

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

ACTIVIDAD EN AREA DE NO ADMISIÓN DE PETITORIOS - ANAP



Estructura de óxidos de hierro y sulfuros lixiviados en areniscas silicificadas.

PROSPECCIÓN GEOLÓGICA - MINERA DEL ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3

Preparado por:

Geología

Eder VILLARREAL, Elmer H. GÓMEZ, Jorge ACOSTA,
Víctor TORRES

Geofísica

Ronald YUPA, Carlos VALENCIA,
Rosmery FLORES, José GUAINAZZO.

Lima – Perú

JUNIO 2016

| ÍNDICE | PÁGINA |
|---|---------------|
| RESUMEN | 1 |
| I. INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1 OBJETIVOS | 3 |
| 1.2 UBICACIÓN Y ACCESO | 3 |
| 1.3 ANTECEDENTES | 4 |
| 1.4 PROPIEDAD MINERA Y ÁREAS | 5 |
| 1.5 RECURSOS LOCALES E INFRAESTRUCTURA | 7 |
| 1.6 CONDICIONES AMBIENTALES, COMUNALES Y SOCIALES | 8 |
| II. MARCO METALOGÉNÉTICO | 10 |
| 2.1 FRANJAS METALOGÉNÉTICAS..... | 10 |
| 2.1.1 Franja XV de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno..... | 11 |
| 2.1.2 Franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas del Mioceno..... | 12 |
| 2.2 PROYECTOS MINEROS Y OCURRENCIAS MINERALES | 12 |
| 2.2.1 Mina Santa Rosa de Virundo | 13 |
| 2.2.2 Proyecto Antilla..... | 14 |
| III. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL DEL ANAP | 17 |
| 3.1 DEPÓSITOS CUATERNARIOS..... | 18 |
| 3.2 ROCAS INTRUSIVAS | 19 |
| 3.3 MARCO ESTRUCTURAL..... | 19 |
| 3.4 GEOLOGÍA LOCAL | 21 |
| IV. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN..... | 21 |
| 4.1 TIPOS DE ALTERACIÓN..... | 22 |
| 4.1.1 Cuarzo-sericita-pirita..... | 22 |
| 4.1.2 Propilítica..... | 23 |
| 4.1.3 Argilización | 23 |
| 4.1.4 Silicificación | 25 |
| 4.1.5 Sílice granular..... | 26 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 4.2 | TIPOS DE MINERALIZACIÓN | 27 |
| 4.2.1 | Brechas | 27 |
| 4.2.2 | Venillas..... | 28 |
| 4.2.3 | Diseminada..... | 29 |
| V. | PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA..... | 30 |
| 5.1 | PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS | 31 |
| 5.1.1 | Métodos de muestreo y enfoque..... | 31 |
| 5.1.2 | Preparación y control de muestras en el ANAP Antabamba Bloque 3 | 32 |
| 5.1.3 | Preparación y control de la muestra en gabinete campo..... | 32 |
| 5.1.4 | Recepción de muestras | 32 |
| 5.1.5 | Verificación de datos | 33 |
| 5.2 | ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD | 33 |
| 5.3 | INTERPRETACIÓN..... | 40 |
| VI. | ÁREAS PROSPECTIVAS EN EL ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3..... | 41 |
| 6.1 | TARGET CALLOCALLO-CHECYAPA..... | 42 |
| 6.1.1 | Ubicación..... | 42 |
| 6.1.2 | Geología local..... | 42 |
| 6.1.3 | Geología estructural | 44 |
| 6.1.4 | Alteración y mineralización | 45 |
| 6.1.5 | Prospección geoquímica de rocas | 47 |
| 6.2 | TOTORAPAMPA – SAN MARCOS | 48 |
| 6.2.1 | Generalidades | 48 |
| 6.2.2 | Geología local..... | 48 |
| 6.2.3 | Geología estructural | 52 |
| 6.2.4 | Alteración y mineralización | 57 |
| 6.2.5 | Prospección geoquímica de rocas | 62 |
| VII. | PROSPECCIÓN GEOFÍSICA | 66 |
| 7.1 | MÉTODOS GEOFÍSICOS | 67 |
| 7.1.1 | Método de polarización Inducida - IP3D | 67 |

| | |
|--|-----------|
| 7.1.2 Método de Magnetometría..... | 68 |
| 7.2 TRABAJOS DE CAMPO E INSTRUMENTACIÓN..... | 69 |
| 7.3 PROCESAMIENTO DE DATOS..... | 72 |
| 7.3.1 Procesamiento de Datos Magnéticos..... | 72 |
| 7.3.2 Procesamiento de Datos de Polarización Inducida | 73 |
| 7.4 INTERPRETACIÓN..... | 74 |
| 7.4.1 Interpretación de Datos Magnéticos..... | 74 |
| 7.4.2 Interpretación de Datos de Polarización Inducida | 77 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 89 |
| BIBLIOGRAFÍA | 91 |
| ANEXOS..... | 93 |

RESUMEN

El ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 fue solicitada el 01 de Agosto del año 2012, y otorgada al INGEMMET mediante Decreto Supremo N° 007-2013-EM de fecha 01 de marzo del 2013. Para la selección del área, se tomó como referencia el informe técnico elaborado dentro del marco del Convenio de Cooperación Técnica entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico y el Servicio Geológico de China relacionado al cartografiado Geológico – (Carta Geológica 1:50,000) del cuadrángulo de Antabamba.

El área trabajada se ubica en el distrito de Pataypampa, provincia de Grau, región Apurímac, entre los 3200 y 4300 metros sobre el nivel del mar. Localmente abarca las comunidades de Pataypampa y Piyay; así como los poblados de Checyapa y San Marcos.

Geológicamente se tiene una secuencia sedimentaria del Cretácico, constituida por las Formaciones Hualhuani del Grupo Yura, Formación Murco y Formación Arcurquina (Calizas Ferrobamba); secuencia que fue cortada y/o afectada por intrusivos félsicos (tonalitas-granodioritas); e intrusivo cuarzo-monzonita que generó estructuras mineralizadas en las areniscas de la Formación Hualhuani.

Los trabajos de campo, permitieron mapear diferentes tipos de alteraciones hidrotermales de importancia que afectaron a las areniscas e intrusivos. Fueron reconocidas 5 tipos de alteraciones (Cuarzo-sericita-pirita, silicificación, propilítica, sílice granular y argilización); y tres formas de mineralización (brechas con relleno de óxidos de hierro y sulfuros, venillas y diseminado); las cuales se describen en el ítem 4.

En los laboratorios de INGEMMET se procesaron las imágenes satelitales ASTER con anomalías espectrales de óxidos y arcillas. Asimismo los estudios de microscopía fueron realizados por el personal calificado de los laboratorios del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

Geoquímicamente, las areniscas que cubren el área del ANAP no muestran resultados de interés, sin embargo en las zonas donde éstas presentan un intenso fracturamiento y brechamiento, los resultados geoquímicos muestran valores altos de hasta 5000 ppb para el oro y 1166 ppm en el caso del cobre.

Los trabajos de geofísica muestran anomalías de bajos y altos magnéticos. Los bajos magnéticos son la respuesta directa a zonas definidas por un alto grado de deformación debido

a fracturas que habrían servido de conducto a los fluidos hidrotermales los cuales han destruido la composición mineralógica de la magnetita. La alta susceptibilidad estaría relacionada al fuerte contenido de minerales ferrimagnéticos en su composición tales como la magnetita, titanita o biotitas y por el material félsico aflorando en el ANAP. Este contraste podría ser considerado como una respuesta típica de un pórfido.

La respuesta del método eléctrico del IP3D muestra información de dos parámetros físicos, cargabilidad y resistividad. Los valores de cargabilidad en el área tienen un rango de 1 – 45 mV/V, que permiten definir dos sectores donde la respuesta de cargabilidad muestra de manera directa las diferentes características de los materiales en el área. El primer sector se ubica al norte del ANAP (Callo Callo-Checyapa), donde el intrusivo tonalita-diorita está intruyendo a las calizas y areniscas, su respuesta ha definido una zona de bajo contenido porcentual de material polarizable, sus características uniformes del terreno con poca presencia de sulfuros nos permitió considerarlo como un área con un pobre contenido porcentual de sulfuros y por ende bajo grado de mineralización.

Por el contrario en el sector centro-sur del ANAP, entre los sectores de C° Rumeorco-Totorapampa y parte del C° Wyllama-San Marcos y San Antonio de Piyay, se ha podido tener información importante referente a la respuesta física del terreno, el cual presenta una respuesta moderada a un alto contenido de material polarizable debido a la presencia de sulfuros diseminados con rangos que van de 25 – 45mV/V, bien mostrados a un nivel de 300m de profundidad. La principal zona de mineralización se extiende sobre un área de 2km x 1.2km y sus rangos de profundidad van desde los 50m a 400m.

La distribución de material polarizable mostrada en las secciones y mapas de inversión indica la ocurrencia de sulfuros, considerando que la pirita siempre contribuirá a la respuesta geofísica. La mineralización ocurre en una topografía agreste por lo cual los datos podrían estar afectados. Sin embargo el modelo nos confirma la presencia de un cuerpo conductivo y polarizable.

El tema social con las Comunidades fue bien manejado después de unos meses de espera, esto permitió que se realizaran los trabajos que se reportan sin mayores inconvenientes

Basado en las alteraciones reconocidas, resultados de cobre y oro en estructuras y brechas, postulamos que en profundidad puede existir un sistema tipo pórfido de cobre-oro no aflorante, el cual estaría relacionado a los intrusivos de composición cuarzo-monzonita que afloran al sur del ANAP. Está hipótesis se sustenta con los resultados geofísicos obtenidos en el área, los mismos que han evidenciado la existencia de un cuerpo intrusivo no aflorante cubierto por las areniscas de la Formación Hualhuani con cargabilidades entre 20 y 40 mV/V.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

Los objetivos principales fueron la evaluación del potencial de recursos minerales que existen dentro del ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3, así como definir dentro de esta targets de exploración, basados en resultados que se obtengan de los estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos realizados para demostrar la posible existencia de un depósito mineral de interés prospectivo.

Otro de los objetivos de esta investigación era la de informar a las autoridades locales y comunales sobre los trabajos y resultados que se obtenga en el área del ANAP.

1.2 UBICACIÓN Y ACCESO

El ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 se ubica al sur del Perú aproximadamente 530 km al sureste de la ciudad de Lima, distrito de Pataypampa, provincia de Grau, región Apurímac. El poblado de Pataypampa ubica en el centro del ANAP (Figura1.1) la ubicación de esta y su conformación distrital se aprecia en la Lámina MAP-ANTA3-01.

El acceso al área de trabajo se puede realizar de dos formas:

Alternativa 01:

- Lima-Cusco por vía aérea 1 hora
- Cusco-Abancay vía asfaltada (200 kilómetros) 4 horas
- Abancay-Chuquibambilla vía asfaltada angosta (108 kilómetros) (3 horas)
- Chuquibambilla-Pataypampa vía afirmada (35 kilómetros) (1 hora)

Alternativa 02:

- Lima-Nasca vía asfaltada (460 kilómetros) 7 horas
- Nasca-desvío Yaca vía asfaltada (415 kilómetros) 6 horas
- Yaca-Chuquibambilla vía afirmada (70 kilómetros) 2 horas
- Chuquibambilla-Pataypampa vía afirmada (35 kilómetros) 1 hora

En Pataypampa, se puede establecer la base de trabajos y de allí desplazarse hacia las zonas de interés o targets de prospección y/o exploración.

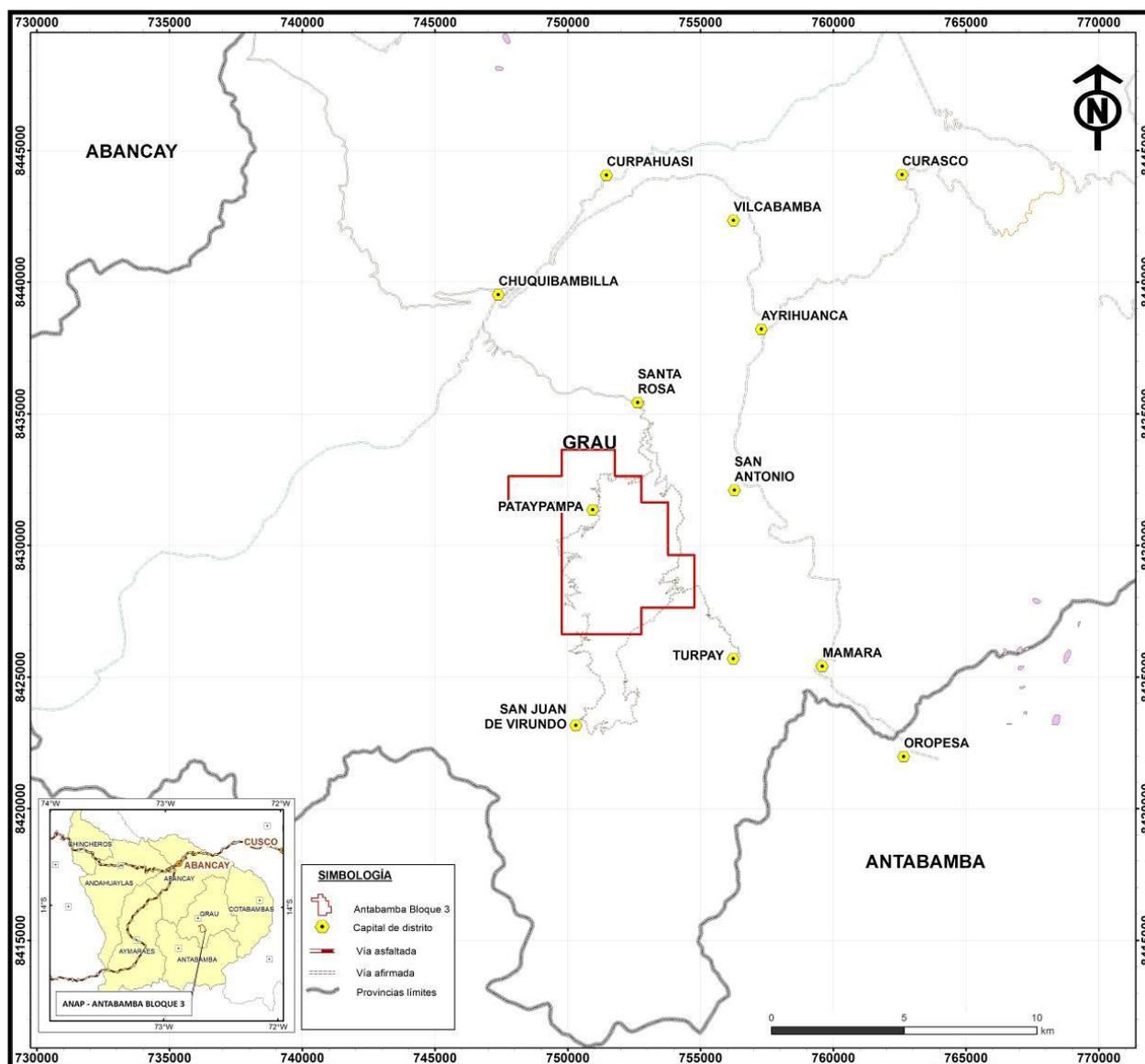


Figura 1.1.- Ubicación y accesos del ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3.

