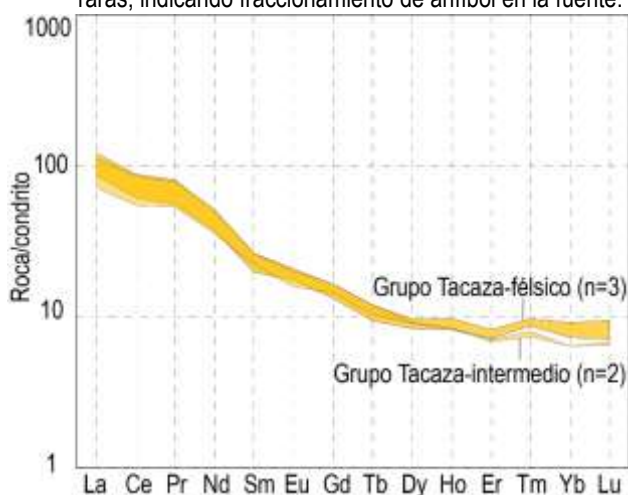


Figura 5. 1: Diagrama de tierras raras para las muestras del Grupo Tacaza no relacionadas con depósitos minerales en la zona de estudio.

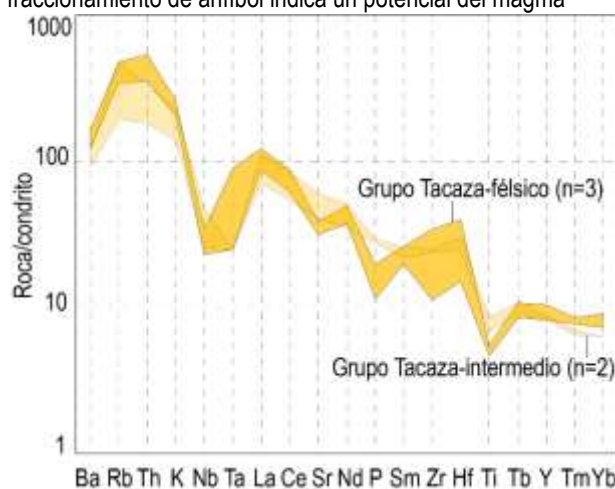


Figura 5. 2: Diagrama Spider para las muestras del Grupo Tacaza no relacionadas con depósitos minerales en la zona de estudio.

de generar mineralización, ya que el anfíbol es una fase mineralógica hidratada y contribuye con fluidos al sistema que posteriormente podrán exsolverse como fluidos hidrotermales. Esto se observa particularmente para los magmas félsicos, en los que se observa un enriquecimiento relativamente mayor a los magmas intermedios en lo que respecta a las tierras raras pesadas.

De la Figura 5.2 tenemos una apreciación más completa del comportamiento de los elementos traza de las muestras de composición félsica en contraste con los de composición intermedia.

Las muestras de composición félsica presentan mayor empobrecimiento en elementos P, Ti, Zr-Hf y Nb-Ta, los cuales son elementos HFSE (*High Field Strength Elements*), incompatibles, pero marcadamente inmóviles en fluidos acuosos, por lo que su empobrecimiento más marcado se da en un evento hidrotermal de carácter regional, como la deshidratación del *slab*, mostrando la firma característica de subducción, la cual se reconoce por el empobrecimiento en estos elementos (Rudnick, 2004).

La intensificación del proceso de subducción, señalada por el empobrecimiento de HFSE, genera una mayor deshidratación del *slab*, causando que una mayor cantidad de fluidos acuosos sea transferida al manto suprayacente al *slab*, contribuyendo notablemente a su fusión parcial, y con ello a la generación de grandes volúmenes de magma que al ascender y emplazarse, originan engrosamiento cortical.

En una corteza relativamente gruesa, los magmas recorren una mayor distancia vertical en su ascenso hacia la superficie y erupción en lavas y tobas. Este recorrido permite que tengan más tiempo para diferenciarse, expresándose en un incremento de indicadores litogeoquímicos de diferenciación, tales como incremento de LREE, como se observa en los magmas félsicos del Grupo Tacaza.

Las Figuras 5.3 y 5.4 muestran los patrones de tierras raras y diagrama Spider para el Grupo Barroso en la zona de estudio:

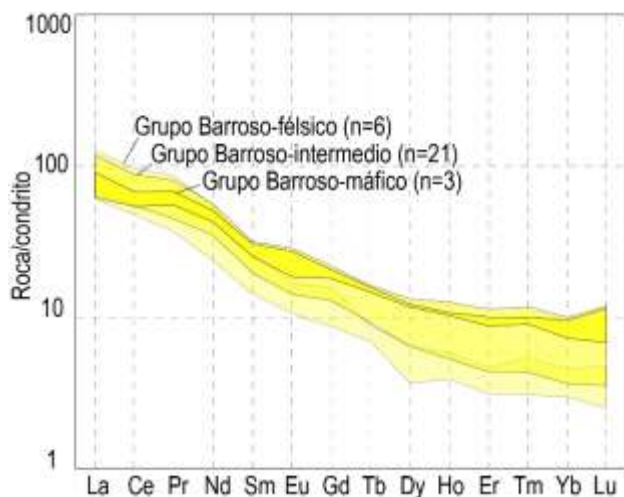


Figura 5. 3: Diagrama de tierras raras para las muestras del Grupo Barroso no relacionadas con depósitos minerales en la zona de estudio.

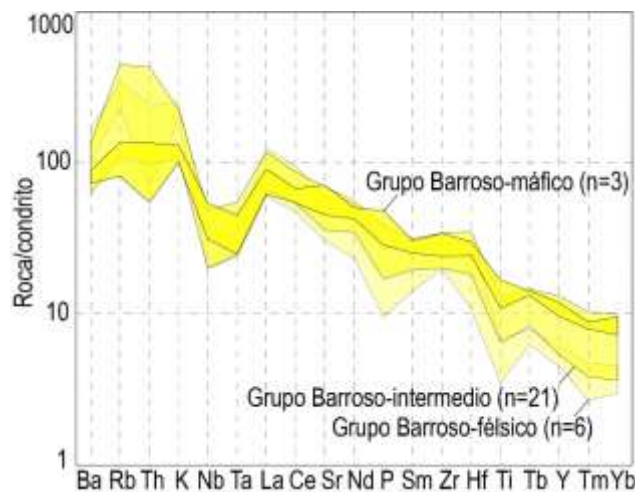


Figura 5. 4: Diagrama Spider para las muestras del Grupo Barroso no relacionadas con depósitos minerales en la zona de estudio.

De la Figura 5.3 se observa que las muestras del Grupo Barroso de composición félsica presentan un mayor enriquecimiento en tierras raras ligeras, seguido de los magmas intermedios y finalmente de los magmas máficos; caso contrario ocurre con las tierras raras pesadas, las cuales van empobreciéndose con la diferenciación.

En la Figura 5. 4 tenemos que los elementos litófilos Ba, Rb, Th y K también presentan un comportamiento incompatible, enriqueciéndose hacia las composiciones más félsicas.

Los elementos HFSE presentan una intensificación de sus anomalías negativas con el incremento de la diferenciación, como se aprecia en las Figuras 5.1 y 5.2.

## 5.2 Caracterización Litogeoquímica de los Magmas Asociados a Yacimientos Tipo Pórfidos, IOCG y Epitermales en la Región

En las Figuras 5.5 y 5.6 se muestran los diagramas de tierras raras y diagramas Spider para los yacimientos tipo IOCG y pórfido en la región.

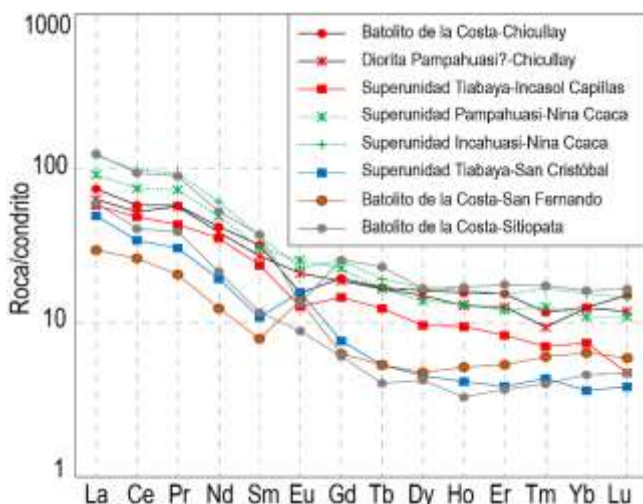


Figura 5.5: Diagrama de tierras raras para muestras de los yacimientos Chicullay, Incasol Capillas, Nina Ccaca, San Cristóbal, San Fernando, Sitiopata.

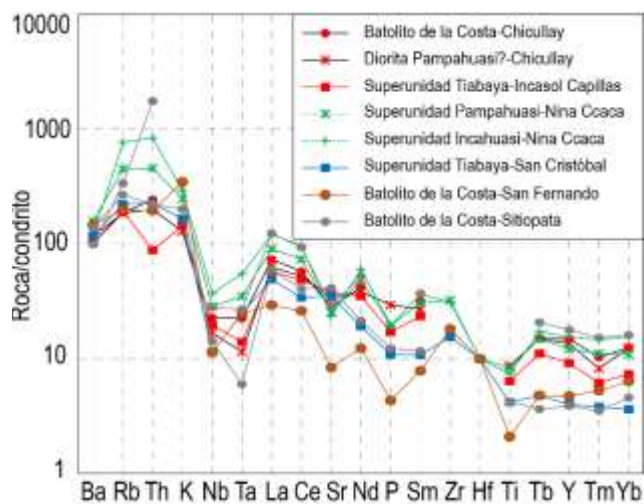


Figura 5.6: Diagrama Spider para muestras de los yacimientos Chicullay, Incasol Capillas, Nina Ccaca, San Cristóbal, San Fernando, Sitiopata.

Se observa de la Figura 5.5 que para las dos muestras de la ocurrencia Chicullay, de tipo IOCG, tanto como para la muestra del Batolito de la Costa indiferenciado, como para la diorita Pampahuasi. El patrón de tierras raras presenta una pendiente moderada y ambas muestras presentan coherencia entre sus patrones, con débil a nula anomalía negativa de europio y paralelismo entre los patrones, indicando que provienen de un mismo proceso de diferenciación, sin mezcla significativa con otros magmas.

Para el proyecto de pórfido Incasol Capillas, se tiene una muestra de la Superunidad Tiabaya cuyo patrón de tierras raras presenta un ligero descenso en tierras raras pesadas, en comparación con las muestras de Chicullay.

Las muestras de la mina cerrada Nina Ccaca (IOCG), presentan bastante coherencia entre sí, con una nula anomalía negativa de Eu, y un patrón de tierras raras con una pendiente similar a Chicullay, aunque subparalela y ligeramente más enriquecida en todas las tierras raras.

El prospecto San Cristóbal (IOCG), presenta una muestra con un patrón de tierras raras marcadamente empobrecido en tierras raras, excepto en Eu, presentando una gran anomalía positiva, y una pendiente más pronunciada.

La mina San Fernando, un yacimiento relacionado con intrusivos, presenta un patrón similar a San Cristóbal, salvo que no se encuentra tan empobrecido en tierras raras pesadas, siendo de menor pendiente.

Para las muestras de la ocurrencia Sitiopata (IOCG), presentan marcada diferencia entre sí, una con una moderada anomalía negativa de Eu y de menor pendiente que la otra.

De la Figura 5.6 se tiene que para Chicullay los elementos HFSE tales como Zr-Hf, Ti y P no se encuentran marcadamente empobrecidos, por lo que indica un magmatismo primitivo, de corteza delgada.

Para Incasol Capillas se tiene un ligero empobrecimiento en HFSE en contraste con Chicullay, lo que sumado al ligero empobrecimiento en tierras raras pesadas, es otro indicador de un magmatismo más diferenciado. Nina Ccaca presenta un marcado enriquecimiento en litófilos, pero débiles anomalías negativas de HFSE. San Cristóbal presenta



escaso enriquecimiento en litófilos y débiles anomalías de HFSE, lo que señala un magmatismo primitivo, en corteza delgada. San Fernando presenta similitud en litófilos con San Cristóbal, pero presenta diferencias respecto a San Cristóbal en HFSE, indicando intensificación del proceso de deshidratación del *slab*.

Para Sitiopata se tiene que la muestra presenta anomalías negativas de Eu (Figura 5.5) y de Sr (Figura 5.6), indicando fraccionamiento de plagioclasas. También presenta mayor enriquecimiento en litófilos.

La Figura 5.7 muestra la profundidad del Moho, que viene a ser el espesor cortical, según una estimación realizada por Mantle & Collins (2008) a partir de la relación Ce/Y; versus la distancia a la fosa (en km) para las muestras mencionadas anteriormente.

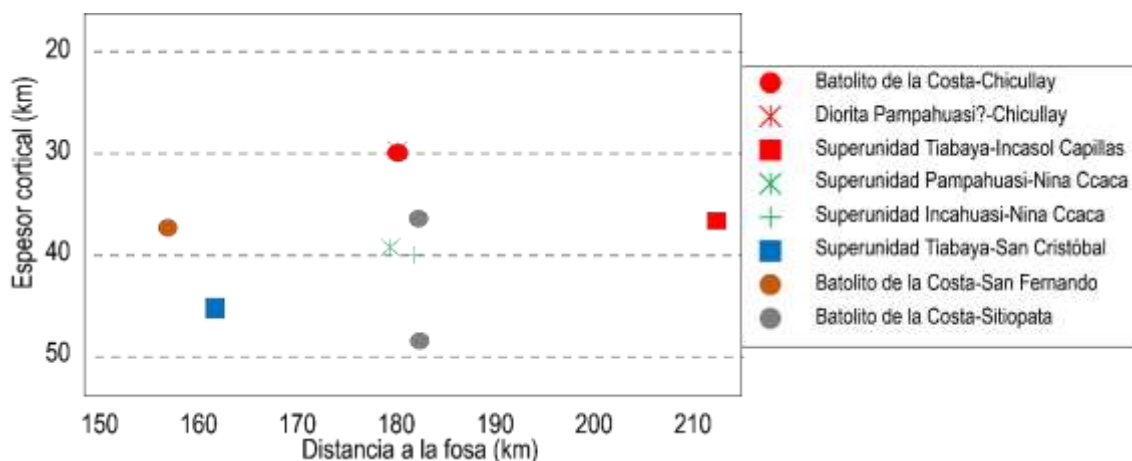


Figura 5. 7: Diagrama para estimar el espesor cortical (según estimación de Mantle & Collins, 2008) versus distancia a la fosa (en kilómetros), para los yacimientos Chicullay, Incasol Capillas, Nina Ccaca, San Cristóbal, San Fernando, Sitiopata. Símbolos como en las Figs. 5. 5 y 5. 6.

Los depósitos más cercanos a la fosa son San Fernando y San Cristóbal, cuyas muestras deberían mostrar los parámetros de magmatismo primitivo más marcados, lo que se observa especialmente para San Cristóbal (Figuras 5.5 y 5.6), con su patrón de tierras raras de baja pendiente y su anomalía positiva de Eu, indicando un magmatismo altamente hidratado, compatible con la intensificación de las anomalías negativas de HFSE en una distancia relativamente menor a la fosa que los otros depósitos.

Para las muestras de Chicullay, tenemos que se generaron en una corteza delgada, pesa a encontrarse a una mayor distancia a la fosa que San Cristóbal, siendo ambos IOCG. Encontrándose coherencia entre ambas muestras de Chicullay.

Las muestras de Nina Ccaca se han generado en una corteza relativamente moderada en cuanto a grosor. Incasol Capillas es la muestra que se encuentra más distante a la fosa. Es un pórfido, y muestra haberse generado en una corteza de un espesor relativamente delgado para la distancia a la fosa a la que se encuentra.

En las Figuras 5.8 y 5.9 se muestran los diagramas de tierras raras y diagramas Spider para los yacimientos tipo epitermales y vetiformes en parte de la región.

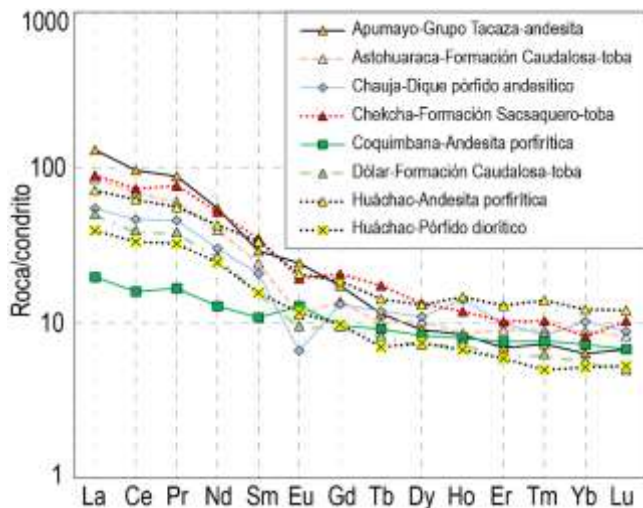


Figura 5. 8: Diagrama de tierras raras para muestras de los yacimientos Apumayo, Astohuaraca, Chauja, Chekcha, Coquimbana, Dólar, Huáchac.

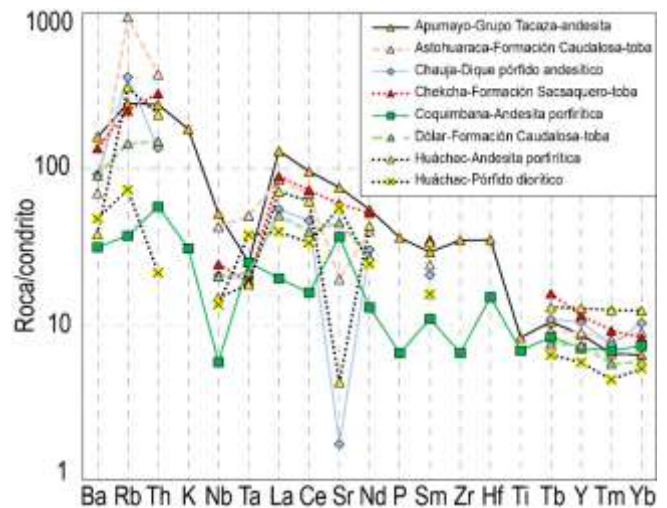


Figura 5. 9: Diagrama Spider para muestras de los yacimientos Apumayo, Astohuaraca, Chauja, Chekcha, Coquimbana, Dólar, Huáchac.

Se observa de la Figura 5.8 que para la muestra de Apumayo, el patrón de tierras raras presenta una pendiente moderadamente pronunciada y nula anomalía de Eu.

La toba de la Formación Caudalosa en Astohuaraca presenta una moderada anomalía negativa de Eu.

En general, se observa a casi todas las muestras relacionadas a epitermales, con un paralelismo, destacando el dique pórfido andesítico de Chauja, con una anomalía negativa de Eu, indicando fraccionamiento en niveles corticales superiores.

La muestra de Coquimbana es otra que se distingue claramente del resto. Tiene un patrón de tierras raras casi horizontal y una anomalía débil, positiva de Eu, siendo ambos indicadores de una diferenciación muy pobre de magma primitivo e hidratado.

La Figura 5.9 muestra mayores diferencias entre las muestras relacionadas a epitermales, mostrando la muestra de Chauja, un marcado empobrecimiento de Sr y enriquecimiento en litófilos.

La andesita porfírica de Huáchac presenta mayor enriquecimiento en litófilos que el pórfido diorítico de Huáchac, el cual a su vez muestra anomalía positiva de Eu y empobrecimiento de tierras raras pesadas, parámetros que son característicos de los pórfidos; sin embargo, no muestra el enriquecimiento en litófilos que muestran los pórfidos.

La muestra de Chekcha muestra nula anomalía negativa de Sr, lo que sumado a la débil anomalía negativa de Eu, señala que no hubo significativo fraccionamiento de plagioclasas.

Para Coquimbana se tiene una marcada anomalía positiva de Sr, correlativamente con su anomalía positiva de Eu, lo que indica que no hubo fraccionamiento de plagioclasas, lo que se daría si hubiera habido significativa diferenciación en niveles corticales superiores.

Las débiles a nulas anomalías de HFSE además refuerzan la idea que no hubo una diferenciación intensa, lo que sugiere un rápido ascenso de este magmatismo a través de sistemas de fallas corticales.

La Figura 5.10 muestra la profundidad del Moho, según la estimación realizada por Mantle & Collins (2008) a partir de la relación Ce/Y; versus la distancia a la fosa en km, para las muestras mencionadas anteriormente.

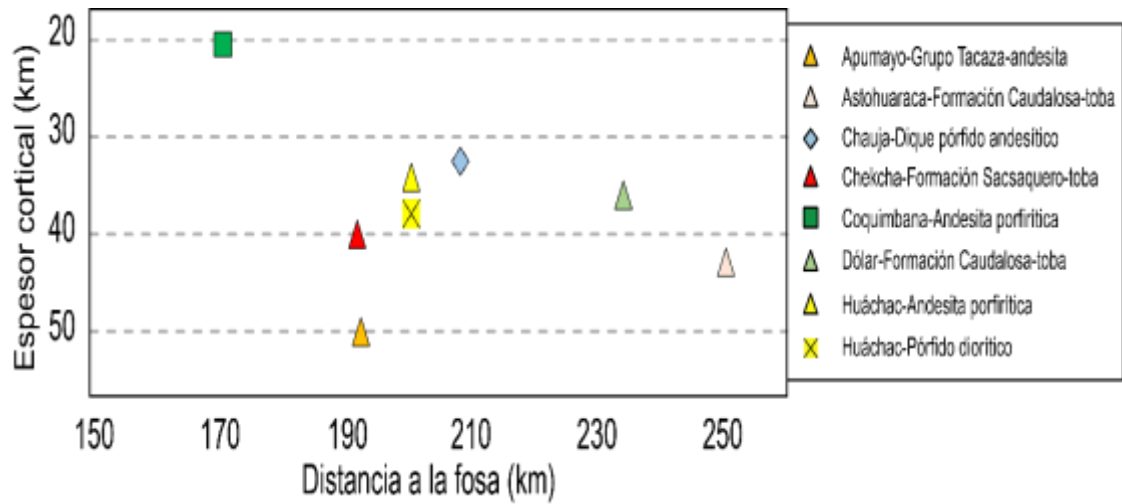


Figura 5. 10: Diagrama para estimar el esesor cortical (según estimación de Mantle & Collins, 2008) versus distancia a la fosa (en kilómetros), para los yacimientos Apumayo, Astohuaraca, Chauja, Chekcha, Coquimbana, Dólar, Huáchac. Símbolos como en las Figs. 5. 8 y 5. 9.

Del diagrama de la Figura 5.10, destaca la proximidad a la fosa de la muestra de andesita porfírica de Coquimbana, se puede apreciar que se ha generado en una corteza muy delgada, en torno a 20 km, lo que concuerda con los parámetros de magma indiferenciado observado en las Figs. 5.8 y 5.9.

La muestra de Apumayo, a pesar de encontrarse en comparación a las demás más cerca a la fosa, presenta un espesor cortical considerable, sugiriendo que este espesor cortical fue un factor que controló la génesis de este yacimiento. El espesor cortical entre las muestras de Huáchac no es muy distinto.