1.3 ANTECEDENTES

El año 2010 el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de su Dirección de Recursos Minerales y Energéticos (DRME) y en base a las conclusiones metalogenéticas en diversas regiones del sur del Perú, solicitó al Ministerio de Energía y Minas 7 áreas de no admisión de petitorios, ANAP's. La mayor parte de estas fueron producto del estudio metalogenético en conjunto que realizaron el INGEMMET y el Instituto Coreano de Geología (KIGAM).

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1.- ANAP COLCA (APURIMAC) | 4,100 ha - expediente 2003905 |
| 2.- ANAP JALAOCA (APURIMAC) | 6,400 ha - expediente 2003905 |
| 3.- ANAP SANTA ROSA (Moquegua Puno) | 9,200 ha - expediente 2046667 |

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 4.- ANAP SUPARAURA (Apurímac) | 2,000 ha - expediente 2046667 |
| 5.- ANAP OYÓN (Lima) | 93,800 ha - expediente 2047836 |

En el año 2012 entra en vigencia el Convenio de Cooperación Técnica entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el Servicio Geológico de China relacionado al mapeo geológico regional – Carta Geológica 1:50,000. Tomando como base los resultados obtenidos de este trabajo se identificaron nuevas áreas potenciales ubicadas en los cuadrángulos de Antabamba, Chalhuanca, Cháparra y Atico, así dentro de los dos primeros se solicitaron cuatro ANAP's definidas como: ANAP's Antabamba Bloques 1, 2, 3 y Antabamba Bloque 4.

El cuadrángulo de Antabamba tiene un gran potencial geológico-minero debido a su ubicación dentro del dominio del Batolito Andahuaylas – Yauri. Metalogenéticamente se ubica dentro de la franja XV “Pórfidos – skarn de Cu – Mo (Au – Zn) y depósitos de Cu – Au – Fe relacionados a intrusivos del Eoceno – Oligoceno. En el dominio en mención se encuentran importantes clúster de depósitos minerales, de los cuales destacan: Clúster de Tintaya, Las Bambas, Katanga, Cotabambas y Morosayhuas. Actualmente existen nuevos depósitos minerales que vienen siendo explorados, como son: Haqira, Trapiche, Utupara, etc.

1.4 PROPIEDAD MINERA Y ÁREAS

El ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 abarca un área de 2800 hectáreas (Figura 1.2) cuyas coordenadas de sus vértices se muestran en la tabla 1.1.

En referencia al catastro minero, el ANAP limita de la siguiente manera: (1) Por el norte se tiene concesiones mineras de terceros como Darwin Soto Elguera, (2) Por el Sur con Korimallko Minerals SAC, (3) Por el oeste con Minera Peñoles S.A.; Kairos Capital Perú y Eunice Tamayo Ramos & Otros; estos dos últimos actualmente en trámite (Lámina MAP-ANTA3-03).

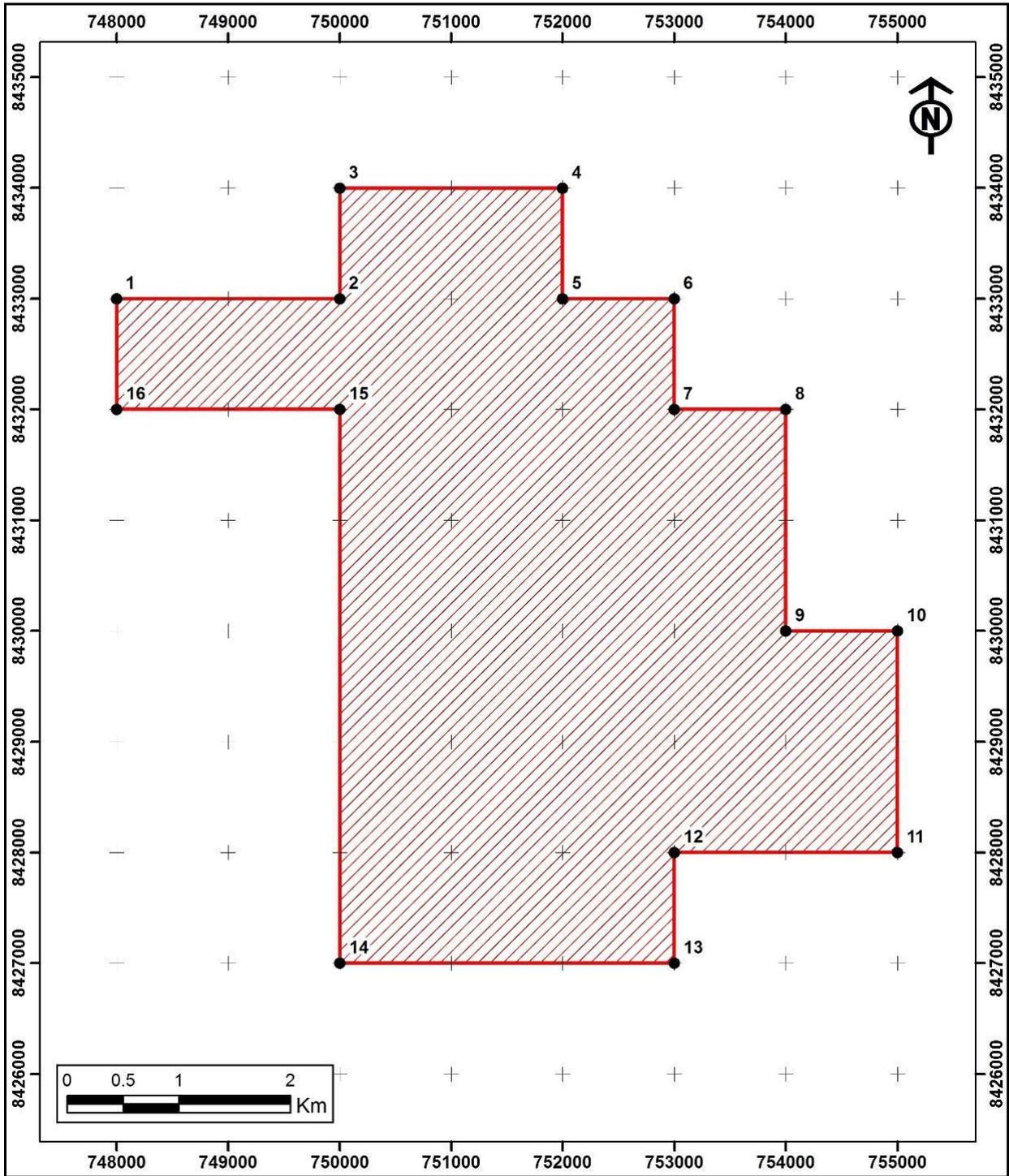


Figura1.2.- Vértices del ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3. PSAD 56-Zona 18

Tabla 1.1.- Coordenadas de los vértices del ANAP ANTABAMBA BLOQUE3.

| ANAP ANTABAMBA | VERTICES | UTM PSAD 56 | |
|-------------------|----------|-------------|---------|
| | | Este | Norte |
| BLOQUE 3 | 1 | 750000 | 8433000 |
| BLOQUE 3 | 2 | 750000 | 8434000 |
| BLOQUE 3 | 3 | 752000 | 8434000 |
| BLOQUE 3 | 4 | 752000 | 8433000 |
| BLOQUE 3 | 5 | 753000 | 8433000 |
| BLOQUE 3 | 6 | 753000 | 8432000 |
| BLOQUE 3 | 7 | 754000 | 8432000 |
| BLOQUE 3 | 8 | 754000 | 8430000 |
| BLOQUE 3 | 9 | 755000 | 8430000 |
| BLOQUE 3 | 10 | 755000 | 8428000 |
| BLOQUE 3 | 11 | 753000 | 8428000 |
| BLOQUE 3 | 12 | 753000 | 8427000 |
| BLOQUE 3 | 13 | 750000 | 8427000 |
| BLOQUE 3 | 14 | 750000 | 8432000 |
| BLOQUE 3 | 15 | 748000 | 8432000 |
| BLOQUE 3 | 16 | 748000 | 8433000 |

1.5 RECURSOS LOCALES E INFRAESTRUCTURA

El ANAP Antabamba Bloque 3 posee infraestructura pública, dentro de esta se encuentran los poblados de Pataypampa, San Marcos, Checyapa, Totorapampa y Piyay. Pataypampa como capital de distrito, cuenta con un puesto de salud equipado con una ambulancia, asimismo hacia la zona sur del ANAP, en el poblado de Piyay (3 km al sur de Pataypampa) existe otro puesto de salud. También se tiene escuelas de nivel primario y secundario.

Los pobladores de las comunidades están dedicadas a la agricultura (se cultiva maíz, papa, cebada, etc.), ganadería (crianza de ganado vacuno) el comercio es muy escaso, para el sistema eléctrico se cuenta con la Central Hidroeléctrica de Abancay, que emplea aguas del río Pachacaca. Los recursos e infraestructura para una primera etapa de prospección están presentes, para una segunda etapa de exploración se tendría que recurrir a las ciudades de Abancay o Lima.

En Abancay se puede realizar las coordinaciones de logística, almacenamiento de materiales, agencias de viaje para envíos y recepción de muestras y otros requerimientos, incluido el

transporte del personal de trabajo. Para trabajos de menor compromiso se puede tomar en cuenta al distrito de Pataypampa, donde se consigue mano de obra sin conocimiento técnico tanto en la etapa de prospección como de exploración y también como punto de apoyo.

El transporte de insumos, materiales especiales y personal técnico para las etapas de exploración, preparación y construcción del proyecto, exigirá una demanda adicional a la existente, para esto se usara la carretera Lima - Nasca – Abancay y ciudades de Nasca, Ica y Lima.

1.6 CONDICIONES AMBIENTALES, COMUNALES Y SOCIALES

En el área de estudio no se han realizado estudios geo-ambientales, de sedimentos o suelos de carácter local. Solo se cuentan con estudios a escala regional de prospección geoquímica que realizó INGEMMET durante los años 2002, 2003 y en el presente año, estos determinaron la existencia de anomalías geoquímicas de Cu-Au-Zn-As.

Al sur del ANAP se ubica a la mina Virundo, abandonada con canchas de mineral de cobre, oro, zinc y plata, así como relaves, lo que significa un pasivo ambiental de alto riesgo. Esta mina estuvo operada por la empresa minera Misti Gold. Aproximadamente 1km. al noroeste del poblado de Pataypampa, se han identificado dos quebradas las cuales en épocas de intensas lluvias funcionan como lavaderos de oro; las escorrentías de la quebrada son ácidas y tienen metales disueltos, tales como Cu y Pb, provenientes de la cuenca alta. El mercurio que fue usado en la recuperación del Au es el principal contaminante. El mayor impacto generado es el deterioro del paisaje natural, desde el punto de vista de mitigación, se debe desviar el drenaje proveniente de la mina antigua para evitar la contaminación del río Antabamba y revegetar la quebrada. (Inventario de minas inactivas del departamento de Apurímac, realizados por Ministerio de Energía y Minas).

Dentro del ANAP Antabamba Bloque 3, se ubican dos comunidades, Pataypampa-Santa Rosa y Piyay, el sector sureste del área de estudio pertenece a propietarios individuales (Figura 1.4). La comunidad de Pataypampa-Santa Rosa abarca los poblados de Checyapa, Pataypampa, Totorapampa y San Marcos (Lámina MAP-ANTA3-02); cuyos pobladores mostraron interés por el desarrollo de la actividad minera y cooperaron con los trabajos que se realizaban en sus terrenos. Sin embargo, la comunidad de Piyay, se mostró opuesta debido a las malas experiencias con empresas mineras que laboraron sus terrenos, dejando pasivos ambientales sin remediar. Esto obligó al INGEMMET y a sus profesionales en relaciones sociales a entablar

conversaciones más claras y abiertas para conseguir los permisos respectivos, cosa que se logró finalmente y se pudo concluir los trabajos programados.

Profesionales del INGEMMET realizaron charlas informativas a los pobladores de la comunidad de Pataypampa y de orientación a los escolares de los últimos años de educación secundaria. En dichas charlas fueron presentados los profesionales responsables del proyecto, asimismo, se dejó muy en claro los objetivos y las actividades a realizar en la zona de estudio (Figura 1.3).



Figura 1.3.- Charla de orientación y concientización a los alumnos de nivel secundario de la Institución Educativa Juan Espinoza Medrano.

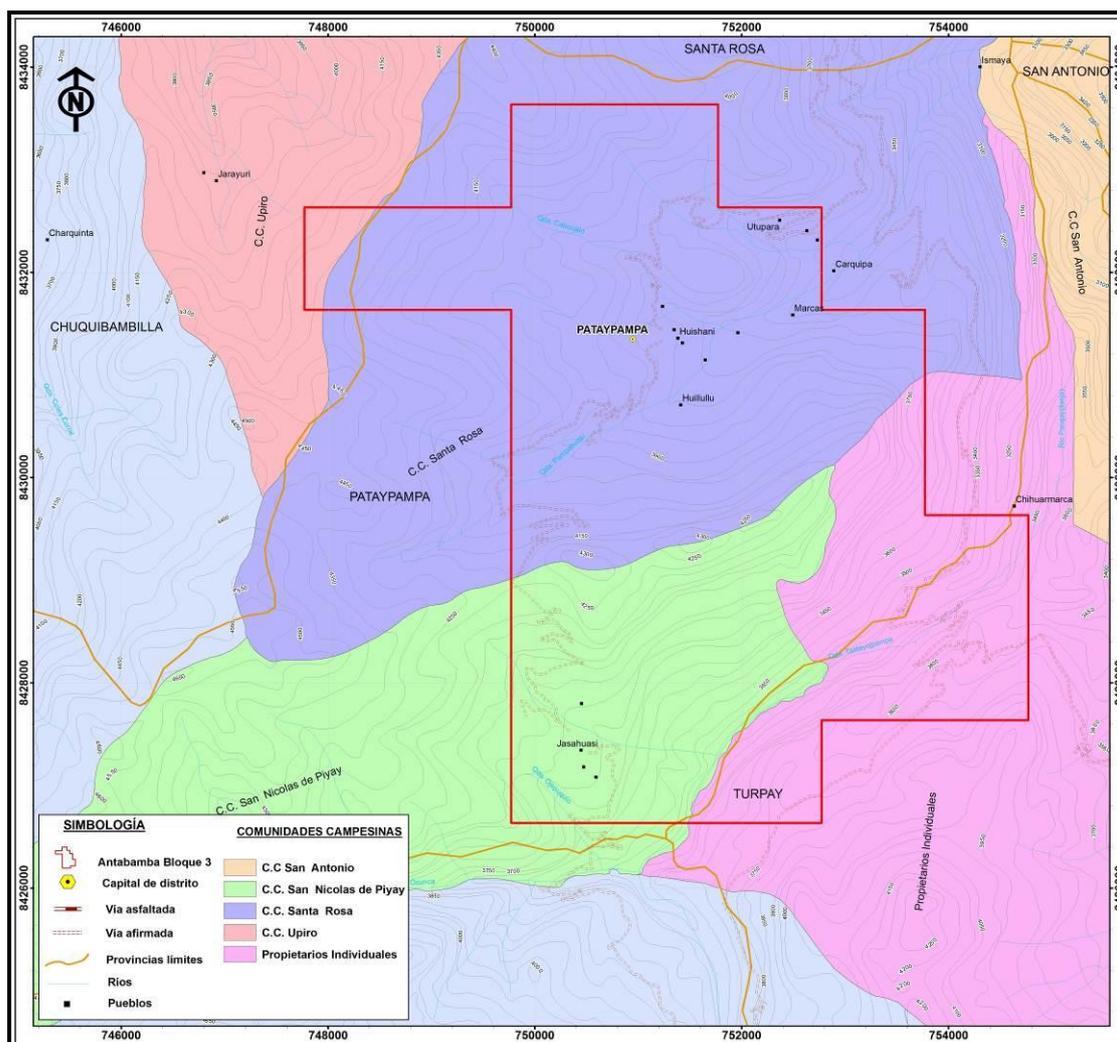


Figura 1.4.- Mapa de comunidades en el ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 (FORPRAP).

II. MARCO METALOGÉNICO

2.1 FRANJAS METALOGÉNICAS

El ANAP Antabamba Bloque 3, se encuentra dentro de un gran número de ocurrencias y depósitos minerales de diferente estilo y tipo de mineralización, distribuidos en el Batolito Andahuaylas-Yauri. Estos depósitos corresponden a vetas polimetálicas, vetas de cuarzo-oro, skarns de hierro-cobre y depósitos tipo pórfido. Dentro de los pórfidos y skarn destacan cinco "cluster" principales como: Tintaya (Tintaya, Quechua y Antapaccay), Las Bambas (Ferrobamba, Chalcobamba, Sulfobamba y Azulcocha), Katanga (Katanga, Monte Roje y Constancia), Cotabambas (Ccalla, Azullccaca y Huacile) y Morosayhuas (Llocllacsca, Cha – Cha, Quenco, Chicaccasa) (Perelló et al., 2003). Existen otros depósitos que despiertan mucho la atención en la actualidad, dentro estos se tiene a los pórfidos Trapiche, Antilla, Utupara y

Haquira; así como también algunos depósitos relacionado con vetas y skarn como son Angostura, Yuringa, Atacancha, San Diego, Lahuani, Jara – Jara, Tumipampa, etc.

En el Perú se han definido 24 franjas metalogenéticas (Quispe et al., 2008 & Acosta et al., 2009), de las cuales dos abarcan la zona de estudio (Lámina MAP-ANTA3-04). Estas franjas representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de sistemas de fallas regionales y litologías que han favorecido la mineralización de depósitos minerales.

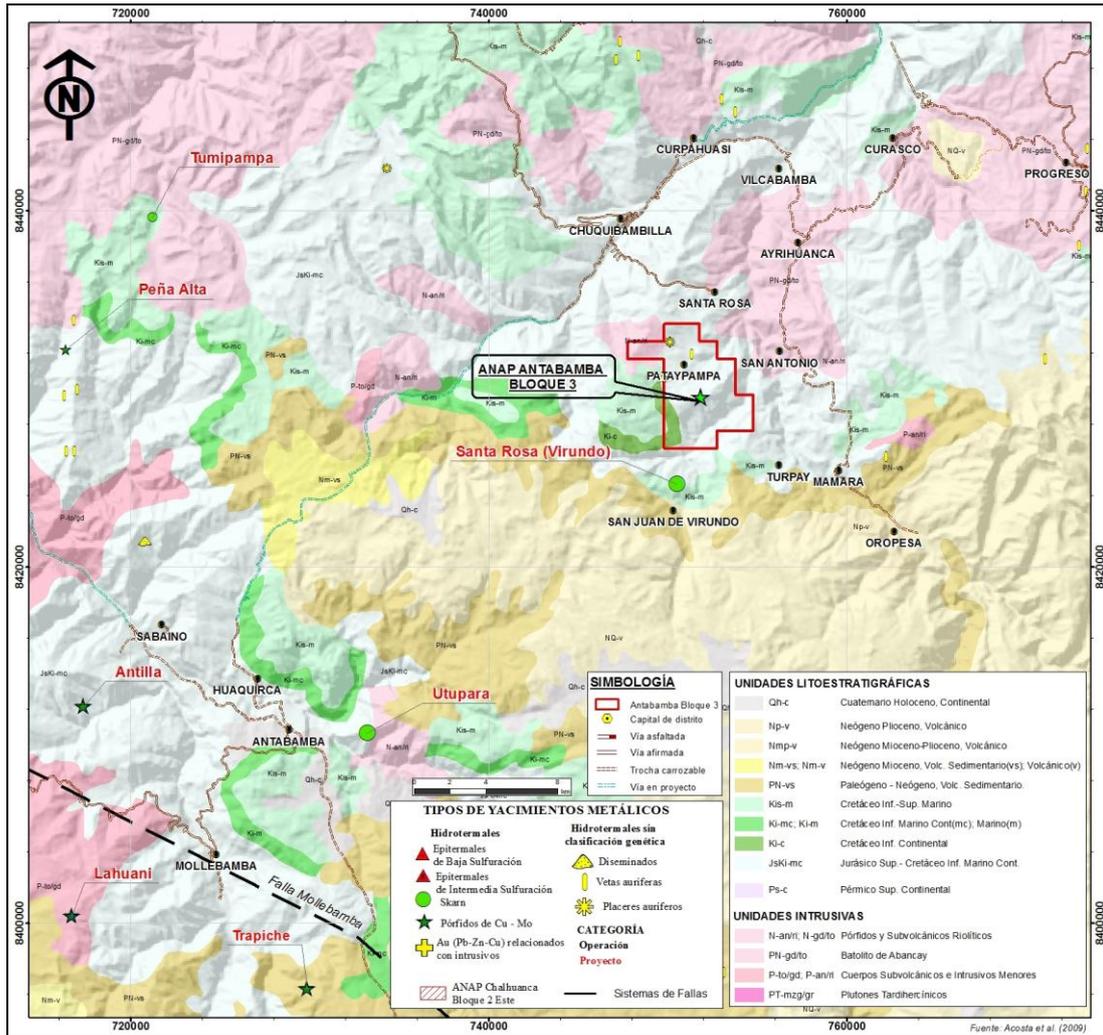


Figura 2.1.- Proyectos y Ocurrencias mineras dentro del área de influencia del ANAP Antabamba Bloque 03

2.1.1 Franja XV de pórfidos-skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusivos del Eoceno-Oligoceno

La mineralización está relacionada con granitoides dioríticos a granodioríticos del Batolito Andahuaylas-Yauri del Eoceno-Oligoceno, emplazados en condiciones transpresionales (Carlotto, 1999; Perelló et al., 2003) y controlados, por los sistemas de fallas Cosco-Lagunillas-Mañazo (SFCLM), Abancay-Andahuaylas-Totos-Chincheros-Licapa (SFAATCL) y Abancay-

Condoroma-Caylloma (SFCCC).

Los intrusivos intermedios a ácidos están relacionados con la mineralización Cu-Mo (Au) y en el contacto con las secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano desarrollan cuerpos de skarn de Cu-Zn. Mientras que los intrusivos más básicos se relacionan con mineralizaciones de Fe-Cu-Au, que se muestran como cuerpos en el contacto con las secuencias carbonatadas del Albiano-Turoniano y como vetas principalmente de Au-Cu en los intrusivos. Los depósitos más representativos de esta franja son Las Bambas, Cotabambas, Haquira, Los Chancas, Antilla, Trapiche, entre otros. Las edades de mineralización se encuentran entre 42 y 30 Ma. Otro depósito mineral como Utupara tienen una edad de mineralización posiblemente temprana de 51 Ma (Pb-Pb), en una roca diorítica hospedante de 63.1 y 61.5 Ma (K-Ar), lo cual indicaría que la mineralización habría ocurrido 10 Ma después de la cristalización de la roca intrusiva (Bustamante, 2008).

Esta franja tiene gran importancia ya que está relacionada con la franja del Eoceno superior Oligoceno del norte de Chile, la cual contiene aproximadamente 220 Mt Cu en 29 pórfidos Cu-Mo y Cu-Au los de mayor tamaño son Chuquicamata (66.4 Mt Cu) y La Escondida (32.5 Mt).

2.1.2 Franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas del Mioceno

Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. En el sector sur, la franja está controlada por fallas NO-SE de los sistemas Cincha-Lluta, Incapuquio, Abancay-Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. Esta franja agrupa a depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) tipo alta, baja e intermedia sulfuración; sus edades de mineralización, se les puede subdividir en dos épocas metalogénicas de 18-13 Ma y 12-8 Ma. Dentro de los yacimientos más conocidos se tiene a: depósitos de Au-Ag de alta sulfuración como Chipmo (Orcopampa), Poracota y posiblemente Arasi. Asimismo, destaca la presencia de epitermales de Au-Ag (Pb-Zn) de baja sulfuración, similares a Calera, Caylloma y Selene. Entre los paralelos 12° y 13°30'

2.2 PROYECTOS MINEROS Y OCURRENCIAS MINERALES

Dentro del cuadrángulo de Chalhuanca (29p) y Antabamba (29q) se ubican 13 proyectos mineros y 32 ocurrencias prospectivas. Entre las principales minas y proyectos mineros ubicados en las cercanías o área de influencia del ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 tenemos:

2.2.1 Mina Santa Rosa de Virundo

2.2.1.1 Ubicación

Esta es la mina más cercana del ANAP; se ubica dentro de los distritos de Turpay y Virundo, provincia de Grau y región Apurímac.

2.2.1.2 Marco Geológico Local

En el área de influencia de la mina, afloran estratos carbonatados de la Formación Ferrobamba del Cretácico medio, las rocas ígneas Cenozoicas están representadas por rocas volcánicas de la Formación Tacaza, así como los intrusivos pórfido feldespáticos y pórfidos cuarcíferos generadores de fluidos mineralizantes, el fallamiento-fracturamiento es probablemente coetáneo ligados a la fase orogénica Incaica, (Figura 2.2.1) y que han controlado el transporte y emplazamiento de los fluidos hidrotermales generando la formación de este yacimiento productivo, cabe resaltar que las formaciones Tacaza y Ferrobamba, son dos de los metalotectos más importantes en el sur del Perú.

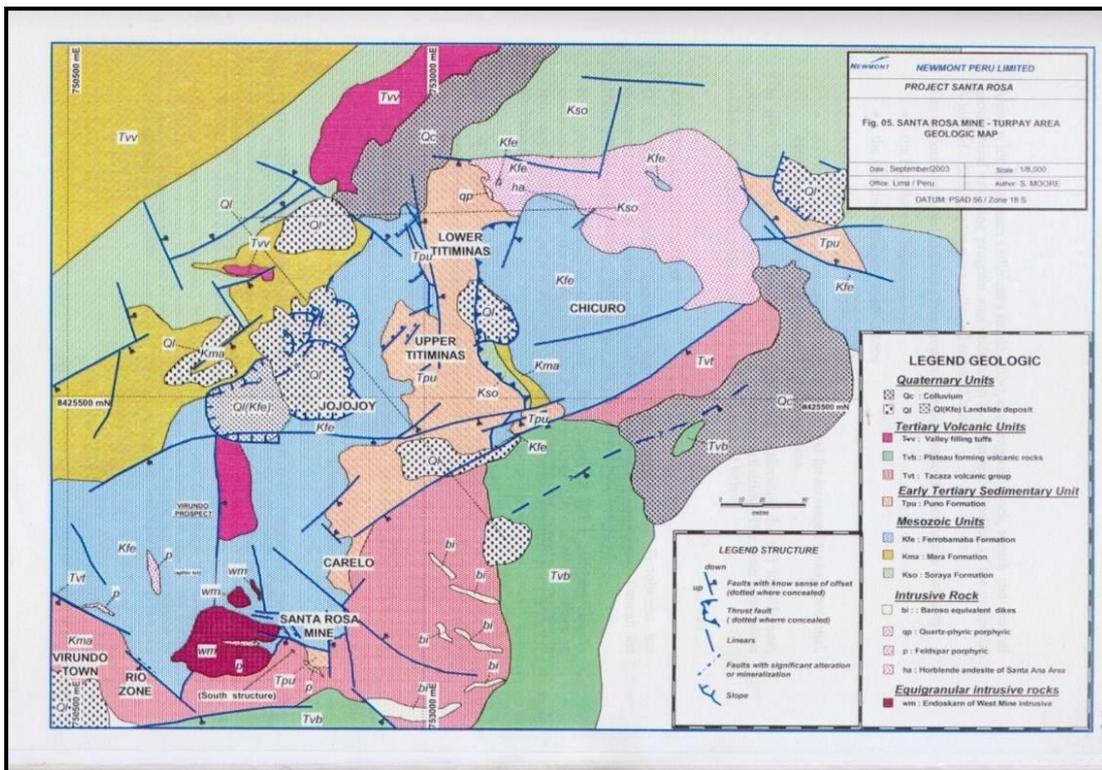


Figura 2.2.1.- Geología regional de la Mina Santa Rosa de Virundo así como los proyectos de exploración Río, Jujoy, Titiminas, Mauser, Mamara (Newmont, 2003)

2.2.1.3 Tipo de Yacimiento y Mineralización

La mineralización ocurre en cuerpos irregulares, diseminada y en vetas, hacia la parte más superficial se presenta oxidada lo que permite su tratamiento por lixiviación luego pasa a una mineralización mixta, y a mayor profundidad se tiene a la mineralización primaria, parte de esta

última fue encontrada al profundizar tajos en Santa Rosa y Carelo, la misma que ha sido almacenada en “canchas” con volúmenes y leyes muy importantes, para ser tratado oportunamente por procesos metalúrgicos adecuados. Los metales económicos explotados hasta ahora son Au y Ag, pero por gradaciones del zoneamiento, también hay presencia de Pb, Zn y Cu en algunos sectores. (Presentación Interna, Minera Korimalko, 2011)

2.2.1.4 Recursos Minerales

El recurso calculado por Crefan Consult LTD al 31 de Octubre del 2008, se muestra en el cuadro siguiente, vale indicar que después de esta fecha, no se han desarrollado trabajos importantes de explotación en la mina.