La muestra de Chauja fue generada en un espesor cortical delgado en relación a su distancia a la fosa, pero dados los parámetros señalados en 5.8 y 5.9, hubo significativa diferenciación en niveles corticales superiores. Entre las muestras de Dólar y Astohuaraca se observa, el predecible aumento del espesor cortical con el aumento de la distancia a la fosa.

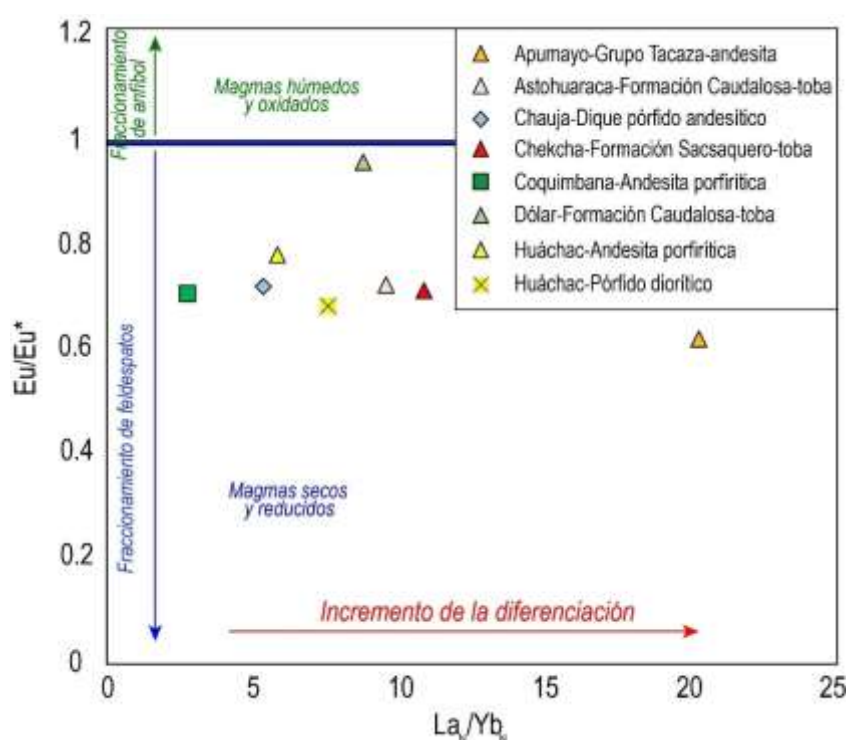


Figura 5.11: Diagrama La<sub>N</sub>/Yb<sub>N</sub> versus Eu/Eu\* para muestras de los yacimientos Apumayo, Astohuaraca, Chauja, Chekcha, Coquimbana, Dólar, Huáchac.

La muestra de Coquimbana presenta el menor grado de diferenciación (Figura 5.11) y un grado de hidratación y oxidación magmáticos moderado. La muestra más diferenciada está en Apumayo, pero sin un grado significativamente alto de hidratación y oxidación magmática. El grado de diferenciación no guarda una relación marcada con la distancia a la fosa, salvo algunos casos como Coquimbana. La toba de la Formación Caudalosa de Dólar, presenta un alto grado de hidratación y oxidación magmática, en comparación con las demás muestras.

En las Figuras 5.12 y 5.13 se muestran los diagramas de tierras raras y diagramas Spider para los yacimientos tipo epitermales y vetiformes en parte de la región.



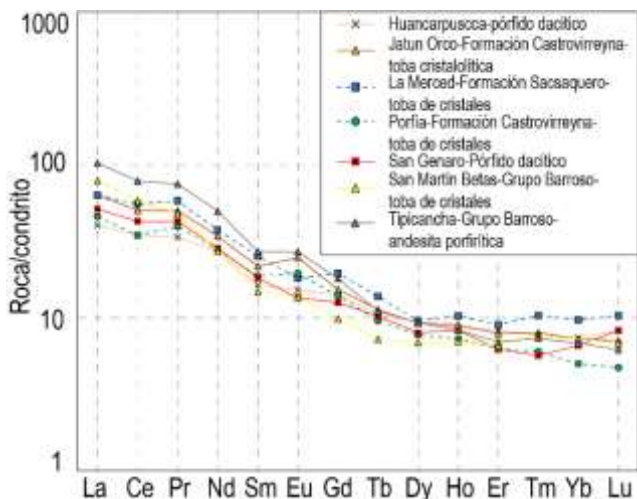


Figura 5. 12: Diagrama de tierras raras para muestras de los yacimientos Huancarpuscca, Jatun Orco, La Merced, Porfía, San Genaro, San Martín Betas, Tipicancha.

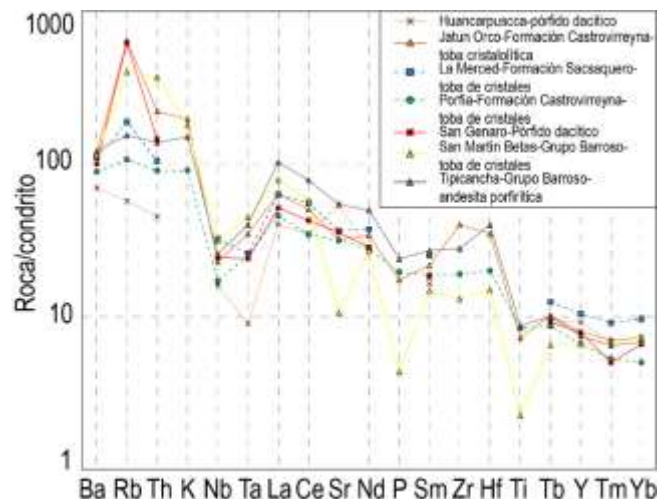


Figura 5. 13: Diagrama Spider para muestras de los yacimientos Huancarpuscca, Jatun Orco, La Merced, Porfía, San Genaro, San Martín Betas, Tipicancha.

De la Figura 5.12 se tiene que el pórfido dacítico de Huancarpuscca presenta un patrón de tierras raras de baja pendiente, lo que señala poca diferenciación.

La toba cristalolítica de Jatun Orcco presenta una anomalía positiva de Eu, indicando fraccionamiento de anfíbol en la fuente, lo cual es favorable para generar magmas fértiles (hidratados), además una pendiente ligeramente más pronunciada que Huancarpuscca.

La muestra de La Merced presenta una concavidad y una pendiente de tierras raras pesadas positiva, indicando fraccionamiento de anfíbol, lo que indica que proviene de un magmatismo fértil, hidratado.

La muestra de Porfía presenta un patrón de baja pendiente, débil anomalía positiva de Eu y pendiente moderada de tierras raras pesadas.

La muestra de San Genaro se comporta similarmente a la muestra de La Merced, indicando fraccionamiento de anfíbol, señalando que proviene de magmatismo hidratado, lo cual es favorable para la generación de yacimientos.

La muestra de San Martín Betas presenta concavidad en las tierras raras intermedias. La muestra del Grupo Barroso de Tipicancha presenta un patrón de tierras raras de pendiente pronunciada.

La Figura 5.13 muestra para el pórfido dacítico de Huancarpuscca no muestra un enriquecimiento marcado en litófilos y un ratio  $Nb_N/Ta_N$  positivo.

La toba cristalolítica de Jatun Orco, asignada a la Formación Castrovirreyña, muestra enriquecimiento en litófilos, pero no muestra marcado empobrecimiento en HFSE. No se cuenta con data de HFSE para la muestra de La Merced.

La muestra de Porfía no presenta marcado enriquecimiento en litófilos ni marcadas anomalías negativas en HFSE, resaltando su carácter de magmatismo poco diferenciado.

La muestra de San Genaro presenta un marcado enriquecimiento en litófilos, especialmente en Rb, lo que puede atribuirse a la alteración de micas.

La muestra de San Martín Betas, una toba de cristales asignada al Grupo Barroso, muestra los más marcados empobrecimientos en HFSE y marcado enriquecimiento en litófilos, señalando esto un magma bastante diferenciado.

Una diferenciación pronunciada puede darse por el contexto de una corteza gruesa (ya que el recorrer una distancia vertical grande otorga el tiempo para diferenciarse) o por residencia prolongada en niveles corticales superiores, por factores tales como estabilidad tectónica en contexto compresivo.

La andesita porfírica de Tipicancha, asignada también al Grupo Barroso, presenta escaso enriquecimiento en litófilos (Figura 5.13), pero una pendiente pronunciada de tierras raras (Figura 5.12), sin empobrecimiento en HFSE, indicando una mezcla con un magmatismo poco diferenciado.

La Figura 5.14 muestra la profundidad del Moho, según la estimación realizada por Mantle & Collins (2008) a partir de la relación Ce/Y; versus la distancia a la fosa (en km) para las muestras mencionadas en las Figuras 5.12 y 5.13.

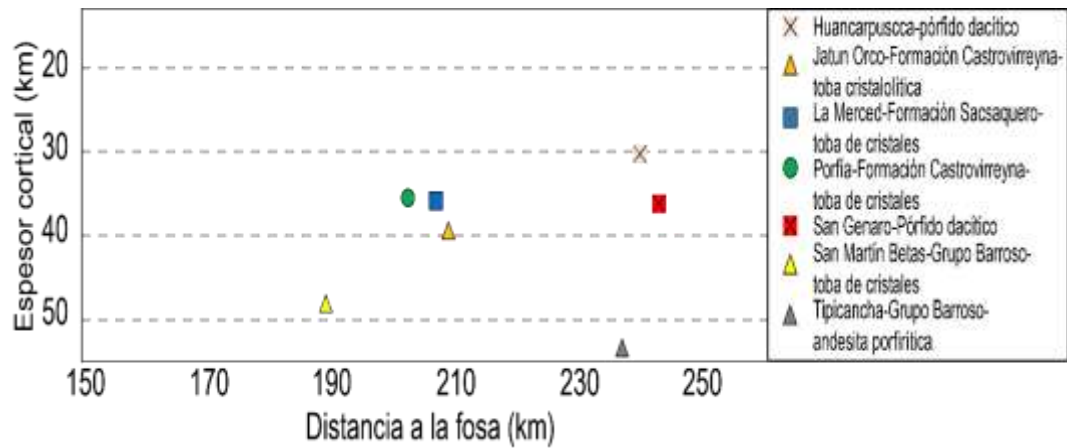


Figura 5. 14: Diagrama para estimar el espesor cortical (según estimación de Mantle & Collins, 2008) versus distancia a la fosa (en kilómetros), para los yacimientos Huancarpuscca, Jatun Orco, La Merced, Porfía, San Genaro, San Martín Betas, Tipicancha. Símbolos como en las Figs. 5. 12 y 5. 13.

De la Figura 5.14 vemos que hay muestras de epitermales con una considerable distancia a la fosa, en comparación a los demás depósitos, que tienen espesores corticales que señalan corteza delgada, como en Huancarpuscca y San Genaro. Este adelgazamiento cortical puede ser un factor contribuyente a la generación de estos depósitos, De la Figura 5.14 vemos que hay muestras de epitermales con una considerable distancia a la fosa, en comparación a los demás depósitos, que tienen espesores corticales que señalan corteza delgada, como en Huancarpuscca y San Genaro. Este adelgazamiento cortical puede ser un factor contribuyente a la generación de estos depósitos, relacionado con el espesor cortical que alcanzaba el arco para esta zona, en torno a los 50 km, como señala la muestra del Grupo Barroso correspondiente a Tipicancha.

La Figura 5. 15 señala la relación de los parámetros  $Eu/Eu^*$  versus  $La_N/Yb_N$  para las muestras vistas en 5. 14.