Tabla 2.1.- Resumen de recursos minerales al 31 de octubre de 2008

RECURSOS INDICADOS :

| Proyecto | Tons | Au gr/t | Aggr/t | Au - Oz | Ag - Oz | Valor (US\$/t) | Valor - US\$ |
|--------------|------------------|-------------|--------------|---------------|------------------|----------------|--------------------|
| Santa Rosa | 713,388 | 1.88 | 45.52 | 43,124 | 1,044,161 | 119.76 | 85,434,062 |
| Carelo | 316,319 | 2.14 | 23.01 | 21,766 | 234,035 | 114.09 | 36,089,252 |
| Rio | 27,735 | 1.17 | 40.79 | 1,043 | 36,377 | 84.15 | 2,333,807 |
| Total | 1,057,442 | 1.94 | 38.66 | 65,934 | 1,314,573 | 117.13 | 123,857,121 |
| | | | | 65,962 | 1,314,452 | | Crefan |

Fuente: Informe de CREFAN CONSULT LTD

2.2.2 Proyecto Antilla

2.2.2.1 Ubicación

El Proyecto Antilla se encuentra cerca al poblado del mismo nombre, distrito de Sabaino, provincia de Antabamba, región Apurímac, entre los 3,300 y 4,100 m.s.n.m. el centro referencial del área de interés en la propiedad se encuentra en las coordenadas UTM 8'414,000N – 718,500E.

2.2.2.2 Geología Regional

Geológicamente, el proyecto Antilla se encuentra dentro de las secuencias clásticas de las formaciones Chuquibambilla y Soraya, que forman parte del Grupo Yura. Estas secuencias están cortadas por un intrusivo dacítico de textura porfírica. (Figura 2.2.2)

El marco estructural muestra una estructura compleja que Incluye dos sistemas principales, uno con fallamientos de N65°O, llamado Falla Piste, situado al oeste de la zona del proyecto y el otro perteneciente a la Falla de Matara que corre E-O, ubicado en el extremo sur, las fallas son de carácter regional. Existen otros sistemas de fallas subordinadas que están genéticamente relacionadas con el sistema principal, estos sistemas están representados por estructuras de desgarre con direcciones de NO-SE y buzamientos entre 70 y 80° SO, Fallas de dirección NE y NS con buzamientos sub-verticales. Localmente, se han identificado pliegues suaves que afectan a la secuencia de cuarcitas.

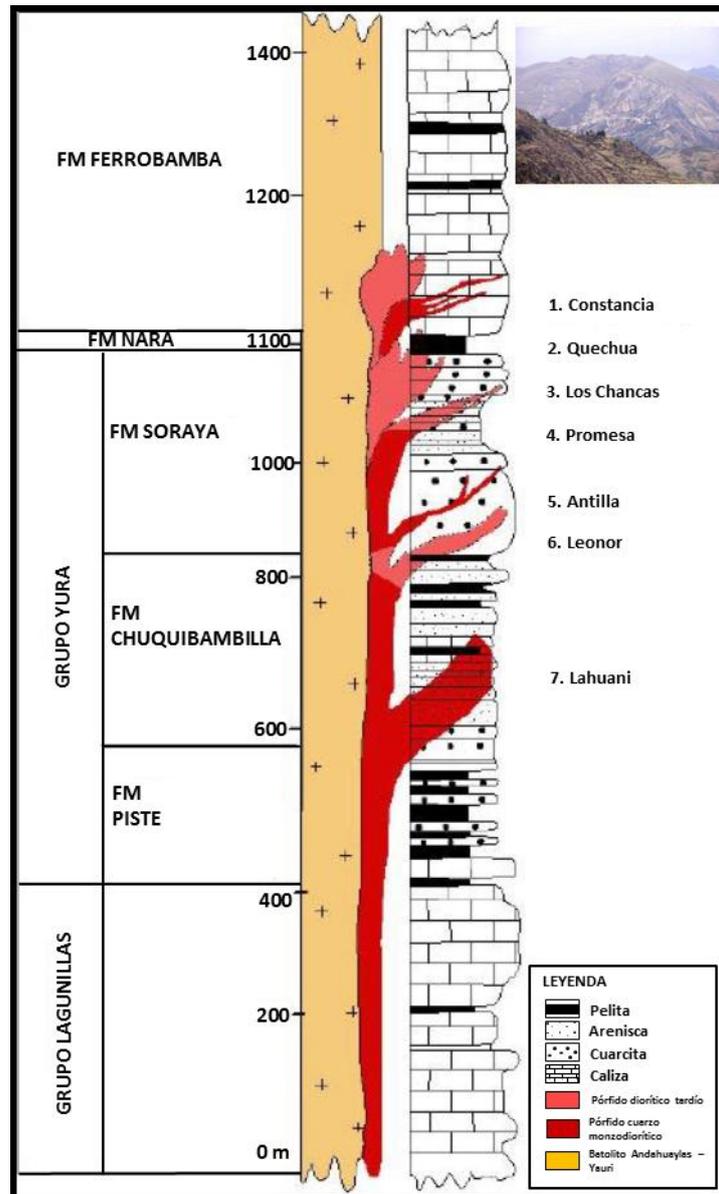


Figura 2.2.2.- Columna estratigráfica local. (Panoro, 2007)

2.2.2.3 Tipo de Yacimiento y Mineralización

El proyecto Antilla sería la porción superior distal de un sistema pórfido de cobre, con alteración presente en las cuarcitas y areniscas suprayacentes. El pórfido se enriqueció mediante procesos meteóricos dando lugar a una zona de enriquecimiento secundario que constituye la parte más interesante de depósito, la mineralización enriquecida se define por la presencia de polvo (hollín) calcosina y, en menor medida, covelina. Ambos aparecen como recubrimientos de pirita, la potencia de esta zona bordea los 80 metros (Figura 2.2.3).

La mineralización primaria es calcopirita, bornita, molibdenita en venillas y diseminada en un ambiente de alteración potásica y sericitica. Un rasgo característico de la mineralización hipógena es su estrecha relación con ciertos horizontes de la secuencia de rocas sedimentarias.

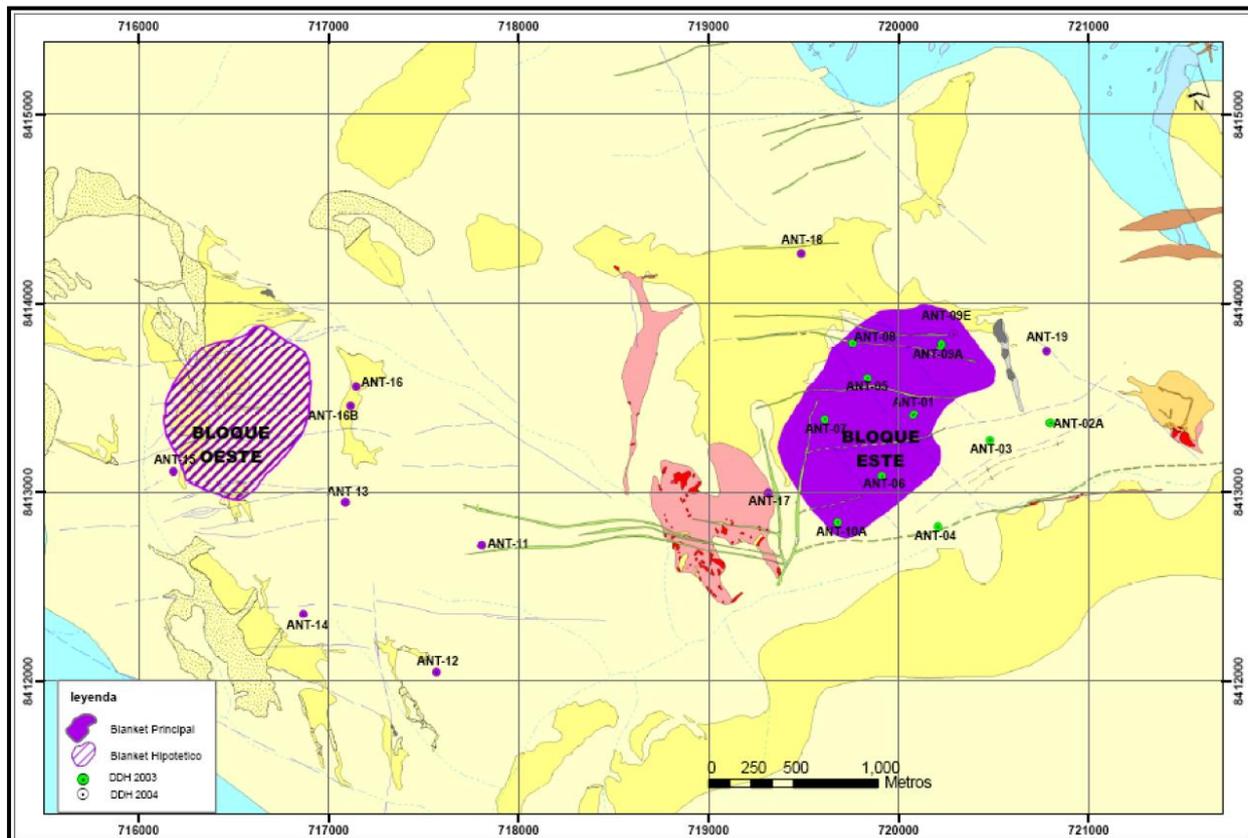


Figura 2.2.3.- Mapa geológico del Proyecto Antilla mostrando las zonas de mineralización (Panoro, 2007).

2.2.2.4 Recursos Minerales

Los recursos del proyecto Antilla publicados por Panoro Apurímac SRK a Marzo 2007 se muestran en la tabla 2.3.

Tabla 2.3.- Resumen de recursos minerales

| Cut-Off (%) | Millones de TM | Cu (%) | Ag (ppm) |
|-------------|----------------|--------|----------|
| 0.30 | 140 | 0.68 | 0.94 |
| 0.40 | 89 | 0.86 | |

Fuente: Panoro Apurímac SRK Consulting / MDE International NI43-101: Mineral Exploration Properties of Cordillera de las Minas S.A.43-111 Marzo 2007.

III. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL DEL ANAP

El marco geológico regional que circunda al ANAP lo constituyen rocas del Cretácico inferior pertenecientes al Grupo Yura, dentro de este se diferencia a la **Formación Hualhuani** de amplia distribución en el cuadrángulo de Antabamba; aflora formando crestas alineadas en las partes altas de los cerros (Figura 3.1). Litológicamente, consiste en una alternancia monótona de areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio con estratificación cruzada formando bancos gruesos y medianos, con menos frecuencia se tiene areniscas grises de grano fino, ocasionalmente se intercalan con niveles delgados de limoarcillitas negras carbonosas, el espesor aproximado de esta formación es de 400 a 500 m. La posición estratigráfica de y sus relaciones con otras regiones se le ubica en el Cretáceo inferior, posiblemente de edad Neocomiana (Valdivia W. 2003).



Figura 3.1.- Afloramiento de areniscas de la formación Hualhuani a lo largo de las crestas de los cerros Wyllama y Rumeorco.

Suprayaciendo a la Formación Hualhuani se tiene a la **Formación Murco** de edad Albiano inferior (Pecho V. 1981). Litológicamente, hacia la base se constituye por areniscas rojas de grano medio a grueso con laminaciones oblicuas de bajo ángulo, intercaladas con niveles de limoarcillitas rojas, pardas y verdes. La parte media más fina consiste en una intercalación de limoarcillitas rojas, verdes, a veces blanquecinas que se intercalan con areniscas rojas a púrpuras y micro-conglomerados. Resaltan en la parte media dos secuencias de areniscas

cuarzosas blancas en bancos medianos, hacia el techo se intercalan areniscas rojas y limoarcillitas de color rojo y verde, además de niveles delgados de calizas. En conjunto la Formación Murco puede alcanzar los 200 m de grosor.

Sobre la Formación Murco se tiene la **Formación Arcurquina (localmente conocida como Formación Ferrobamba)**, de amplia e importante distribución regional, de edad Albiano-Turoniano (ver lamina MAP-ANTA3-05). La secuencia inferior consiste en bancos gruesos de calizas grises y negras, su parte media está constituida por calizas negras y grises bien estratificadas en bancos delgados a medianos. Hacia la parte superior las calizas son nuevamente masivas en bancos medianos a gruesos. En conjunto las calizas están replegadas, presentan abundantes fósiles, nódulos de chert y algunos niveles de limoarcillitas carbonosas negras. El contacto inferior con la Formación Murco es concordante. Esta Formación se encuentra en algunos lugares en contacto directo sobre las areniscas de la Formación Huallhuani en aparente concordancia (Pecho V. 1981). En conjunto la unidad aproximadamente tiene entre 800 a 900 metros de grosor.

Como remanentes colgados se tiene a rocas del Grupo Barroso que en la zona de estudio se les denomina como. Complejo Volcánico Vilcarani, que constituye la parte superior de este Grupo. Está compuesto principalmente por tobas vítreas de coloración blanquecina con pómez, biotitas, cuarzo y abundante lítico, brechas y aglomerados volcánicos. Emisiones volcánicas que han rellenado los valles de los ríos Oropesa y Vilcabamba. Tiene un grosor aproximado de 150 m y se encuentra en discordancia angular sobre rocas de las formaciones del Grupo Yura, las limoarcillitas de la Formación Murco y las calizas de la Formación Arcurquina, así como las del Grupo Tacaza, y sobre algunos intrusivos granodioríticos (Plutón Progreso). Basado en la posición estratigráfica de esta unidad se le asigna una edad del Plioceno hasta el Pleistoceno (Valdivia W. 2003).

3.1 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Los depósitos cuaternarios se encuentran rellenando los valles, depresiones y planicies. Corresponden *depósitos morrénicos* constituidos por acumulaciones de bloques heterométricos y gravas polimícticas englobados en una matriz areno-arcillosa. *Depósitos fluvioglaciares* constituidos por acumulaciones clásticas heterogéneas envueltos en una matriz areno-limosa. *Depósitos de Bofedal* que forman reservorios naturales de agua en las zonas altas, por su composición arenosa, limosa y arcillosa con niveles de materia orgánica. *Depósitos Aluviales* constituidos por gravas, cantos redondeados y angulosos dentro en una matriz areno arcillosa.

El grosor de estos depósitos varía desde unos cuantos metros a más de 50 m.

3.2 ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas plutónicas, constituyen parte del Batolito de Andahuaylas-Yauri, están representadas por cuerpos de dioritas, granodioritas y tonalitas de edad Oligoceno-Mioceno, los contactos entre estos dos últimos son poco perceptibles en el campo. También, se han reconocido pequeños cuerpos intrusivos con características petrológicas similares que se han asociados a los plutones, resaltando los que se encuentran entre Turisa y Antabamba, Chuquibambilla y Pataypampa, norte de Chisi y alrededores de Mollebamba.

En la zona del ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 aflora la unidad Progreso de edad Oligoceno-Mioceno que se constituye principalmente de granodioritas leucócratas de grano medio y faneríticas. Como minerales esenciales presenta plagioclasa, cuarzo y ortosa, sus cristales son generalmente euhedrales y maclados.