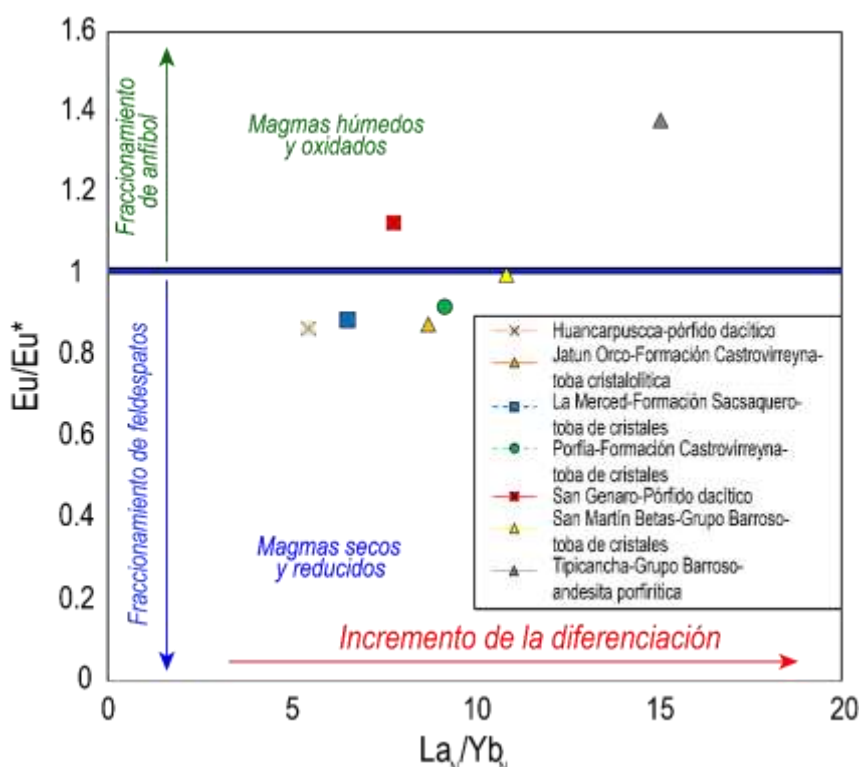


Figura 5. 15: Diagrama  $La_N/Yb_N$  versus  $Eu/Eu^*$  para muestras de los yacimientos Huancarpuscca, Jatun Orco, La Merced, Porfia, San Genaro, San Martín Betas, Tipicancha.

Para estos epitermales se observa una correlación positiva entre el parámetro  $Eu/Eu^*$  y el  $La_N/Yb_N$ , siendo los valores más altos correspondientes al Grupo Barroso en Tipicancha.

El pórvido dacítico de San Martín Betas presenta un alto valor de  $Eu/Eu^*$  que indica magmas hidratados y oxidados. En general, de las Figuras 5.11 y 5.15 se observa que los cuerpos ígneos relacionados a depósitos epitermales presentan valores de  $Eu/Eu^*$  en torno a 0.8, salvo algunas excepciones.

Otros parámetros que pueden ser útiles para caracterizar magmas vinculados a yacimientos pórvido-epitermales son el  $U/Th$  y el  $Nb_N/Ta_N$  (ver Cuadro 5.1).

El Th se encuentra estrechamente relacionado al U y la relación  $U/Th$ , y tiende a permanecer constante con la diferenciación, en caso no haya significativa mezcla y/o asimilación cortical.

Ambos son altamente incompatibles durante la fusión parcial e inmóviles en fluidos acuosos. Sin embargo, estudios experimentales de Keppler & Wyllie (1990) muestran que en fluidos hidrotermales que contengan Cl<sup>-</sup> y CO<sub>2</sub>, el U es móvil, ya que forma complejos con estos volátiles, mientras que el Th no se observa.

Un incremento del parámetro U/Th puede interpretarse como un influjo de fluidos en profundidad que contengan Cl<sup>-</sup> y CO<sub>2</sub> (o de magmas que contengan estos fluidos y/o volátiles).

Un incremento en el ratio U/Th también puede ocurrir debido a un marcado descenso de Th por contaminación de magmas primitivos. Esta contaminación es incluso necesaria para el rejuvenecimiento termal de un sistema porfírico, emplazado en niveles corticales superiores.

Por otra parte, anomalías negativas de Nb y Ta son indicativas de proceso de subducción, especialmente de la deshidratación del *slab* subductante, ya que estos elementos son altamente inmóviles, resultando en empobrecimiento en los magmas provenientes de subducción.

Estudios experimentales de Baier et al (2008) indican que el poco de Nb y Ta que se removiliza hacia el fluido por la deshidratación del *slab*, muestra la relación de Nb/Ta que removilizados es de 5 a 1 aproximadamente, por lo que un incremento del ratio Nb/Ta puede interpretarse como una intensa deshidratación del *slab*.

Según estudios experimentales de Li et al (2017), el fraccionamiento de minerales de Ti (presentes en el *slab* subductante, zonas metasomatizadas del manto o en una raíz continental eclogítica), fraccionan el Nb y Ta entre ellos (consumiendo preferentemente al Ta), incrementando la relación Nb/Ta en el fundido residual.

El Cuadro 5.1 muestra el rango de variación de estos parámetros, así como también sintetiza las características litogeoquímicas de las muestras estudiadas.



Cuadro 5. 1  
Resumen de parámetros litogeoquímicos de las muestras correspondientes a los yacimientos estudiados

| Yacimiento       | Tipo de yacimiento            | Unidad litológica        | La <sub>N</sub> /Yb <sub>N</sub> | Eu/Eu* | SiO <sub>2</sub> | Profundidad Moho*(km) | Distancia a la fosa (km) | U/Th | Nb <sub>N</sub> /Ta <sub>N</sub> | Au (ppm) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Mo (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) |
|------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|--------|------------------|-----------------------|--------------------------|------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Chicullay        | IOCG                          | Batolito de la Costa     | 5.86                             | 0.93   | -                | 30.92                 | 180.73                   | 0.30 | 1.02                             | 0.005    | 5        | 150      | 3        | 13.3     | 90       |
|                  |                               | Diorita Pampahuasi?      | 5.05                             | 0.933  | 57.67            | 30.79                 | 180.73                   | 0.31 | 1.47                             | 0.005    | 5        | 70       | 2        | 15.3     | 110      |
| Incasol Capillas | Pórfido                       | Superunidad Tiabaya      | 7.82                             | 0.70   | 61.54            | 36.51                 | 212.98                   | 0.35 | 1.41                             | 0.005    | 5        | 40       | 2        | 19.7     | 60       |
| Nina Ccaca       | IOCG                          | Superunidad Pampahuasi   | 8.33                             | 0.74   | -                | 39.01                 | 179.98                   | 0.20 | 0.82                             | 0.005    | 1        | 119      | 2        | 19       | 83       |
|                  |                               | Superunidad Incahuasi    | 7.81                             | 0.74   | -                | 39.66                 | 182.37                   | 0.17 | 0.68                             | 0.005    | 1        | 39       | 7        | 35       | 91       |
| San Cristóbal    | IOCG                          | Superunidad Tiabaya      | 13.54                            | 1.45   | -                | 45.11                 | 162.24                   | 0.14 | 0.46                             | 0.005    | 1        | 1508     | 3        | 8        | 51       |
| San Fernando     | Relacionado con intrusivos    | Batolito de la Costa     | 4.63                             | 0.89   | -                | 37.20                 | 157.47                   | 0.22 | 0.46                             | 0.008    | 1        | 10       | 3        | 7        | 27       |
| Sitiopata        | IOCG                          | Batolito de la Costa     | 7.67                             | 1.27   | -                | 36.28                 | 182.83                   | 0.19 | 1.04                             | 0.006    | 5        | 700      | 6        | 23.9     | 100      |
|                  |                               | Batolito de la Costa     | 12.94                            | 1.05   | 66.69            | 48.71                 | 182.93                   | 0.20 | 2.38                             | 0.005    | 8        | 50       | 2        | 37.4     | 70       |
| Apumayo          | Epitermal indiferenciado      | Grupo Tacaza             | 20.44                            | 0.62   | 59.52            | 50.01                 | 193.33                   | 0.27 | 2.06                             | -        | 1        | 42       | 4        | 15       | 155      |
| Astohuaraca      | Epitermal indiferenciado      | Formación Caudalosa      | 9.60                             | 0.72   | -                | 43.41                 | 251.64                   | 0.33 | 0.85                             | 0.005    | 5        | 20       | 4        | 106.5    | 130      |
| Chauja           | Epitermal indiferenciado      | Dique pórfido andesítico | 5.35                             | 0.72   | -                | 33.49                 | 209.22                   | 0.33 | 1.05                             | 0.009    | 5        | 20       | 2        | 10.6     | 200      |
| Chekcha          | Epitermal indiferenciado      | Formación Sacsaguero     | 10.92                            | 0.71   | -                | 39.93                 | 192.73                   | 0.24 | 1.28                             | 0.005    | 5        | 40       | 2        | 124      | 150      |
| Coquimbana       | Vetiforme                     | Andesita porfírica       | 2.72                             | 0.71   | -                | 21.17                 | 171.24                   | 0.24 | 0.23                             | 0.005    | 1        | 98       | 2        | 9        | 70       |
| Dólar            | Epitermal indiferenciado      | Formación Caudalosa      | 8.81                             | 0.96   | -                | 36.75                 | 235.26                   | 0.30 | 0.94                             | 0.005    | 6        | 60       | 2        | 192      | 170      |
| Huáchac          | Epitermal indiferenciado      | Andesita porfírica       | 5.84                             | 0.78   | -                | 35.14                 | 201.36                   | 0.27 | 0.83                             | 0.005    | 5        | 40       | 2        | 97.4     | 130      |
|                  |                               | Pórfido diorítico        | 7.60                             | 0.68   | -                | 38.35                 | 201.36                   | 0.44 | 0.36                             | 0.005    | 6        | 50       | 2        | 5.9      | 90       |
| Huancapuscca     | Epitermal indiferenciado      | Pórfido dacítico         | 5.47                             | 0.87   | -                | 30.38                 | 240.59                   | 0.37 | 1.78                             | 0.005    | 5        | 50       | 2        | 866      | 480      |
| Jatun Orco       | Epitermal de baja sulfuración | Formación Castrovirreyna | 8.73                             | 0.88   | -                | 39.73                 | 209.52                   | 0.23 | 0.65                             | 0.007    | 1        | 37       | 2        | 14       | 142      |
| La Merced        | Vetiforme                     | Formación Sacsaguero     | 6.53                             | 0.89   | -                | 36.65                 | 207.46                   | 0.23 | 1.24                             | 0.005    | 13       | 70       | 2        | 33       | 110      |
| Porfía           | Epitermal indiferenciado      | Formación Castrovirreyna | 9.18                             | 0.92   | -                | 36.32                 | 202.93                   | 0.32 | 0.69                             | 0.005    | 1        | 38       | 2        | 11       | 91       |
| San Genaro       | Epitermal indiferenciado      | Pórfido dacítico         | 7.79                             | 1.13   | -                | 36.98                 | 243.68                   | 0.36 | 1.01                             | 0.005    | 6        | 70       | 2        | 87.6     | 220      |
| San Martín Betas | Epitermal indiferenciado      | Grupo Barroso            | 10.87                            | 1.00   | -                | 45.63                 | 189.62                   | 0.19 | 0.70                             | 0.005    | 1        | 7        | 3        | 13       | 38       |

...continuación de Cuadro 5.1

| Yacimiento    | Tipo de yacimiento       | Unidad litológica | LaN/YbN     | Eu/Eu*    | SiO <sub>2</sub> | Profundidad Moho* (km) | Distancia a la fosa (km) | U/Th      | NbN/TaN   | Au (ppm) | Ag (ppm) | Cu (ppm) | Mo (ppm) | Pb (ppm)    | Zn (ppm) |
|---------------|--------------------------|-------------------|-------------|-----------|------------------|------------------------|--------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| Tipicancha    | Epitermal indiferenciado | Grupo Barroso     | 15.07       | 1.38      | -                | 48.96                  | 237.71                   | 0.30      | 0.64      | 0.005    | 1        | 32       | 3        | 11          | 155      |
| Grupo Barroso | -                        | Félsico           | 41.95-18.59 | 1.07-0.74 | 68.90-64.25      | 61.54-46.98            | 210.36-175.73            | 0.29-0.16 | 1.49-0.83 | -        | 1        | 38-9     | 6-1.08   | 16.59-14.08 | 98-53    |
|               |                          | Intermedio        | 25.33-7.66  | 1.16-0.63 | 63.11-53.25      | 52.81-37.28            | 251.53-176.21            | 0.35-0.24 | 1.60-0.57 | -        | 1-0.2    | 77-5     | 10-1.39  | 20-8        | 137-72   |
|               |                          | Máfico            | 11.80-8.30  | 0.94-0.71 | 51.99-49.03      | 41.61-35.85            | 246.37-214.35            | 0.30-0.29 | 1.26-1.21 | -        | 1-0.2    | 55-53    | 6-2      | 9-5         | 128-94   |
| Grupo Tacaza  | -                        | Félsico           | 13-50-11.21 | 1.12-0.95 | 68.18-66.45      | 45.39-41.66            | 228.82-226.74            | 0.34-0.23 | 0.91-0.38 | -        | 1        | 23-5     | 4-2      | 22-15       | 74-71    |
|               |                          | Intermedio        | 17.53-11.22 | -         | 61-92-57.58      | 47.36-40.39            | 226.12-194.92            | 0.27-0.21 | 1.94-1.03 | -        | 1        | 30-25    | 4-3      | 16-8        | 113-83   |

De la Tabla 5.1 se pueden observar, adicionalmente a lo señalado en las figuras anteriores:

El parámetro  $L_{AN}/Y_{bN}$  tiende a aumentar con el incremento de  $SiO_2$  para el Grupo Barroso, contrariamente a lo que ocurre para el Grupo Tacaza.

- Para el Grupo Barroso, la profundidad del Moho, el espesor cortical, aumenta con el contenido de  $SiO_2$ .  
Para las muestras del Grupo Tacaza y Barroso a nivel regional, los valores  $Eu/Eu^*$  se encuentran entre 0.63 y 1.16, los de  $U/Th$  se encuentran entre 0.16-0.35 y los de  $Nb_N/Ta_N$  se encuentra entre 0.38-1.94.
- La muestra de San Cristóbal presenta el valor más alto de  $Eu/Eu^*$  correspondiente a 1.45, así como también el valor más bajo de  $U/Th$ . Esto puede indicar un magmatismo poco diferenciado y altamente hidratado.  
Las muestras correspondientes a los intrusivos porfídicos (pórfido andesítico-Huáchac, pórfido dacítico-Huancarpusca, pórfido dacítico-San Genaro) presentan los valores más altos de  $U/Th$ , para los volcánicos Paleógenos-Neógenos regionales (0.16-0.37), que indica el influjo en profundidad de fluidos ricos en complejos clorurados.
- El volcánico Grupo Tacaza en Apumayo presenta un valor de  $L_{AN}/Y_{bN}$  de 20.44, superior al rango del Grupo Tacaza a nivel regional (11.21-17.53) y muy superior al resto de volcánicos Paleógenos-Neógenos vinculados a epitermales. También presenta un valor de  $Nb_N/Ta_N$  superior al rango de volcánicos Paleógenos-Neógenos a nivel regional, lo que puede señalar un intenso metasomatismo del manto.

## CAPÍTULO VI

### POTENCIAL MINERO DEL BLOQUE NORTE

El potencial minero del sector norte, responde a los análisis de las capas o datasets: Estructural, aeromagnético, yacimientos y geoquímica de sedimentos principalmente. Las interpretaciones para los data sets y su valoración se puede ver en la Tabla 6.1.

#### **6.1 Anomalías Gravimétricas e Intersecciones Estructurales**

Los datos estructurales de campo y las anomalías gravimétricas interpretadas muestran un cierto grado de correlación. Destacan algunas zonas como Acobambilla (oeste de Huancavelica), el sector de Picomachay-Dorita con la falla Dorita, en el sector La Virreyna-Candelaria-San Genero, Incasol Capillas-Ticrapo (Castrovirreyna) relacionado con la falla Murcuto, Matara relacionada con la falla Matara, Mollecancha-Nina Ccaca, San Cristóbal, San Martín Betas, Otoa, Machocruz-Curianta relacionada a la falla San Juan de Lucanas (Lucanas, Ayacucho); al igual que el sector de Rubí-Jellominas, Sunchopampa, Cellocasa, Breapampa con la falla Breapampa (Coracora), Palla Palla relacionada con la caldera Cora Cora, Inmaculada y Cresta de Gallo-Luicho. Y todas estas bastante correlacionables con anomalías satelitales, así como con intrusivos y rocas volcánicas.

##### **6.1.1 Mapa de Anomalía de Bouguer.**

Muestra anomalías gravimétricas con bajos gravimétricos y asociadas a cuerpos máficos. La anomalía de *Bouguer* se basa en el estudio de campo natural de las rocas en donde no sólo tiene en cuenta la variación de la gravedad con la altura, como la de *aire libre* (diferencia entre el valor de gravedad observado y el valor de gravedad teórico), sino que también tiene en cuenta las masas presentes entre el punto de observación y la superficie de referencia (geoide), y que representan sobre todo de cambios de densidad a nivel cortical y cambios en el grosor de la corteza terrestre.

Los datos representan la combinación de información de gravedad de alta resolución utilizando los satélites Geosat (1985-1990) y ERS-1(1991-1995) (Smith & Sandwell, 1997). Como resultado a la reducción de los datos satelitales se obtuvo el mapa de la anomalía de Bouguer Completa, el cual nos indica anomalías que representan el exceso de masas por debajo del nivel topográfico.

El mapa muestra las siguientes anomalías gravimétricas de importancia de altos gravimétricos relacionados a las unidades intrusivas del Batolito de la Costa, como la Superunidades Linga relacionadas a las intrusiones mesócratas de dioritas y gabros asociadas a los depósitos IOCGs; la Superunidad Tiabaya de rocas granudas relacionadas a los depósitos IOCGs. Además tenemos algunos en unidades volcánicas como las formaciones Tacaza y Barroso relacionadas espacialmente a los depósitos epitermales de alta sulfuración, baja sulfuración. Mientras que los bajos gravimétricos se encuentran asociadas a unidades sedimentarias y en algunos casos a unidades volcánicas en especial a la parte oriental (Mapa 17).

##### **6.1.2 Interceptaciones Estructurales**

Las intersecciones estructurales interpretadas muestran importantes áreas con interceptación entre los lineamientos andinos y algunas estructuras. Estas áreas son generalmente concordantes con las anomalías de bajos gravimétricos y de anomalías de cuerpos máficos principalmente al sur y norte. Las ubicaciones de yacimientos minerales en muchos casos están relacionadas con estas interceptaciones estructurales como en Picomachay-Dorita, Candelaria, Ticrapo, Sitiopata, Jatun Orcco, Minasnioc, Nina Ccaca, Coquimbana, Lara, Otoa, Machocruz, San Pedro, Apumayo, Sunchopampa, Breapampa, Inmaculada Luicho. El mapa (Mapa 2) muestra importantes estructuras que comprende de norte a sur a La Falla Dorita relacionada con epitermales, y en menor medida a la Falla Murcuto ambas de dirección ONO. Al sur de la zona y relacionada a epitermales están la Falla San Juan de Lucanas y la Falla Breapampa ambas de dirección NO-SE, y cerca a Breapampa



está el importante metalotecto de la Caldera Breapampa. Mientras en la zona central tenemos a la Falla Matara relacionada a los depósitos IOCG. Debido a la gran cobertura volcánica no se han delineado grandes fallamientos regionales.

Asimismo tenemos una cantidad de interceptos estructurales delimitados mediante lineamientos en imágenes satelitales como (ver Mapa 2):

1. Bethania
2. Acobambilla
3. Huacullo
4. Picomachay-Dorita
5. Blanco estructural 5
6. Blanco estructural 6
7. Tantar-Chupamarca
8. San Juan-Santa Beatriz
9. Ticrapo-Mollepampa
10. Castrovirreyna-Candelaria
11. Blanco estructural 11
12. Pilpichaca
13. Blanco estructural 13
14. Murcuto
15. Quito Arma-Huayacundo Arma
16. Tingo
17. María Elena-Cahuiña
18. Blanco estructural 18
19. Chicullay-Sitiopata
20. Santa Rosa de Tambo
21. Blanco estructural 21
22. Blanco estructural 22
23. Minasnioc
24. Jatun Orcco
25. Matara
26. Puquio-Llipapata
27. Mollecancha-Tibillo
28. Antapite-Laramarca
29. Querco
30. Titiminas
31. Blanco estructural 31
32. Blanco estructural 32
33. Blanco estructural 33
34. Llauta-Huac-Huas
35. Monta-Coquimbana

36. Lara-San Cristóbal
37. San Fernando-Agua Perdida
38. Otoa-Ocaña
39. Lucanas-San Juan
40. Puquio-San Pedro
41. Palla Palla
42. Apumayo-Chaviña
43. Sunchopampa
44. Pullo
45. Breapampa-Valeria
46. Blanco estructural 46
47. Jello Pata-Inmaculada
48. Blanco estructural 48
49. Luicho-Pausa

## **6.2 Depósitos con Ocurrencias Minerales**

La ubicación de los yacimientos y/o ocurrencias minerales, es compatible con la ubicación de las anomalías gravimétricas y estructurales, los principales yacimientos como **Huacullo, Picomachay, San Genaro, Ticrapo, Incasol Capillas, Ticrapo, Maria Elena, Tingo, Sitiopata, Matara, Andaymarca, Nina Ccaca, Jatun Orcco, Minasnioc, San Martín Betas, Lara, Chavincha-Otoa, Fortuna 85, Machocruz, Curianta, Chumpihuato, Palla, Celloccasa, Breapampa, Inmaculada, Luicho**, relacionados directamente con las intersecciones de fallas del mapa estructural, anomalías de altos gravimétricos y en algunos casos anomalías satelitales indicando una asociación entre estructuras y fuentes de mineralización, y en donde por tanto podemos proyectar su emplazamiento, en zonas donde estos estarían ocultos (Depósitos ciegos). Destacan en este sentido los epitermales (Ver Mapa 3 de Depósitos Minerales)

## **6.3 Anomalías Geoquímicas de Sedimentos de Quebradas Activas**

Se han preparado un mapa de anomalías en sedimentos de quebrada en base a la data de que dispone el INGEMMET y cuyo resultado se puede observar en la Figura 6.1. Se observa una correlación clara entre altas anomalías de Ag, Zn, Cu, Pb, As y el yacimiento San Genaro. Del mismo modo tenemos una anomalía fuerte de As relacionado con Picomachay. El sector de Tingo, cerca de Huaytará tenemos también interesantes anomalías en Cu y Pb. En Antapite tenemos una importante anomalía de Pb. En el sector de Laramate se tiene una interesante anomalía en Pb y Cu. Del mismo modo al sur de Cora Cora tenemos una anomalía interesante de Pb.