3.3 MARCO ESTRUCTURAL

En el ANAP Antabamba Bloque 3 se sitúa en el límite meridional de la Deflexión de Abancay (Marocco, R., 1978), controlado por fallas regionales como la Falla Cotabambas, Mollebamba y Andahuaylas-Totos (Figura 3.2). Las rocas, tanto ígneas como sedimentarias, que afloran en el área de estudio se encuentran afectadas por una intensa deformación tectónica, expresada en plegamientos y la ocurrencia de fallas de tendencia N120° 130° a 140° y Norte-Sur, las mismas se encuentran acompañadas por otros juegos de fallas, entre los que se destacan aquellos de dirección N050-70° y N100° a 110° con plegamientos marcados. La intersección e interacción de estos sistemas de fracturas generan zonas de debilidad estructural y habrían favorecido el emplazamiento de las estructuras y/o cuerpos mineralizados. Las fallas de dirección NO-SE han sido denominadas como Falla Piyay, Falla Pataypampa, Rumi Orjo, Falla Totorapampa y C° Wyllama que han afectado a rocas del Mesozoico y pliegues asociados de orientación E-O como los sinclinales del C° Antena y C° Pucaja (ver MAP-ANTA3-06). El área muestra un esquema estructural caracterizado por estructuras NO-SE, E-O y N-S.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA IDEALIZADA DEL ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3

| Eraterma | Sistema | Serie | Unidad Estratigráfica | Grosor (m) | Columna Estratigráfica | Descripción Litológica |
|-----------|-------------|-------------|------------------------------------|------------|------------------------|--|
| CENOZOICO | CUATERNARIO | Holoceno | | +/- 50 | | Depósitos Aluviales constituidos por gravas, cantos redondeados y angulosos dentro en una matriz areno arcillosa |
| | | Pleistoceno | Gpo. Barroso Complejo Vilcarani | +/- 150 | | Tobas vitreas de coloración blanquecina con pómez, biotitas, cuarzo y abundante lítico, brechas y aglomerados volcánicos |
| | NEO-GENO | Plioceno | | | | |
| MESOZOICO | CRETÁCICO | Superior | Formación Arcuquina | +/- 900 | | Calizas grises y negras bien estratificadas en bancos delgados a medianos. Hacia la parte superior las calizas son masivas en bancos medianos a gruesos. Presentan abundantes fósiles, nódulos de chert y algunos niveles de limoarcillitas carbonosas negras. |
| | | Inferior | Formación Murco | +/- 200 | | Areniscas rojas de grano medio a grueso con laminaciones oblicuas de bajo ángulo, intercaladas con niveles de limoarcillitas rojas, pardas y verdes |
| | | | Grupo Yura Formación Hualhuani | +/- 500 | | Areniscas cuarzosas blancas de grano fino a medio con estratificación cruzada formando bancos gruesos y medianos, se intercalan con niveles delgados de limoarcillitas negras carbonosas. |

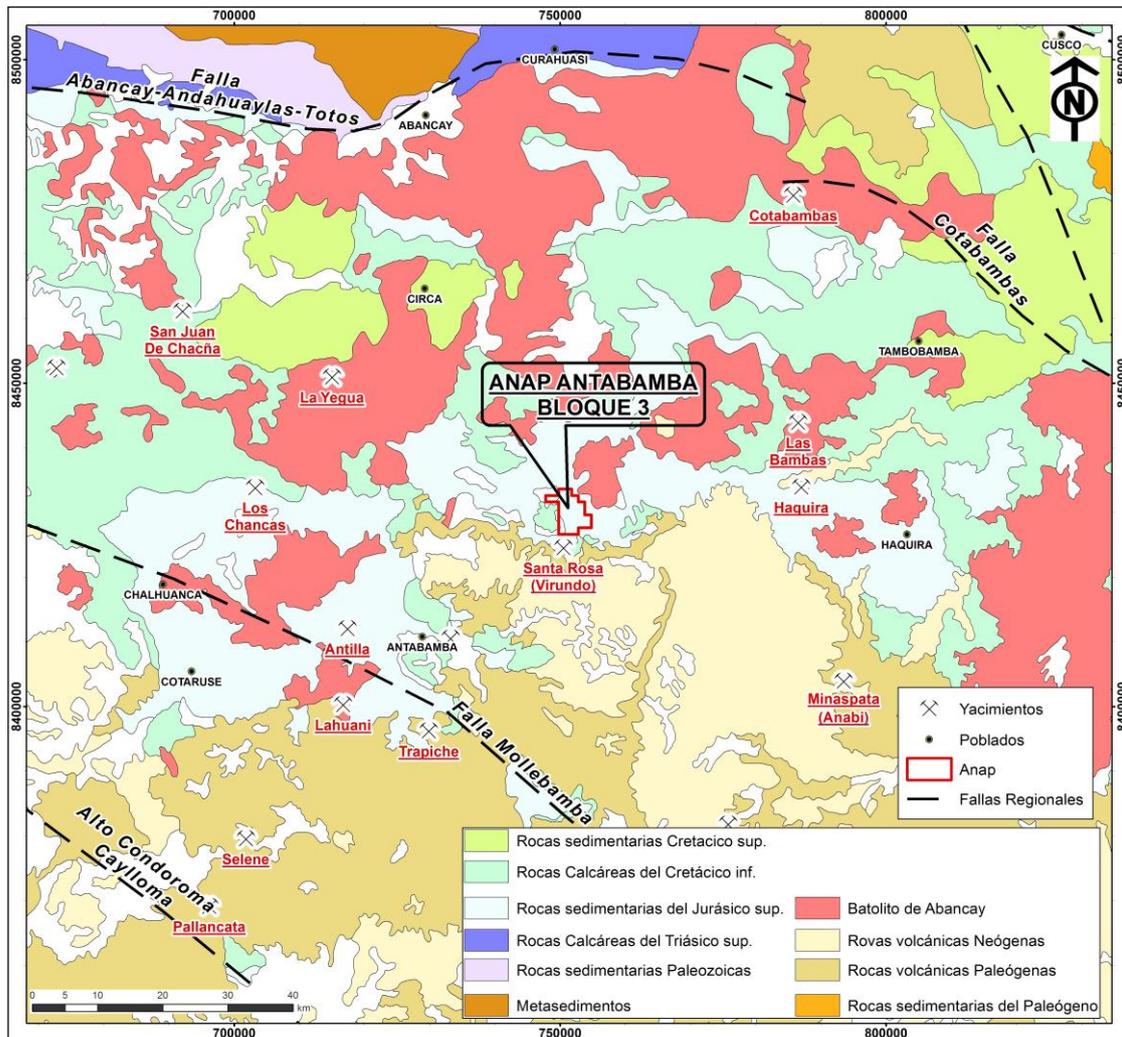


Figura 3.2.- Contexto geológico estructural regional del ANAP Antabamba Bloque 3.

3.4 GEOLOGÍA LOCAL

Localmente, en el área que involucra a esta ANAP, afloran rocas sedimentarias clásticas (areniscas) del Grupo Yura (Formación Hualhuani), areniscas y/o capas rojas de la Formación Murco, las mismas que infrayacen a las calizas de la Formación Arcurquina (Ferrovamba) de gran relevancia en la región por ser muy buenas receptoras para la formación de Skarn (Tintaya), esta secuencia sedimentaria se ve afectada por intrusiones de naturaleza dioríticas tonalítica y en menor dimensiones y tal vez como último evento se tiene a un stock cuarzo monzonítico. (Ver lamina MAP-ANTA3-05).

IV. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

La mineralización y las alteraciones hidrotermales existentes dentro del área del ANAP, se encuentran tanto en las secuencias sedimentarias como en las facies intrusivas. Las secuencias sedimentarias siliciclásticas se muestran parcialmente alteradas y fracturadas,

dentro de ésta, se han reconocido estructuras mineralizadas, mientras que en los intrusivos se ha identificado mineralización diseminada de sulfuros.

En el área del ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3 se han reconocido 5 tipos de alteración (Cuarzo-sericita-pirita, silicificación, propilítica, sílice granular y argilización); y tres tipos de mineralización (brechas con relleno de óxidos de hierro y sulfuros, venillas y diseminado).

4.1 TIPOS DE ALTERACIÓN

4.1.1 Cuarzo-sericita-pirita

Ha sido reconocida hacia el sector norte del área del ANAP en los márgenes de la quebrada Callocallo y los terrenos del poblado de Checyapa (Figura 4.1). Esta alteración está asociada a los intrusivos tonalíticos y es más intensa en las areniscas cuarzosas que afloran alrededor de la quebrada Callocallo. También se ha reconocido alteración cuarzo-sericita hacia el sur del área del ANAP en la margen izquierda de la quebrada Tastayojpampa.



Figura 4.1.- Alteración cuarzo-sericita-pirita en las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani.

4.1.2 Propilítica

Este tipo de alteración aparentemente se encuentra bordeando la alteración cuarzo-sericita en el sector norte del ANAP, cerca de la quebrada Callocallo, siendo más notoria en el intrusivo tonalítico que aflora cerca del poblado de Checyapa (Figura 4.2).



Figura 4.2.- Pórfido tonalítico propilitizado. Presenta argilización en venillas asociadas con óxidos.

4.1.3 Argilización

La alteración argílica se encuentra hacia el sector norte del ANAP cerca del poblado de Checyapa y de la quebrada Callocallo. En este sector la alteración se encuentra en el pórfido tonalítico (Figura 4.3).



Figura 4.3.- Pórfido tonalítico con fuerte argilización

Hacia el sector de los poblados de Totorapampa y Pataypampa también se ha reconocido una fuerte alteración argílica tanto en rocas intrusivas (tonalitas porfiríticas) como en las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani (Figuras 4.4 & 4.5).



Figura 4.4.- Exposición de un fuerte alteración argílica de las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani (Muestra ANTA3-126) en las coordenadas 750610 E, 8430458 N.



Figura 4.5.- Fuerte alteración argílica en afloramiento de pórfido Tonalítico (Muestra ANTA3-127) en las coordenadas 750610 E, 8430480 N.

4.1.4 Silicificación

Por lo general, en el ANAP Antabamba Bloque 3 la silicificación se presenta en las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani, sectores: Checyapa; San Marcos, Totorapampa, Piyay y Turpay. Esta silicificación se encuentra cerca de las zonas de falla y ligada también a estructuras stockwork (Figura 4.6).



Figura 4.6.- (a) Fuerte silicificación en las areniscas Hualhuani que afloran en el cerro Wyllama. (b) Silicificación de las areniscas con estructuras stockwork. (c) Silicificación asociada a plano de falla, afloramiento en el cerro Rumeorco. (d) Areniscas silicificadas con fuerte fracturamiento en la cercanía de los poblados de Pataypampa y Totorapampa.

4.1.5 Sílice granular

La sílice granular, se encuentra en las areniscas de la Formación Hualhuani (Figura 4.7), en forma masiva y/o en venillas. Este tipo de alteración se reconoce en el área de Checyapa, en la parte alta de la quebrada Callocallo y en la cercanía del poblado de Totorapampa. Hacia la zona de la comunidad de Piyay se ha reconocido un área de arenisca silicificada, con “*boxworks*” cúbicos que corresponden a sulfuros primarios que han sido lixiviados (piritas).

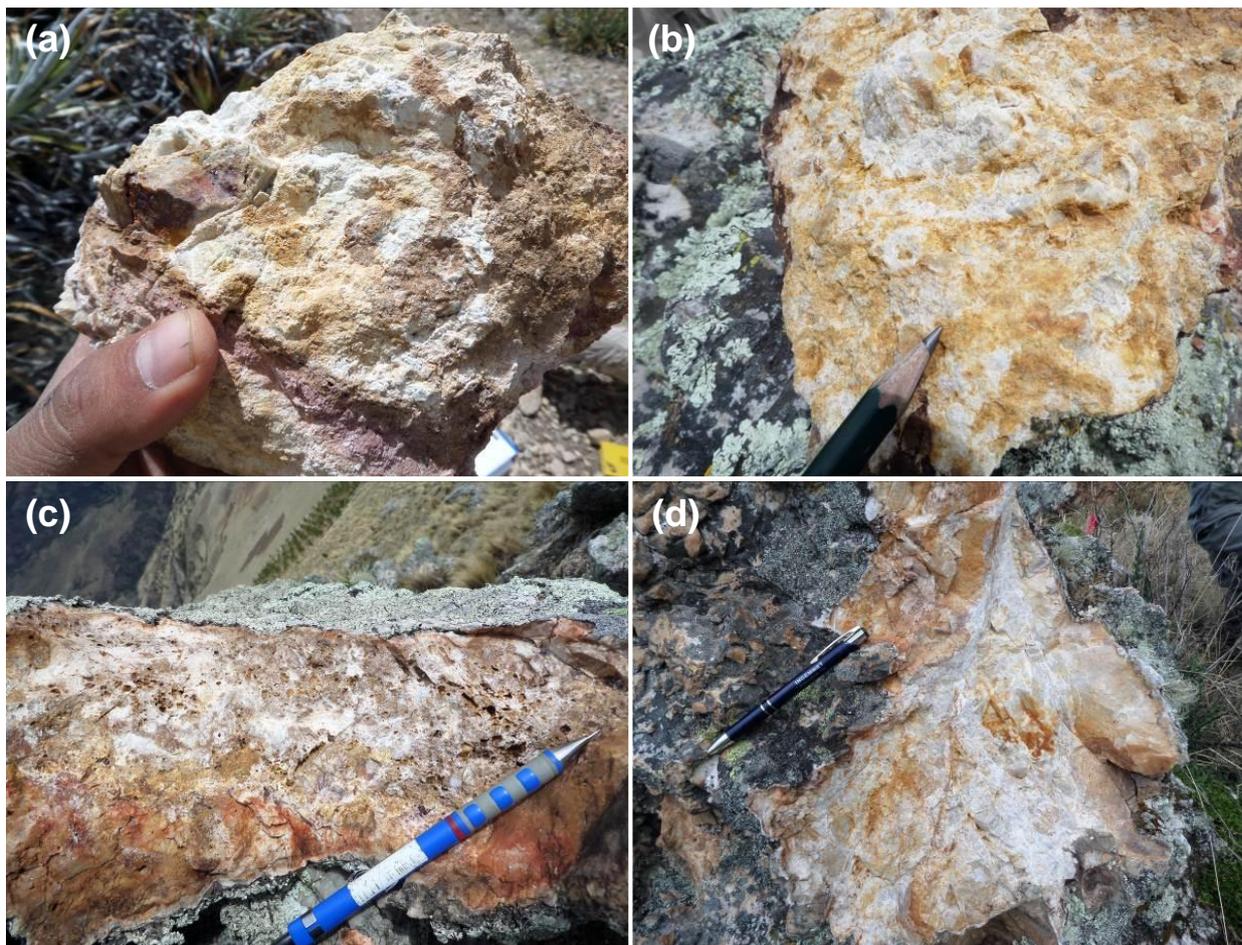


Figura 4.7.- (a) & (b) Sílice granular en las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani cerca del poblado de Totorapampa; se observan aun algunos clastos fragmentos silicificados. (c) Arenisca silicificada con *boxworks* cúbicos, afloramiento cerca del poblado de Piyay. (d) Sílice granular en venillas cerca del poblado de Checyapa.

4.2 TIPOS DE MINERALIZACIÓN

4.2.1 Brechas

La mineralización en las brechas la constituyen óxidos de hierro (hematita, jarosita y goethita) como matriz de los clastos suspendidos; en algunos casos están acompañados de sulfuros como pirita y calcopirita.

Muchas de estas brechas se han reconocido hacia el sector sur del área del ANAP Antabamba Bloque 3, a lo largo de los cerros Wyllama y Rumeorco (Figura 6.14), en las cercanías del poblado de Totorapampa y hacia el límite de los distritos de Pataypampa y Turpay en la margen derecha de la quebrada Tastayojpampa (Figura 4.8).