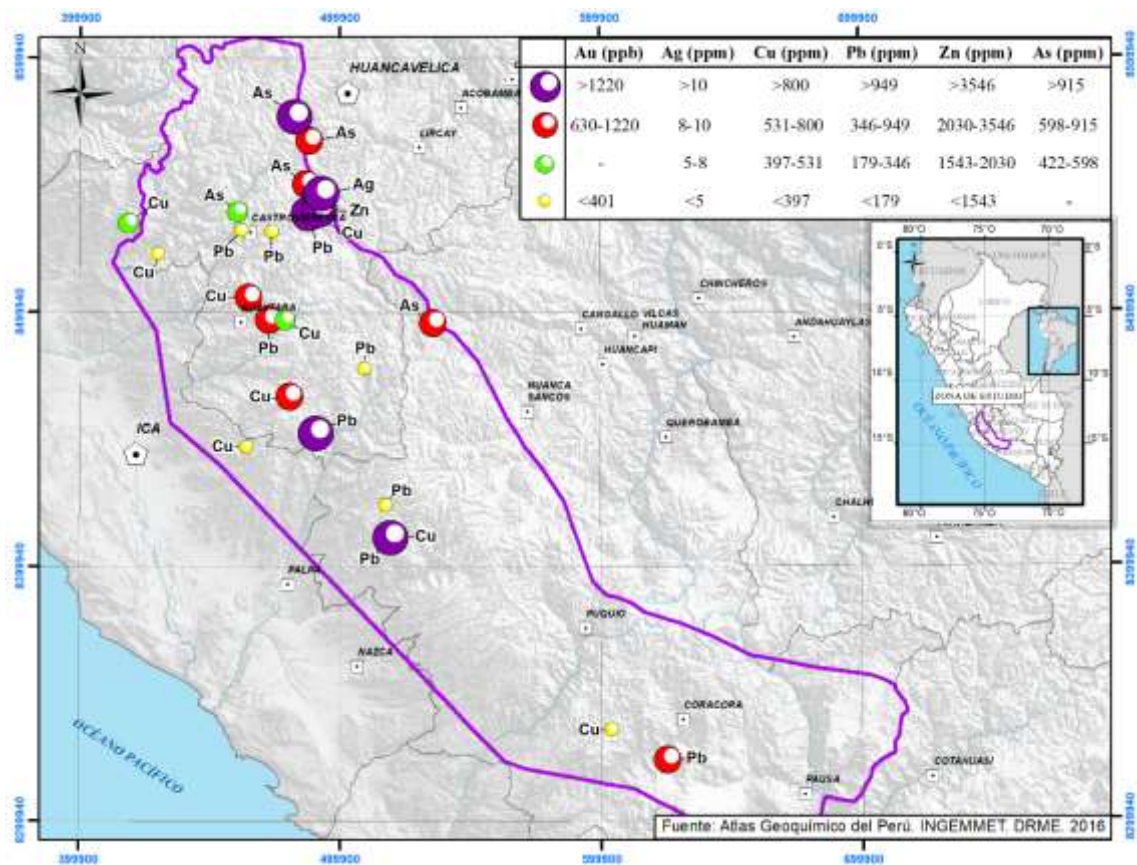


Figura 6.1.- Mapa de anomalías de sedimentos de quebrada activa.

#### 6.4 Sectores con Potencial de Exploración

Los sectores o áreas con potencial de exploración basada en los análisis y conjunción de datos como ocurrencias minerales, estructurales, geofísicos y geoquímicos se muestran el Mapa 18, donde se muestra los *targets* de exploración. Muchos *targets*, se ubican en áreas semienterradas, teniendo el potencial para encontrarse depósitos ocultos. El mapa de potencial exploratorio trata de mostrar las posibilidades de exploración basados en las interpretaciones siguientes:

1. Los mapas geofísicos de gravimetría muestran componentes entre altos y bajos que indican presencia de cuerpos intrusivos máficos de mayor densidad que están asociados a algunos yacimientos minerales como los IOCGs.
2. El mapa estructural muestra áreas con interceptación estructural concordante con afloramientos de yacimientos minerales y sus concordante con las anomalías geofísicas
3. El mapa de alteraciones tipo SENTINEL, muestra áreas de alteración en óxidos de hierro y arcillas
4. El mapa geoquímico de sedimentos de quebrada activos muestra algunas anomalías en Ag, Cu, Pb, Zn y As, que serían concordante con los *targets* propuestos.

##### 6.4.1 Sectores propuestos y prioridades de exploración

Los sectores con potencial para la exploración se observan en la Tabla 6.1 (Mapa 18, Targets de Exploración) en donde se han determinado **26 áreas potenciales**.

**Las áreas con mayores posibilidades de exploración son de prioridad "I":**

Bethania, Dorita-Picomachay, La Virreyna-Astohuaraca, María Elena-La Merced, Jatun Orcco, San Martín Betas, Chavincha-Otoca, Jellominas-Quilca, Breapampa-Valeria, Inmaculada-Jello Pata-Luicho

**Las áreas de segundo orden “II” son:**

Huacullo, Santa Beatriz, Incasol Capillas-Huáchac, Murcuto, Matara, Minasnioc, Lara-Saramarca, Palla Palla, Pallarnyoc-Sunchopampa.

**Áreas de tercer y cuarto orden “III” son:**

Cerro Jatun Punco, Chicullay-Sitiopata, Cerro Jarhuacante, Puquio-Andaymarca, Mollecancha-Nina Ccaca, San Juan de Lucanas-Curianta, Cerro Acco



Tabla 6.1.-Cuadro resumen con *targets* de exploración de acuerdo al orden de prioridad, basados en datos de yacimientos, geoquímicos, geofísicos y estructurales.

| Sector                   | Imagen Satelital Sentinel | Gravimetría | Estructural | Geoquímica | Depósitos-Proyectos                   | Tipo                 | Condición    | Prioridad |
|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|---------------------------------------|----------------------|--------------|-----------|
| Bethania                 | x                         | x           | x           |            | Bethania                              | Epitermal            | Afloramiento | I         |
| Huacullo                 | x                         |             | x           |            | Huacullo                              | Pórfido-Epitermal    | Afloramiento | II        |
| Cerro Jatun Punco        | x                         |             | x           |            |                                       |                      | Oculto       | III       |
| Dorita-Picomachay        | x                         |             | x           | x          | Dorita-Picomachay                     | Epitermal            | Afloramiento | I         |
| Santa Beatriz            |                           | x           | x           |            | Santa Beatriz                         | Epitermal            | Afloramiento | II        |
| La Virreyna-Astohuaraca  |                           | x           | x           | x          | La Virreyna-Astohuaraca               | Epitermal            | Afloramiento | I         |
| Incasol Capillas-Huáchac |                           | x           | x           |            | Incasol Capillas-Huáchac              | Epitermal            | Afloramiento | II        |
| Murcuto                  | x                         |             | x           |            | Murcuto                               | Vetas                | Afloramiento | II        |
| Maria Elena-La Merced    |                           | x           | x           | x          | Maria Elena-Chekcha-Cahuiña-La Merced | IOCG-Vetas-Epitermal | Afloramiento | I         |
| Chicullay-Sitiopata      |                           | x           | x           |            | Chicullay-Sitiopata                   | IOCG                 | Afloramiento | III       |
| Cerro Jarhuacante        | x                         |             | x           |            |                                       |                      | Oculto       | III       |
| Matara                   | x                         | x           | x           |            | Matara                                | IOCG                 | Afloramiento | II        |
| Jatun Orcco              | x                         | x           | x           |            | Jatun Orcco                           | Epitermal            | Afloramiento | I         |
| Minasnioc                | x                         |             | x           |            | Minasnioc                             | Epitermal            | Afloramiento | II        |

Tabla 6.1.-Cuadro resumen con *targets* de exploración de acuerdo al orden de prioridad, basados en datos de yacimientos, geoquímicos, geofísicos y estructurales (Continuación).

| Sector                       | Imagen Satelital Sentinel | Gravimetría | Estructural | Geoquímica | Depósitos-Proyectos                                      | Tipo                                     | Condición    | Prioridad |
|------------------------------|---------------------------|-------------|-------------|------------|--|--|--------------|-----------|
| Puquio-Andaymarca            |                           | x           | x           |            | Puquio-Andaymarca  | Epitermal-IOCG                           | Afloramiento | III       |
| Mollecancha-Nina Ccaca       |                           | x           | x           |            | Mollecancha-Nina Ccaca                                   | Vetas-IOCG                               | Afloramiento | III       |
| San Martín Betas             | x                         | x           | x           |            | San Martín Betas   | Epitermal                                | Afloramiento | I         |
| Lara-Saramarca               |                           | x           | x           |            | Lara-Saramarca-Cápac Grande-Cápac<br>Chico-San Cristóbal | Vetas-Pórfidos-IOCG                      | Afloramiento | II        |
| Chavincha-Otoca              | x                         | x           | x           |            | Chavincha-Otoca-Collamayo                                | Vetas                                    | Afloramiento | I         |
| San Juan de Lucanas-Curianta | x                         |             | x           |            | San Juan de Lucanas-Curianta-Machocruz                   | Vetas-Epitermales                        | Afloramiento | III       |
| Jellominas-Quilca            | x                         | x           | x           |            | Jellominas-Quilca-Rubí                                   | Epitermal-Relacionado a intrusivos-Vetas | Afloramiento | I         |
| Palla Palla                  | x                         |             | x           |            | Palla Palla  | Epitermal                                | Afloramiento | II        |
| Pallarnyoc-Sunchopampa       | x                         | x           | x           |            | Pallarnyoc-Sunchopampa                                   | Vetas                                    | Afloramiento | II        |
| Breapampa-Valeria            |                           |             | x           | x          | Breapampa-Valeria  | Epitermal                                | Afloramiento | I         |
| Cerro Acco                   | x                         | x           |             |            |  |  | Oculto       | III       |
| Inmaculada-Jello Pata-Luicho | x                         | x           | x           |            | Inmaculada-Jello Pata-Luicho                             | Epitermal                                | Afloramiento | I         |



## CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones encontradas en el estudio tenemos:

### 1) Para las características litogeoquímicas magmáticas:

- En San Cristóbal una muestra geoquímica presenta el valor más alto de  $Eu/Eu^*$  correspondiente a 1.45, así como también el valor más bajo de  $U/Th$ . Esto puede indicar un magmatismo poco diferenciado y altamente hidratado. Mientras las muestras correspondientes a los intrusivos porfídicos (pórfido andesítico-Huáchac, pórfido dacítico-Huancarpuscca, pórfido dacítico-San Genaro) presentan los valores más altos de  $U/Th$ , para los volcánicos Paleógenos-Neógenos regionales (0.16-0.37), que indica el influjo en profundidad de fluidos ricos en complejos clorurados.
- El volcánico Grupo Tacaza en Apumayo presenta un valor de  $La_N/Yb_N$  de 20.44, superior al rango del Grupo Tacaza a nivel regional (11.21-17.53) y muy superior al resto de volcánicos Paleógenos-Neógenos vinculados a epitermales. También presenta un valor de  $Nb_N/Ta_N$  superior al rango de volcánicos Paleógenos-Neógenos a nivel regional, que señalan un intenso metasomatismo del manto.
- Asimismo el Grupo Tacaza de composición félsica y los de composición intermedia presentan un patrón lítrico de tierras raras, indicando fraccionamiento de anfíbol en la fuente, el que es indicador de un potencial del magma de generar mineralización, debido a que el anfíbol es una fase mineralógica hidratada y contribuye con fluidos hidrotermales al sistema.

### 2) Para las características metalogenéticas:

- Metalogénicamente, el área de estudio está enmarcada dentro de cinco franjas metalogenéticas: Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionada con intrusivos; Franja X de depósitos de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior; Franja XVII de depósitos epitermales de Au-Ag del Oligoceno; Franja XXI de depósitos epitermales de Au-Ag del Mioceno (con dos sub franjas XXI-A y XXI-C); y la Franja XXIII Depósitos epitermales de Au-Ag del Mioplioceno. Las más importantes son las de epitermales franjas XXI y XXIII, asimismo las franjas X de pórfidos y la IX de los relacionados a intrusivos de la costa.
- En base al estudio de inclusiones fluidas (IF) y datos de campo, tenemos que Andaymarca sería un depósito relacionado a intrusivos; mientras Monta tiene características de tipo greisen o cercana a los IOCG, que en base a consideraciones de campo sería de esta última clase.
- En base a los estudios de Espectros de minerales y Petromineralógicos tenemos que se ha identificado a San Antonio como epitermal en base a la espectrografía. Además se ha determinado cuarzo-alunita potásica con una leve lixiviación y óxidos de Fe con hematita, goethita, dickita, así como con otras determinaciones en el campo; mientras Ancos también tenemos un epitermal en donde petromineralógicamente se ha determinado sericita; para San Cristóbal tenemos presencia de alteración potásica con características de tipo IOCG. Además, otros depósitos se han reconocido e identificado en base a la información de campo y bibliográfica.
- La isotopía de Pb de los epitermales en Huancavelica muestran que los fluidos mineralizantes de Bethania poseen una fuerte interacción con las rocas silicoclásticas del Jurásico-Cretáceo, lo cual podría generar mineralización en forma de cuerpos y mantos en profundidad. En el caso de La Virreyna, estos poseen una fuerte interacción con las rocas volcánicas del Oligo-Mioceno, generando de esta manera vetas y cuerpos diseminados en profundidad. Mientras en Cahuiña están fuertemente afectados por el Batolito de la Costa, generando el enriquecimiento en Cu con expectativa por desarrollar pórfidos en profundidad.

### 3) Para el potencial minero:

Los sectores con potencial para la exploración en la zona de estudio son de **26 áreas**, teniendo en cuenta las siguientes herramientas: Imágenes satelitales Sentinel-2, Anomalías Geofísicas de tipo Gravimétrico, Estructural, Geoquímica y depósitos asociados.



- Las áreas con mayores posibilidades de exploración son de prioridad "I": Bethania, Dorita-Picomachay, La Virreyna-Astohuaraca, Maria Elena-La Merced, Jatun Orcco, San Martín Betas, Chavincha-Otoca, Jellominas-Quilca, Breapampa-Valeria, Inmaculada-Jello Pata-Luicho
- Las áreas de segundo orden "II" son: Huacullo, Santa Beatriz, Incasol Capillas-Huáchac, Murcuto, Matara, Minasnioc, Lara-Saramarca, Palla, Pallarnyoc-Sunchopampa.
- Las áreas de tercer y cuarto orden "III" son: Cerro Jatun Punco, Chicullay-Sitiopata, Cerro Jarhuacante, Puquio-Andaymarca, Mollecancha-Nina Ccaca, San Juan de Lucanas-Curianta, Cerro Acco

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta J. (2006a) - *Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú*. Informe Técnico interno DGPEM. INGEMMET. 26 p.
- Acosta J. (2006b) - *Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú (Latitudes 14° - 16°S)* Informe Técnico interno. 20 p.
- Acosta J. (2007) - *Las inclusiones fluidas como guías de exploración en depósitos de minerales. Ejemplo: El pórfido de cobre Lara. Ayacucho – Perú*. Tesis de Maestría. Red DESIR-ALFA. Tesis MSc Internacional. Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. 97p.
- Acosta J. & Santisteban A. (2007) - *Estudio de los arcos magmáticos del Mesozoico y Cenozoico del sur del Perú*. Informe Técnico interno DRME. INGEMMET. 21 p.
- Acosta, J.; Quispe, J.; Santisteban, A. & Acosta, H. (2008) - Épocas metalogénicas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s. En: Congreso Peruano de Geología, 14. *CD Resúmenes extendidos, C28*
- Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D., et al. (2009) – Mapa metalogénico del Perú 2009: memoria (en línea), informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 17 p. (Consulta: 15 de mayo del 2015). Disponible en:  
[http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/469411/2009\\_Memoria\\_Mapa\\_Metalogenico.pdf/3cb6c3b0-9ff9-4b6e-912e-8d01de41eaf4](http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/469411/2009_Memoria_Mapa_Metalogenico.pdf/3cb6c3b0-9ff9-4b6e-912e-8d01de41eaf4)
- Agar R. & Bel L. (1985) - The Linga super-unit: high-k diorites of the Arequipa segment. Pitcher, Wallace Spencer, ed.; Atherton, Michael P., ed.; Cobbing, Edwin John, ed.; Beckinsale, Robert D., ed., *Magmatism at a plate edge. The Peruvian Andes*. Glasgow: Blackie & Son, 1985, p.119-127
- Aliaga, H. (2008) - *Informe de la Evaluación Geológica de la zona de Jatun Orcco Sur y Jatun Orcco Norte*. Memorándum interno 331-G08. Cía Buenaventura. 3 p.
- Atencio, E. & Raymundo, T. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Laramate (29-n), Escala 1:100 000*. Lima: INGEMMET, 2003. 27 p.
- Baier, J.; Audetat, A. & Keppler, H. (2008) - Origin of the negative Niobium Tantalum anomaly in subduction zone magmas. *Earth and Planetary Science Letters*. v. 267 (1-2), p. 290-300.
- Beckinsale, RD.; Sanchez, A. & Brook, M. (1985) - Rb-Sr whole-rock isochron and K-Ar age determinations for the coastal batholith of Peru. *Magmatism at a plate edge, the Peruvian Andes*. New York: John Wiley & Sons, 1985, p.177-202.
- Benavides, V. (1999). - Orogenic Evolution of the Peruvian Andes: The Andean Cycle. En: Skinner, B. J., ed. *Geology and Mineral Deposits of the Central Andes*. Littleton, Colorado: Society of Economic Geologists, *Special Publication 7*, p. 61-107.
- Bouse, R.; Ruiz, J.; Titley, S.; Tosdal, R. & Wooden, J. (1999) - Lead isotope composition of the Late Cretaceous and early Tertiary igneous rocks and sulfide minerals in Arizona: Implications for the sources of plutons and metals in porphyry copper deposits: *Economic Geology*. 94: 211-244.
- Buenaventura, C (2004) - *Proyecto Minasnioc: Actividades y resultados 2004*. Informe Interno. 5 p.
- Buenaventura, C. (2009) - *Geología del Yacimiento Antapite*. Informe interno. 20 p.
- Carlotto, V.; Jaillard, E.; Carlier, G.; Cárdenas, J.; Cerpa, L.; Flores, T.; Latorre, O. & Ibarra, L. (2005) - Las cuencas terciarias sinorogénicas en el Altiplano y en la Cordillera Occidental del sur del Perú. *Sociedad Geológica del Perú, Volumen especial N°6 "Alberto Giesecke Matto"*, p. 103-126.

- Castillo, J.; Barreda, J. & Vela, Ch. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Laramate y Santa Ana. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 45, 66 p.
- Chew, D.; Pedemonte, G. & Corbett, E. (2016) - Proto-Andean evolution of the Eastern Cordillera of Peru. *Gondwana Res.* 35, 59–78.
- Chiaradia, M. (2014) - Copper enrichment in arc magmas controlled by overriding plate thickness. *Nature Geosci* 7 : 43–46
- Cobbing, Edwin John; Ozard, J.M; Snelling, N.J. (1977) - Reconnaissance geochronology of the crystalline basement rocks of the coastal cordillera of Southern Peru. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 88, n. 2, pp. 241-246, February 1977.
- Cobbing, E. J. (1978) - The Andean geosyncline in Peru and its distinction from Alpine geosynclines, *Jour. Geol. Soc. London*, 135, p.207-218.
- Compañía Minera Caravelí SAC (2013) - Estudio de impacto ambiental semidetallado Proyecto minero de exploración Cahuiña. (Consulta: 15 de octubre del 2018). Disponible en <<http://www.monitoreoambiental.com/download/6.%20EIA-proyecto-exploracion-cahuina.pdf>>
- Condori, A. et. al (2002) - *Mineralización Aurífera en Vetas de Baja Sulfuración en el Prospecto Jatun Orcco – Huaytará – Huancavelica*. Inf. Cía. De Minas Buenaventura
- Condori, L.; Naula, J. & Apaza, B. (2017) - *Estudio Geológico del Proyecto Corihuacullo*. Informe interno. Minera Andina de Exploraciones SAA.
- Dávila, D. (1991) – Geología del cuadrángulo de Pacapausa. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 41, 72 p.
- Dávila, F. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Pisco, Guadalupe, Punta Grande, Ica y Córdova. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 47, 62 p., 1993
- De la Cruz, N. & Jaimes, F. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Santiago de Chocorvos (28-m)*, Escala 1:50 000.
- De la Cruz, N. & Jaimes, F. (2003b) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Córdova (29-m)*, Escala 1:50 000.
- De la Cruz, J. & De la Cruz, O. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Nasca (30-n)*, Escala 1:100 000. Lima: INGEMMET, 2003. 20 p.
- Díaz, G. & Milla, D. (2003) - *Revisión y actualización de los cuadrángulos de Jaqui (31-ñ), Coracora (31-o), Chala (32-ñ) y Chaparra (32-o)*, Escala 1:100 000. Lima: INGEMMET, 54 p.
- Guerrero, A (2008) - *Estudio de caso: exploración en sistema grande de vetas auríferas de baja sulfuración investigaciones desarrolladas en el proyecto Minero Antapite, Huancavelica, Perú*. Bogotá, 10 p.
- Henley, R.; Truesdell, A.; Barton, P. & Whitney, J. (1984) - Fluid-mineral equilibria in hydrothermal systems : Society of Economic Geologists, *Reviews in Economic Geology*. 1 : 267p
- Hochschild (2018) - Inmaculada. (Consulta diciembre del 2018). Disponible en <[http://www.hochschildmining.com/es/nuestras\\_operaciones/operaciones\\_actuales/inmaculada\\_peru](http://www.hochschildmining.com/es/nuestras_operaciones/operaciones_actuales/inmaculada_peru)>
- Inca, P. & Cayo, E. (1989) - *Geología y Mineralización del Yacimiento Epitermal Palla, Ayacucho-Perú*. Buenaventura Ingenieros S.A.