Por lo general, las brechas tienen direcciones este-oeste, noroeste-sureste y norte-sur. El

emplazamiento de éstas, está controlado por fallas, siendo el control estructural un factor muy importante en la zona de estudio.



Figura 4.8.- Afloramiento de brecha en las coordenadas 751392 E, 8429266 N, La brecha se compone de clastos angulosos silicificados de arenisca cuarzosa y cuarzo, su matriz esta rellena de óxidos de hierro. Tiene una dirección N-S/subvertical de ~60 cm ancho y 20 m largo discontinuo.

4.2.2 Venillas

La mineralización en venillas está ligada a estructuras stockwork, la cual se presenta en las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani. Estas venillas están rellenas por óxidos de hierro como (hematita-jarosita) producto de la lixiviación de los sulfuros preexistentes, en algunos sectores se ha reconocido venillas de cuarzo. La textura en stockwork más importante se ha reconocido cerca del poblado de Totorapampa (Figura 4.9).

4.2.3 Diseminada

La mineralización diseminada se ha reconocido hacia el sur del ANAP Antabamba Bloque 3, en ambas márgenes de la quebrada Tastayojpampa. Este tipo de mineralización esta hospedada en los eventos intrusivos identificados como cuarzo-monzodiorita y pórfido cuarzo feldespato (Figura 4.10); estos eventos magmáticos podrían ser los responsables de la mineralización en las brechas de los cerros Wyllama y Rumeorco y también causantes de la anomalía geofísica encontrada.

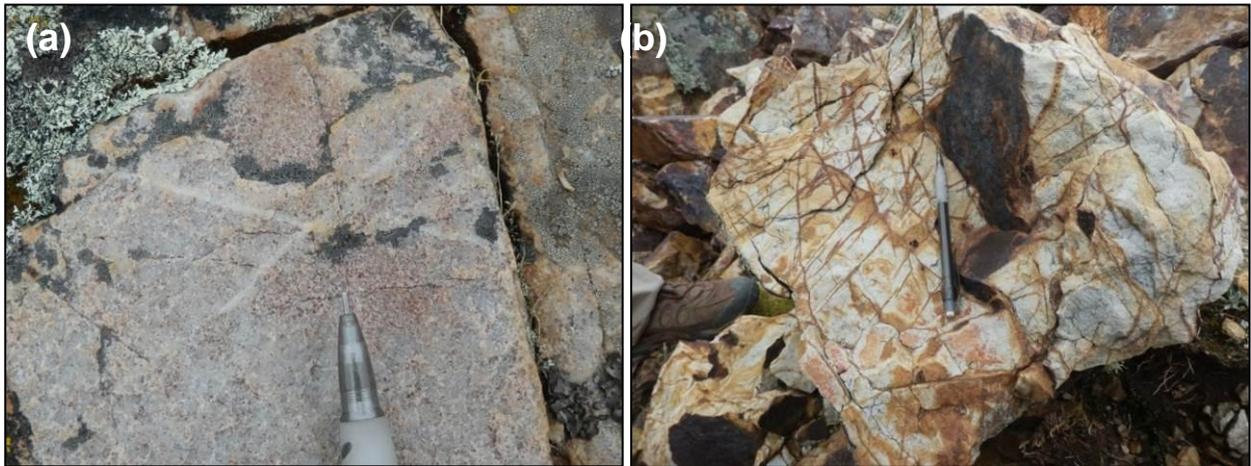


Figura 4.9.- (a) Stockwork con venillas rellenas de cuarzo. (b) stockwork con venillas rellenas de óxidos de hierro.

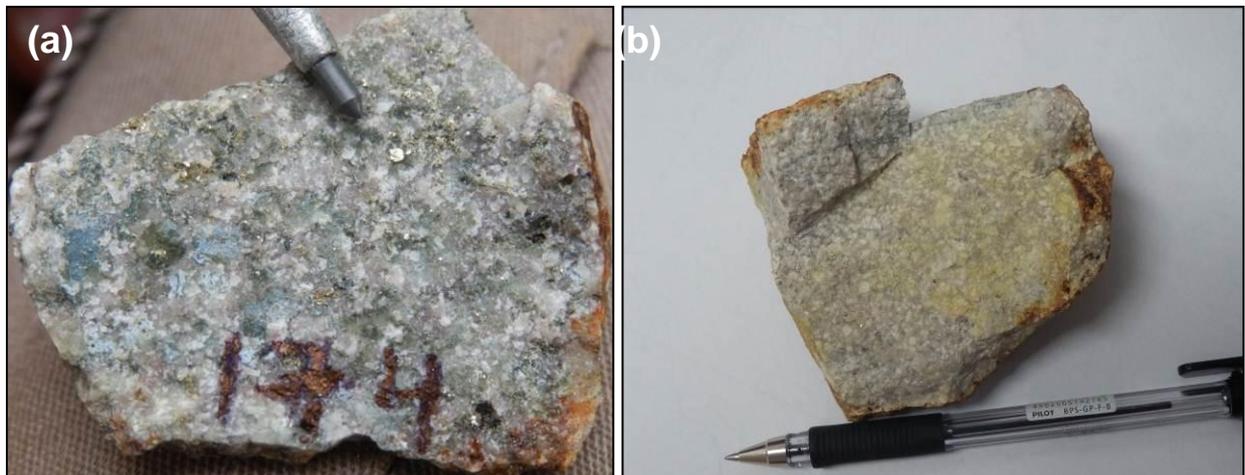


Figura 4.10.- (a) Sulfuros diseminados de pirita y calcopirita en el intrusivo cuarzo-monzodiorita, afloramiento de la margen izquierda de la quebrada Tastayojpampa. (b) Sulfuros diseminados de pirita y calcopirita en el pórfido cuarzo-feldespato que aflora en la margen derecha de la quebrada Tastayojpampa.

V. PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

En el ANAP Antabamba Bloque 03 se ha realizado el análisis geoquímico de un total de 283 muestras, las mismas que corresponden a 277 muestras de esquirlas de roca y 22 muestras de control analítico (blancos, estándares y duplicados). Las características de estas junto con los reportes de laboratorio se presentan como anexos I y II.

Las 277 muestras de roca fueron tomadas durante los años 2013-2014 y analizadas en los laboratorios de SGS, empleando análisis de ensayo al fuego para el Au. Las muestras tomadas el año 2013 fueron analizadas por ICP-OES (Fusión Peróxido de Sodio) mientras que las muestras del 2014 por ICP-MS (Digestión multiácida); los límites de detección de los elementos para cada tipo de análisis se muestran en la Tabla 5.1 y 5.2.

Tabla 5.1.- Límites de detección máximos y mínimos de análisis con fusión por Peróxido de Sodio

| Elemento | Lim.Det. Mínima | Lim. Det. Máxima |
|----------|-----------------|------------------|
| Au | 5ppb | 5ppm |
| Ag | 1ppm | 0.1% |
| Al | 0.01% | 25% |
| As | 30ppm | 10% |
| Ba | 0.5ppm | 1% |
| Be | 5ppm | 2.5% |
| Bi | 0.1ppm | 1000 |
| Ca | 0.01% | 35% |
| Cd | 0.2ppm | 1% |
| Ce | 0.1ppm | 1% |
| Co | 0.5ppm | 1% |
| Cr | 10ppm | 10% |
| Cs | 0.1ppm | 1% |
| Cu | 5ppm | 1% |
| Dy | 0.05ppm | 0.10% |
| Er | 0.05ppm | 0.10% |
| Eu | 0.05ppm | 0.10% |
| Fe | 0.01% | 30% |
| Ga | 1ppm | 0.10% |
| Gd | 0.05ppm | 0.10% |
| Ge | 1ppm | 0.10% |
| Hf | 1ppm | 1% |
| Ho | 0.05ppm | 0.10% |
| In | 0.2ppm | 0.10% |
| K | 0.01% | 25% |
| La | 0.1ppm | 0.10% |
| Li | 10ppm | 5% |
| Lu | 0.05ppm | 0.10% |

| Elemento | Lim.Det. Mínima | Lim. Det. Máxima |
|----------|-----------------|------------------|
| Mg | 0.01% | 30% |
| Mn | 10ppm | 10% |
| Mo | 2ppm | 1% |
| Nb | 1ppm | 1% |
| Nd | 0.1ppm | 1% |
| Ni | 5ppm | 1% |
| P | 0.01% | 25% |
| Pb | 5ppm | 1% |
| Pr | 0.05ppm | 0.01% |
| Rb | 0.2ppm | 1% |
| Sb | 0.5ppm | 1% |
| Sc | 5ppm | 5% |
| Sm | 0.1ppm | 0.10% |
| Sn | 1ppm | 1% |
| Sr | 0.1ppm | 1% |
| Ta | 0.5ppm | 1% |
| Tb | 0.05ppm | 1% |
| Th | 0.1ppm | 0.10% |
| Ti | 0.01% | 25% |
| Tl | 0.5ppm | 0.10% |
| Tm | 0.05ppm | 0.10% |
| U | 0.05ppm | 0.10% |
| V | 5ppm | 1% |
| W | 1ppm | 1% |
| Y | 0.5ppm | 0.10% |
| Yb | 0.1ppm | 0.10% |
| Zn | 5ppm | 1% |
| Zr | 0.5ppm | 1% |

Tabla 5.1.- Límites de detección máximos y mínimos de análisis con Digestión Multiácida

| Elemento | Lim.Det. Mínima | Lim. Det. Máxima |
|----------|-----------------|------------------|
| Au | 5ppb | 5ppm |
| Al | 0.01% | 15% |
| Ba | 5ppm | 1% |
| Ca | 0.01% | 15% |
| Cr | 1ppm | 1% |
| Cu | 0.5ppm | 1% |
| Fe | 0.01% | 15% |
| K | 0.01% | 15% |
| Li | 1ppm | 5% |
| Mg | 0.01% | 15% |
| Mn | 5ppm | 1% |
| Na | 0.01% | 15% |
| P | 50ppm | 1% |
| S | 0.01% | 5% |
| Sr | 0.5ppm | 1% |
| Ti | 0.01% | 15% |
| V | 1ppm | 1% |
| Zn | 1ppm | 1% |
| Zr | 0.5ppm | 1% |
| Ag | 0.02ppm | 10ppm |
| As | 1ppm | 1% |
| Be | 0.1ppm | 0.01% |
| Bi | 0.04ppm | 1% |
| Cd | 0.02ppm | 1% |
| Ce | 0.05ppm | 0.10% |
| Co | 0.1ppm | 1% |

| Elemento | Lim.Det. Mínima | Lim. Det. Máxima |
|----------|-----------------|------------------|
| Cs | 0.05ppm | 0.10% |
| Ga | 0.1ppm | 0.05% |
| Ge | 0.1ppm | 1% |
| Hf | 0.02ppm | 0.05% |
| In | 0.02ppm | 0.05% |
| La | 0.1ppm | 1% |
| Lu | 0.01ppm | 0.10% |
| Mo | 0.05ppm | 1% |
| Nb | 0.1ppm | 0.10% |
| Ni | 0.5ppm | 1% |
| Pb | 0.5ppm | 1% |
| Rb | 0.2ppm | 1% |
| Sb | 0.05ppm | 1% |
| Sc | 0.1ppm | 1% |
| Se | 2ppm | 0.01% |
| Sn | 0.3ppm | 0.10% |
| Ta | 0.05ppm | 1% |
| Tb | 0.05ppm | 1% |
| Te | 0.05ppm | 0.05% |
| Th | 0.2ppm | 1% |
| Tl | 0.02ppm | 1% |
| U | 0.1ppm | 1% |
| W | 0.1ppm | 1% |
| Y | 0.1ppm | 1% |
| Yb | 0.1ppm | 0.10% |

5.1 PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA DE ROCAS

5.1.1 Métodos de muestreo y enfoque

En el ANAP Antabamba Bloque 3, se obtuvieron 277 muestras de roca en tres campañas de campo: La primera, en el mes de Setiembre, la segunda en el mes de Noviembre del año 2013 empleándose el método de muestreo aleatorio simple que sirvió para identificar la litología y estructuras del área de estudio, sumando un total de 170 muestras de roca. La tercera fue en el mes de Octubre de 2014, donde, se programó un trabajo de campo, en el cual, se realizó un muestreo sistemático en una malla de 250mx250m, y se recolectó un total de 107 muestras de roca; haciendo un total de 277 muestras tomadas para el ANAP Antabamba Bloque 03. En este

recorrido se empleó los tipos de muestreo: rock chip y canales para estructuras mineralizadas. Luego, se realizó un muestreo aleatorio sistemático, donde se tomó como base los primeros análisis del muestreo aleatorio simple, en consecuencia en zonas donde se identificó alteración y mineralización, como ocurre en las zonas de Callocallo-Checyapa, C°Rumeorco-Totorapampa, C° Wyllama-San Marcos y Turpay. Las muestras extraídas son de calidad y representativas del área de estudio; por lo que no se identificó ninguna fuente de contaminación en campo.

5.1.2 Preparación y control de muestras en el ANAP Antabamba Bloque 3

Las muestras de roca recolectadas en el ANAP Antabamba Bloque 3 cumplen con un riguroso control de calidad (QA/QC) desde la extracción hasta el envío a los laboratorios para su respectivo análisis geoquímico, los cuales se detallan:

1. Limpieza en la zona de muestreo.
2. Descripción litológica, alteración y mineralización de la muestra.
3. El tipo de muestreo elegido fue por canal y rock chip.
4. La muestra extraída fue representativa al 100% con un peso aproximado de 2 Kg.
5. Se tomó una foto representativa de la zona de muestreo.
6. La muestra se colocó en una bolsa polietileno, con su respectivo código y cerrada con un precinto de seguridad.

5.1.3 Preparación y control de la muestra en gabinete campo

- a) Se ordenó las muestras verificando que se encuentren en buen estado y que estén completas.
- b) Se procedió a tomar fotos de las muestras en grupo para los registros fotográficos.
- c) Seguidamente se ingresaron 8 muestras como máximo en un saco con las descripciones necesarias (cantidad, remitente, destino etc.)

5.1.4 Recepción de muestras

1. Se recibió las muestras enviadas de campo, verificando el N° total de sacos, y colocándolas en un espacio seguro y ordenado.
2. Se ingresaron controles (estándares y blancos), asignados para dicho lote de muestras.
3. La entrega de muestras al laboratorio SGS se realizó mediante un cargo (cadena de custodia), la cual se detalló la cantidad de muestras, codificación y sacos.

5.1.5 Verificación de datos

La verificación de datos se realizó desde campo, como se estipula en la preparación y control de muestras. Con respecto a la verificación de datos en gabinete se procedió de la siguiente manera:

1. Cada integrante de brigada entregó sus tarjetas de campo debidamente ordenadas y con los datos validados.
2. Una vez entregadas todas las tarjetas de campo a un encargado se procedió a guardarlas en un fichero, para luego ingresarlas a la base de datos Excel del ANAP Antabamba bloque 3.
3. Realizada la verificación de la información cada integrante ingresa las descripciones de las tarjetas de campo a la base de datos geocientífica del INGEMMET.