- Ínjoque, J.; Rodríguez, I. & Álvarez-Calderón, B. (2002). Geología del distrito minero aurífero Orión, Caravelí, Arequipa. En: Congreso Peruano de Geología, 11. *Resúmenes*. Sociedad Geológica del Perú, tomo 1, pp. 449-463.
- Ingemmet (2018) - Base de datos del Ingemmet. 2018
- Kamenov, G.; Mueller, P. & Perfit, M. (2004) - Optimization of mixed Pb-Tl solutions for high precision isotopic analyses by MC-ICP-MS: *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, v. 19, no. 9, p. 1262-1267.
- Keppler, H. & Willie, P. J. (1990). Role of fluids in transport and fractionation of uranium and thorium in magmatic processes. *Nature*. v. 348, p. 531-533.
- Klinck, B.; Allison, R. & Hawkins, M. (1986) - The Geology of the Cordillera Occidental and Altiplano West Lake Titicaca, Southern: Lima, Peru, British Geol. Survey INGEMMET, p. 353.
- Li, L.; Xiong, X. L. & Liu, X. C. (2017) - Nb/Ta Fractionation by Amphibole in Hydrous Basaltic Systems: Implications for Arc Magma Evolution and Continental Crust Formation. *Journal of Petrology*. Vol 58(1), p. 3-28.
- Lagesa – C.F.G.S. (1996) – Geología de los cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 70*, 185 p.
- Latinominería (2016) – Inmaculada, la más nueva mina peruana en entrar en operación. *Revista Latinominería*. (Consulta 25 de enero del 2016). Disponible en <<http://www.latinomineria.com/reportajes/inmaculada-la-mas-nueva-mina-peruana-en-entrar-en-operacion/>>
- León, W. & Torres, V. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Punta Grande (29-k), Ica (29-l), Lomitas (30-l), Palpa (30-m), San Juan (31-m), Acari (31-n) y Yauca (32-n), Escala 1:100 000*. Lima: INGEMMET, 2003, 26 p.
- Loewy, S.; Connelly, J. & Dalziel, I. (2004) - An orphaned basement block: The Arequipa-Antofalla Basement of the central Andean margin of South America. *Bull. Geol. Soc. Am.* 116, 171–187. <https://doi.org/10.1130/B25226.1>
- Mantle & Collins (2008) - Quantifying crustal thickness variations in evolving orogens: correlations between arc basalt composition and Moho depth. *Geology*, v.36. p. 162-182.
- Mamani, M.; Navarro, P.; Carlotto, V.; Acosta, H.; Rodríguez, J.; Jaimés, F.; Santos, A.; Rodríguez, R.; Chávez, L.; Cueva, E. & Cereceda C. (2010a) – Arcos Magmáticos Meso-Cenozoicos del Perú y su relación con ocurrencias metálicas. Congreso Peruano de Geología, 15, Lima, 2010. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, v. 9, p. 563-570.
- Mamani, M.; Wörner, G. & Sempere, T. (2010b) - Geochemical variations in igneous rocks of the Central Andean orocline (13°S to 18°S): Tracing crustal thickening and magma generation through time and space. *Bull. Geol. Soc. Am.* 122, 162–182.
- Martínez, W. & Cervantes, J. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Pausa (31-p), Escala 1:100 000*. Lima: INGEMMET, 19p.
- Minera Sílex Perú (2009) – Declaración de Impacto Ambiental – Proyecto Palla Palla. Resumen Ejecutivo. Minera Sílex Perú SRL. Informe interno. 77p.
- Ministerio de Energía y Minas (2019) - Producción Minera Anual 2011-2019. MEM. (consulta: diciembre del 2019). Disponible en: <[http://www.minem.gob.pe/\\_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12501](http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=12501)>
- Montoya, M.; García, W. & Caldas, J. (1994) - Geología de los cuadrángulos de Lomitas (30-l), Palpa (30-m), Nasca (30-n) y Puquio (30-ñ). *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, 53*, 100 p.



- Moore, N. D. and Agar, R. A. (1985) - Variations along a batholith: The Arequipa segment of the Coastal Batholith of Peru: in Pitcher, W. S., Atherton, M. P., Cobbing, E. J., and Beckinsale, R. D. (eds) "Magmatism at a Plate Edge: The Peruvian Andes", John Wiley & Sons, p.108-118.
- Mukasa, S. & Tilton, G. (1985) - Pb isotope systematics as a guide to crustal involvement in the generation of the coastal batholith, Peru. Pitcher, W.S., Atherton, M.P., Cobbing, E.J., Beckinsale, R.D., Magmatism at a plate edge, the peruvian Andes. New York: John Wiley & Sons, p. 235-238
- Mukasa, S. (1986) - Common Pb isotope compositions of the Lima, Arequipa and Toquepala segments in the Coastal batholith, Perú: Implications for magmagenesis. *Geochemica et Cosmochimica Acta*. 50: 771-782.
- Mukasa, S.; Vidal, C. & Injoke, J. (1990) - .Pb isotope bearing on the metallogenesis pf sulfide ore deposits in central and southern Peru: *Economic Geology*, 85: 1438-1446.
- Nakamura N. (1974) - Determination of REE, Ba, Fe, Mg, Na, and K in carbonaceous and ordinary chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 38, p 757-775.
- Noble C.D., Petersen U., Mekke E.H. & Arenas M., 1972. Cenozoic volcanotectonic evolution of the Julcani, Huachocolpa, Castrovirreyna, Area Central Peru. Soc. Geol. Amer. Abstract whit program 4.
- Noble, D.; Mckee, E. & Megard, F. (1979) - Early Tertiary "Incaic" tectonism, uplift and volcanic activity, Andes of Central Peru. *Geological Society of America Bulletin*, vol. 90, n. 10, p. 903-907
- Noble, D. C. & McKee, E. (1999) - The Miocene metallogenic belt of central and northern Peru. In Skinner, B. J., ed., *Geology and Mineral Deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists, *Special publication 7*, p. 155-193.
- Noble, D.; Vidal, C.; Angeles, C.; Wise, J.; Zanneti, K. & Spell, T. (2005) – Caldera related ash-flow tuff of Paleocene age in central Perú and its significance for late Cretaceous and Paleocene magmatism, sedimentation and tectonism. *Sociedad Geológica del Perú, Boletín Especial*, 6, p. 127-140.
- Olchanski, E. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Jaqui, Coracora, Chala y Chaparra; Hojas 31-ñ, 310-o, 32-ñ, 32-o. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 34, 69 p.
- Palacios, O. (1994) - Geología del Cuadrángulo de Santiago de Chocorvos (28-m) y Paras (28-n), 1994., *INGEMMET. Serie A. Carta Geológica Nacional*, 49, 116 p.
- Pan American (2019) - Reserves-Resources. (consulta: diciembre del 2019). Disponible en: <<https://www.panamericansilver.com/assets/Reserves-Resources/d4fcb44997/Pan-American-Silver-resources-and-reserves-end-June-2019.pdf>>
- Pantoja, L. (2013) - El método de explotación tajo abierto y la productividad en Castrovirreyna Compañía Minera - U.P. San Genaro. Resumen (consulta: diciembre del 2019). Disponible en: <<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1332>>
- Paz, J.; Miranda, M. & Vidal, C. (2000) - Geología y Mineralización del Yacimiento Epitermal Ccarhuaraso, Ayacucho-Perú. Congreso Peruano de Geología, 10. *Resúmenes extendidos*. Sociedad Geológica del Perú.
- Pecho, V. (1983) – Geología de los cuadrángulos de Pausa y Caravelí. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 37, 125 p.
- Pitcher, W.; Atherton, M.; Cobbing, E. & Beckinsale, R. (1985) – *Magmatism at a plate edge, the Peruvian Andes*. John Wiley and Sons. New York. 328 p.
- Pulcha, L. (2001) - *Geología, mineralización, isovalores y cálculo de reservas de la mina Otoa (Lucanas - Ayacucho)*. Tesis para optar por el grado de Bachiller. Universidad Nacional De San Agustín. Escuela Profesional De Ingeniería Geológica. Arequipa. 103 p.

- Quispe J., (2004) - *Petrografía, geoquímica e implicancias metalogenéticas de los volcánicos cenozoicos del sureste del Perú: zona de Mazo Cruz (Puno)*. Tesis Pregrado Universidad Nacional de Ingeniería. 59 p.
- Quispe, J. (2006) - *Características Estructurales e Isótopos de Plomo de las Mineralizaciones Auríferas de la Franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)*. Tesis Maestría Programa Máster internacional Aprovechamiento sostenible de los Recursos minerales. Red Desir. 146 p.
- Quispesivana, L. & Navarro, P. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Caravelí (32-p), Chuquibamba (32-q), Chivay (33-s), Cailloma (31-s), Velille (30-s), Livitaca (29-s) y Pacapausa (30-p), Escala 1:100 000. Lima: INGEMMET, 42 p.
- Ramos, V. (2010) - The Grenville-age basement the Andes. *Journal South America Earth Sciences* 29 :77-91.
- Ramos, V. (2018) - Tectonic Evolution of the Central Andes: From Terrane Accretion to Crustal Delamination. *Am. Assoc. Pet. Geol.* 1–34.
- Richards, J.; McCulloch, M.; Chappell, B. & Kerrich, R. (1991) - Sources metals in the Porgera gold deposits, Papua New Guinea: Evidence from alteration, isotope and noble gas geochemistry: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55: 565-580.
- Rivera F. (2006) - *Caracterización genética y potencial económico del sistema pórfido de Cu-Mo Puquio*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero geólogo de Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Roperch, P.; Carlotto, V.; Ruffet, G. & Fornani, M. (2011) - Tectonic rotations and transcurrent deformation south of the Abancay deflection. *Tectonics*, 30(TC2010). 23p.
- Rudnick, R. (2005) - The Crust. *Treatise on Geochemistry*. Elsevier. 663 p.
- Salazar, H. & Landa, C. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chinchá, Tantará y Castrovirreyna. *INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 44, 96 p.
- Samamé, M. (1981) - Saramarca. En: *El Perú Minero*. Lima. INGEMMET, Tomo 4, v. 3, p. 1164-1169.
- Sandeman, H.; Clark, A. & Farrar, E. (1995) - An integrated Tectono-Magmatic model for the evolution of the southern Peruvian Andes (13-20°S) since 55 Ma. *International Geology Review*, v. 37. p 1039-1073
- Smith, W. & Sandwell, D. (1997) – Global sea floor topography from satellite altimetry and depth soundings. *Science*, v.277, p.1956-1962.
- Thompson, R. (1982) - Magmatism of the British Tertiary Volcanic province. *Scot. J. Geol.* 18(4), p. 9–107.
- Thompson, J.; Gale, V.; Tosdal, R. & Wright, W. (2004) - Characteristics and Formation of the Jerónimo Cabonate-Replacement Gold Deposit, Potrerillos District, Chile. *Economic Geology*. In Special Publication 11. Andean Metallogeny : New Discoveries, Concepts, and Updates, p75-96.
- Thouret, J-C.; Jicha, B.; Paquette, J-L & Cubukcu, E. (2016) - A 25 myr chronostratigraphy of ignimbrites in south Peru: implications for the volcanic history of the Central Andes. *Journal of the Geological Society*, 173 (Part 5): p. 734-756.
- Tosdal, R.; Farrar, E. & Clark, A. (1981) - K-Ar, Chronology of late Cenozoic Volcanism in the Cordillera Occidental, Southernmost Peru: *Jour. Volcanology Geotherm. Research*, v. 10, p. 157-173.
- Tosdal, R.; Wooden, J. & Bouse, R. (1999) - Pb isotopes, Ore deposits and Metallogenic Terranes. In *Application of Radiogenic Isotopes to Ore Deposits Research and Exploration*. Society Economic Geologists, p. 1-26.
- Thibodeau, A.; Chesley, J. & Ruiz, J. (2012) - Lead isotope analysis as a new method for identifying material culture belonging to the Vázquez de Coronado expedition: *Journal of Archaeological Science*, v. 39, no. 1, p. 58-66.

- Thibodeau, A.; Habicht-Mauche, J.; Huntley, D.; Chesley, J. & Ruiz, J. (2013) - High precision isotopic analyses of lead ores from New Mexico by MC-ICP-MS: implications for tracing the production and exchange of Pueblo IV glaze-decorated pottery: *Journal of Archaeological Science*, v. 40, no. 7, p. 3067-3075.
- Vidal, C.; Condori, A.; Ochoa, J. & Cruz, S. (2004) - Franja aurífera de baja sulfuración de Huancavelica. Congreso Peruano de Geología, 12, *Resúmenes*, Soc. Geol. Perú. p. 746-749.
- Wise, J. & Noble, D. (2001) - La Falla Chonta del Perú Central-Una Falla Inversa con Reactivación de Rumbo Respondiendo a un Cambio de la Oblicuidad Relativa de Convergencia de las Placas Tectónicas. *Sociedad Geológica del Perú, Boletín*, 92, p. 29-41.
- Wasteneys, H. A. & Clark, A.H. (1986) - *Geological Map of the area Surrounding the Santa Barbara Silver Camp (1/50,000): Lima Peru*, MINSUR S.A. Informe inédito.
- Wasteneys, H. A. & Clark, A.H. (1990) - Mineralogical Zoning in an Epitermal Silver Vein System, Santa Barbara Mine, Santa Lucia District, Southeastern Peru (abs): *Geol. Assoc. Canada Mineralog. Assoc. Canada Program with abstracts*, v. 15, p.137.
- Wilkinson, J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits: *Lithos*, v. 55, p. 229-272.