5.2 ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD

Adicional a las 277 muestras de rocas recolectadas en el ANAP Antabamba Bloque 3, se incluyeron 22 muestras de control analítico consistentes en 7 blancos, 7 estándares y 8 duplicados. El detalle de éstos se muestra en la tabla 5.1 y una copia de los certificados de los estándares en el anexo III.

Los resultados analíticos de los blancos de control insertados en las muestras de rocas son para el total de casos del orden del límite inferior para cada elemento analizado, o cercanos a éstos concluyendo que no se tienen niveles de contaminación tanto en la etapa de chancado (blancos gruesos) como en la etapa de pulverización, tal como puede apreciarse en la Tabla 5.3

Los estándares certificados empleados en el ANAP Antabamba Bloque 3 proceden de los laboratorios GEOSTATS PTY LTD., de Australia (Anexo V). Los límites mínimos y máximos de tolerancia para los estándares han sido calculados considerando el promedio certificado ± 2 desviaciones (Tabla 5.2).

Tabla 5.1 Distribución de muestras de esquirlas de roca

| N° Reporte Analítico | Total muestras | Muestras roca | Muestras Control | Tipo Control | Detalle | N° | Total |
|----------------------|----------------|---------------|------------------|--------------|----------------------------|-----------|-----------|
| JOB 13-70300457 | 283 | 277 | 22 | Blancos | Arena silícea (~0.5mm) | 5 | 7 |
| | | | | | Blanco grueso cuarzo (1cm) | 2 | |
| | | | | Estándares | *SRM Cu alto GBM 906-6 | 2 | 7 |
| | | | | | SRM Cu medio GBM 309-10 | 2 | |
| | | | | | SRM Cu bajo GBM313-4 | 2 | |
| | | | | | SRM Au medio G913 - 4 | 1 | |
| | | | | Duplicados | Campo | 7 | 8 |
| | | | | | Pulpa | 1 | |
| Total | 283 | 277 | 22 | | | 22 | 22 |

*SMR (Standard Reference Material).

Tabla 5.2. Valores de estándares de los certificados del laboratorio Geostats PTY LTD

| Código Estándar | Elemento | Promedio | Desviación Estándar | Lím.Mín | Lím.Máx |
|-----------------|----------|----------|---------------------|---------|---------|
| GBM906-6 | As (ppm) | 9 | 3 | 3.5 | 15 |
| GBM906-6 | Cu (ppm) | 174 | 25 | 124.4 | 224.3 |
| GBM906-6 | Pb (ppm) | 290 | 14 | 261.2 | 318.2 |
| GBM906-6 | Zn (ppm) | 210 | 14 | 182 | 237.8 |
| GBM906-6 | Ag (ppm) | 389.7 | 21.1 | 347.5 | 431.9 |

5.2.1 Análisis de control de calidad para blancos gruesos y finos

En total, se consideraron 4 muestras de blanco gruesos y finos, que representa una tasa de inserción de 2.22% con respecto al total de muestras colectadas. No se identificó ningún caso de contaminación durante la preparación de muestras. Los resultados de los blancos gruesos se consideran dentro del rango aceptable, más del 95% de las muestras se encuentran debajo de los límites máximos.

Tabla 5.3 Resultados Analíticos Blancos de Control en muestras de rocas

| Orden | Código Muestras | Tipo muestra de control | Au ppb | Ag ppm | Cd ppm | Cu ppm | Fe % | Mo ppm | Pb ppm | Sb ppm |
|-------|-----------------|-------------------------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|
| 1 | Anta3-001 | BLK fino 0.5mm | <5 | <1 | <0.2 | 22 | 1.06 | 11 | 24 | 1.8 |
| 2 | Anta3-035 | BLK grueso 1cm | <5 | <1 | <0.2 | 18 | 0.84 | 4 | <5 | 1 |
| 3 | Anta3-101 | BLK fino 0.5mm | <5 | <1 | <0.2 | 21 | 1.29 | 14 | <5 | 0.8 |
| 4 | Anta3-144 | BLK grueso 1cm | <5 | <1 | <0.2 | 18 | 0.7 | 8 | <5 | 1 |
| 5 | Anta3-216 | BLK fino 0.5mm | <5 | <1 | 0.1 | 20.8 | 0.83 | 5.49 | 4.2 | 1.19 |
| 6 | Anta3-238 | BLK fino 0.5mm | <5 | <1 | 0.06 | 28.1 | 0.76 | 5.31 | 4.4 | 1.01 |
| 7 | Anta3-261 | BLK fino 0.5mm | <5 | <1 | 0.08 | 19.1 | 0.9 | 4.96 | 4.3 | 0.94 |

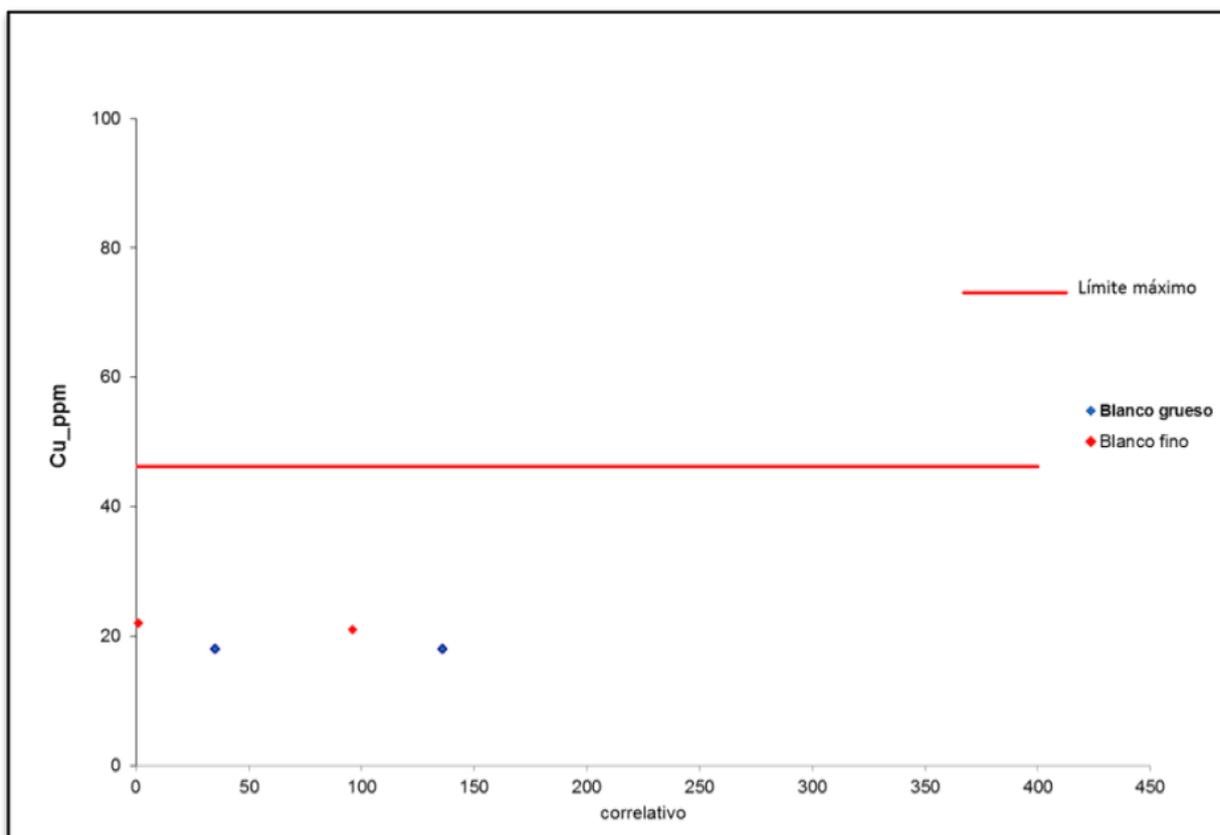


Figura 5.1.- Control de calidad del elemento Cu en blanco grueso y fino.

5.2.2 Análisis de control de calidad para los elementos Ag, Cu, y Pb

Las figuras 5.2 a 5.4 muestran los resultados analíticos para los elementos Ag, Cu, y Pb; estos resultados se encuentran entre los límites de detección certificados para cada elemento. Se concluye que los niveles de exactitud analítica para el Ag, Cu y Pb es aceptable, siendo confiables los resultados remitidos por los laboratorios SGS DEL PERÚ SAC para estos elementos.

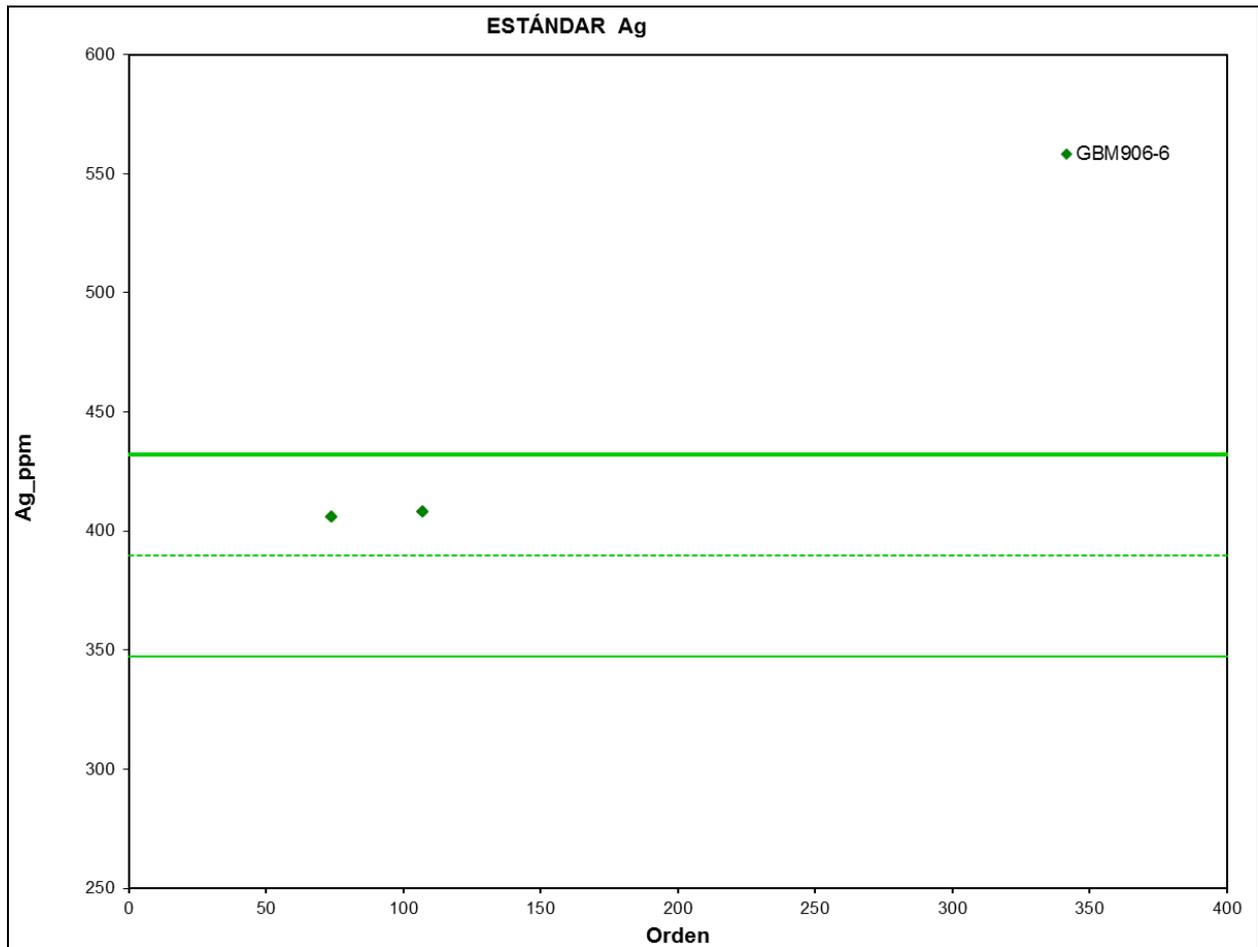


Figura 5.2.- Ag (ppm) – Estándares

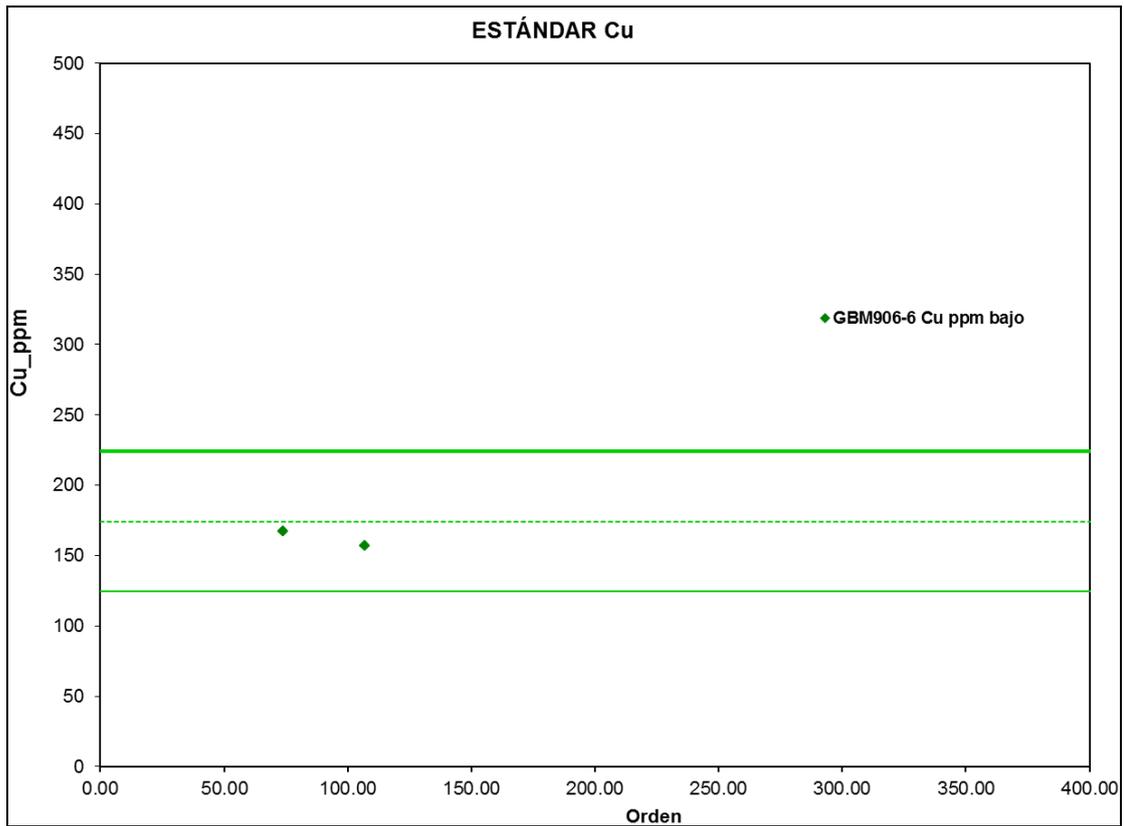


Figura 5.3.- Cu (ppm) – Estándares.

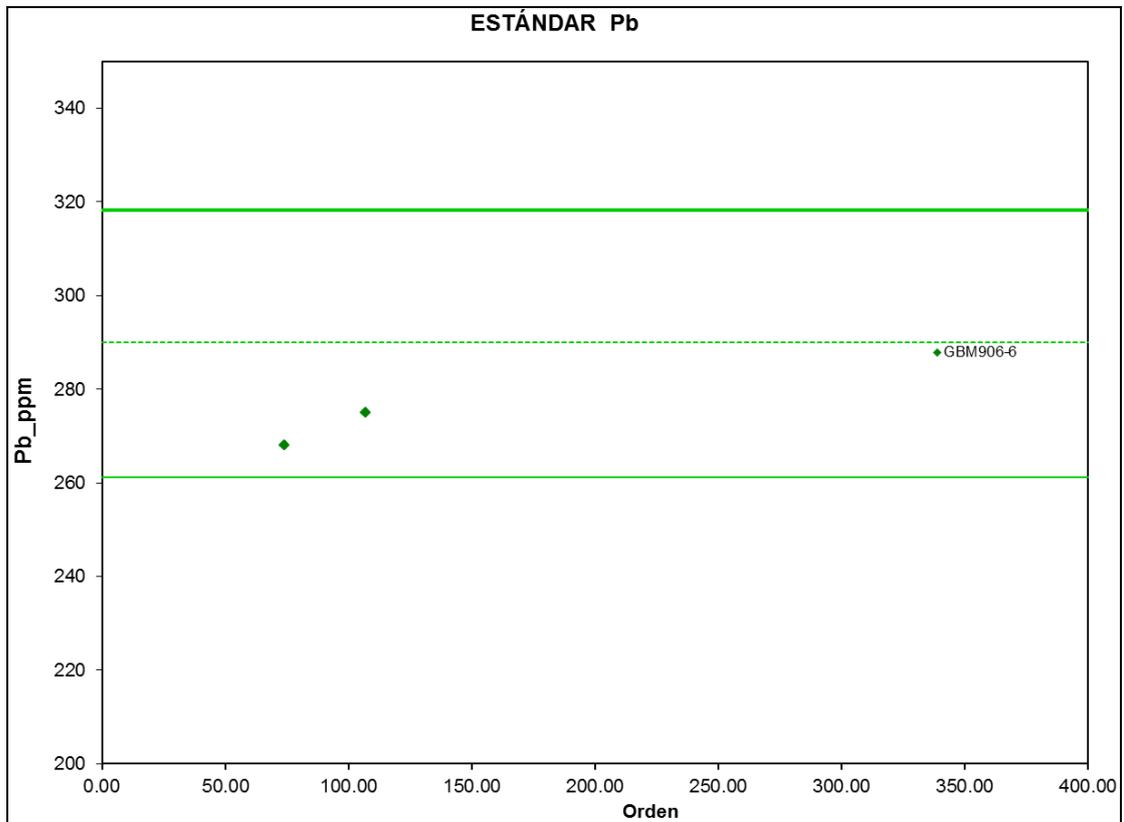


Figura 5.4.- Pb (ppm) – Estándares.

5.2.3 Análisis de control de duplicados

La evaluación de las muestras duplicadas (campo y pulpa) tiene niveles de “Diferencia relativa porcentual” aceptables al 100% para los análisis de la Ag, Cu, Cd, Mn, al 90% para el Mn y al 95% para el Au.

$$RPD = \frac{\bar{x} - x_1}{\bar{x}} \times 100\%$$

Dónde:

$$\bar{x} = (\text{Valor original} + \text{Valor duplicado})/2$$

x_1 = Valor original

Los resultados analíticos de las muestras originales y sus duplicados así como los valores de RPD se muestran en la Tabla 5.4 y en las figuras. 5.5 y 5.6 se representan gráficamente para los valores de Cu.

Los resultados obtenidos de las muestras duplicadas permiten concluir que la representatividad del muestreo es aceptable para las muestras recolectadas principalmente en el campo (Duplicados de campo)

Tabla 5.4 Resultados analíticos de muestras duplicadas

| N° | Muestras | QA/QC | Ag | RPD | Cu | RPD | Cd | RPD | Mn | RPD |
|----|-----------|-----------|------|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| | | | ppm | Ag | ppm | Cu | ppm | Cd | pmm | Mn |
| 1 | Anta3-12 | Original | 1 | 0 | 12 | 0 | 0.2 | 0 | 86 | 2.6 |
| 1 | Anta3-14 | Duplicado | 1 | | 12 | | 0.2 | | 70 | |
| 2 | Anta3-46 | Original | 1 | 0 | 5 | 0 | 0.2 | 0 | 67 | 1 |
| 2 | Anta3-47 | Duplicado | 1 | | 5 | | 0.2 | | 62 | |
| 3 | Anta3-174 | Original | 1 | 0 | 29 | 0 | 0.2 | 0 | 551 | 0.8 |
| 3 | Anta3-175 | Duplicado | 1 | | 29 | | 0.2 | | 587 | |
| 4 | Anta3-197 | Original | 0.33 | 8.7 | 16.8 | 12.9 | 0.02 | 10.7 | 73 | 0.7 |
| 4 | Anta3-215 | Duplicado | 0.16 | | 52.5 | | 0.05 | | 69 | |
| 5 | Anta3-226 | Original | 0.17 | 3.3 | 28.1 | 10.7 | 0.2 | 12 | 74 | 2.2 |
| 5 | Anta3-227 | Duplicado | 0.13 | | 11.3 | | 0.07 | | 62 | |
| 6 | Anta3-246 | Original | 0.03 | 5 | 3 | 4.4 | 0.02 | 5 | 19 | 0.6 |
| 6 | Anta3-250 | Duplicado | 0.02 | | 2.1 | | 0.03 | | 20 | |
| 7 | Anta3-285 | Original | 0.36 | 1.1 | 6.4 | 1.5 | 0.02 | 0 | 45 | 0.3 |
| 7 | Anta3-291 | Duplicado | 0.33 | | 7.2 | | 0.02 | | 44 | |
| 8 | Anta3-299 | Original | 0.22 | 1.8 | 7.5 | 0.9 | 0.04 | 8.3 | 57 | 0.7 |
| 8 | Anta3-298 | Duplicado | 0.19 | | 7 | | 0.02 | | 54 | |

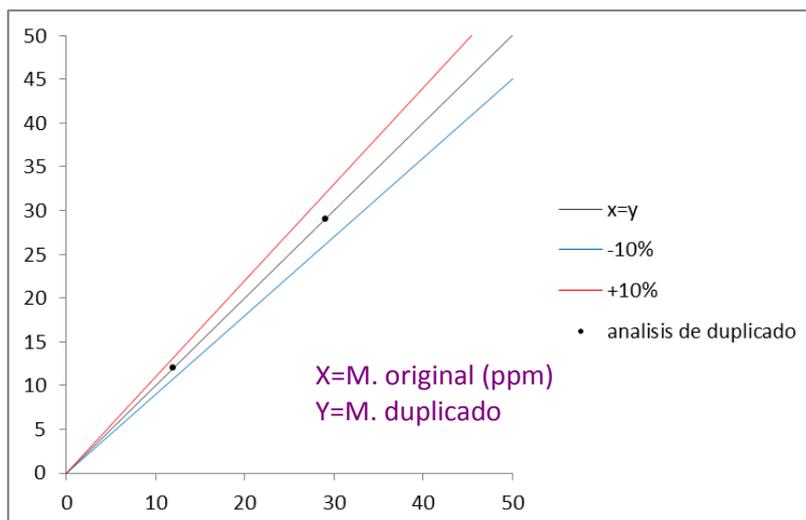


Fig. 5.5 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de campo para el Cu.

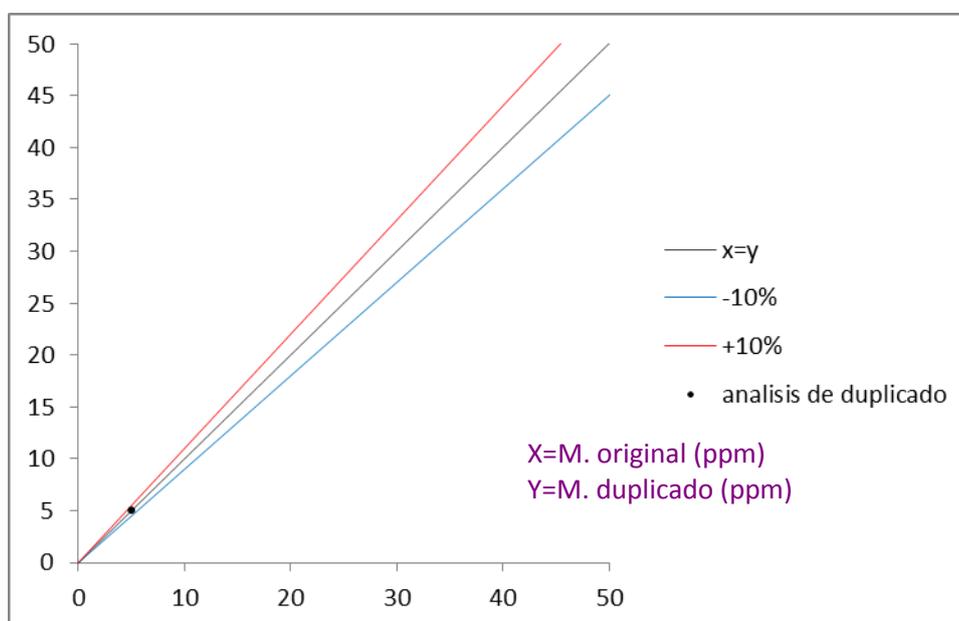


Fig. 5.6 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de pulpa para el Cu.

No se han identificado posibles confusiones. Los resultados de los duplicados gruesos se consideran dentro del rango aceptable para todos los elementos estudiados (mas del 90% de los pares de muestras debe caer dentro de los límites de error, evaluados para un error máximo relativo de 20%).

Se concluye que las muestras examinadas pueden ser aceptadas y utilizadas para fines de estimación de recursos.

5.3 INTERPRETACIÓN

El muestreo de rocas realizado ha permitido evaluar geoquímicamente un 90% el ANAP Antabamba Bloque 3. Las muestras fueron tomadas donde se identificó indicios de mineralización, alteraciones hidrotermales y fracturamiento durante los trabajos de mapeo geológico efectuado.

En base a los trabajos de cartografiado geológico, de alteraciones y ocurrencias minerales reconocidas se han definido 2 targets prospectivos denominados 1. **Callocallo-Checyapa** y 2. **Totorapapma – San Marcos** (Figura 6.0). Las características geológicas y geoquímicas son descritas mas adelante. Y los mapas geoquímico de oro y cobre se muestran en el Anexo VI.

El Target **Callocallo Checyapa**, se ubica hacia el sector norte del ANAP, afloran rocas calcáreas y areniscas cuarzosas (cuarcitas) cortadas por intrusivos de composición monzonítica del Batolito Andahuaylas-Yauri. Aquí, se tienen valores altos de oro, del orden de 200 ppb hasta 5000 ppb. Estos valores están asociados a vetas generadas en el intrusivo monzonítico en contacto con las calizas de la Formación Arcurquina.

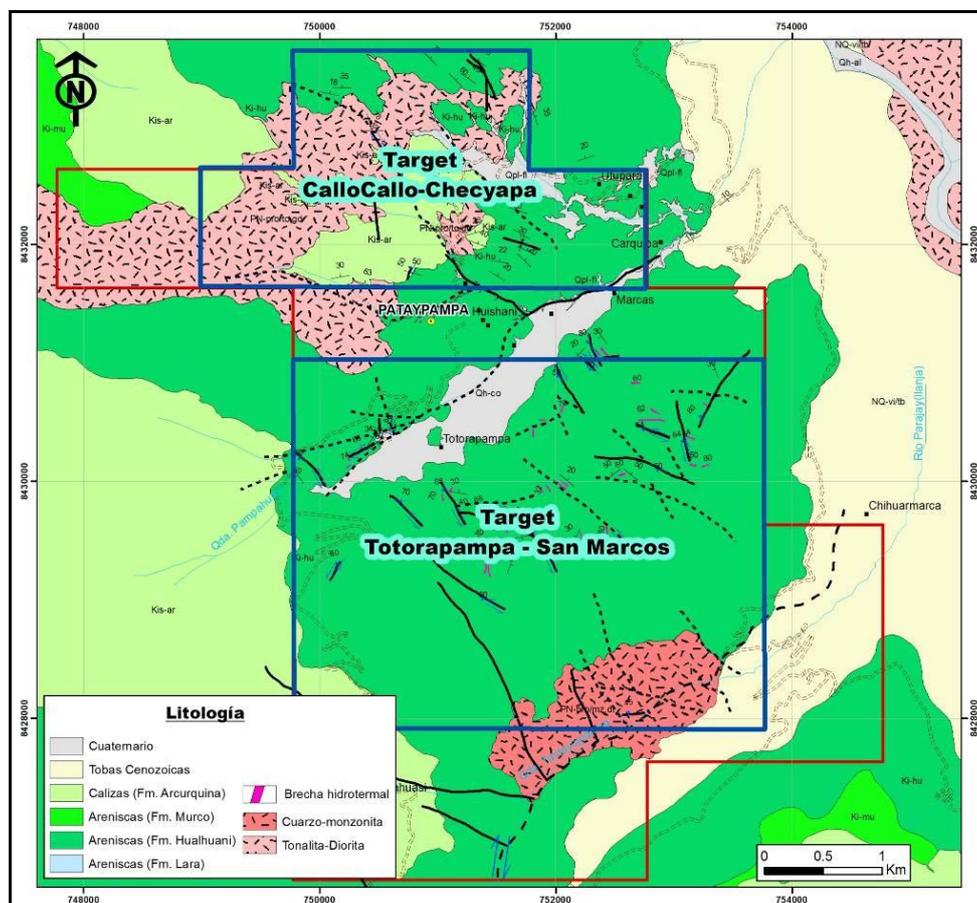
El Target **Totorapampa-San Marcos**, se ubica al centro del área del ANAP. Abarca principalmente rocas sedimentarias que consisten de areniscas cuarzosas o cuarzoarenitas (ver anexo III); asimismo en menor proporción y al sur del ANAP, rocas intrusivas de naturaleza cuarzo-monzonita. En éste, se tienen valores anómalos de cobre y oro relacionado a las brechas presentes en la secuencia de areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani.

VI. ÁREAS PROSPECTIVAS EN EL ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3

En base a los trabajos de cartografiado geológico, de alteraciones y ocurrencias minerales reconocidas se han definido 2 targets prospectivos denominados 1. **Callocallo-Checyapa** y 2. **Totorapapma – San Marcos** (Figura 6.0). Las características geológicas y geoquímicas son descritas mas adelante. Y los mapas geoquimico de oro y cobre se muestran en el Anexo VI.

El Target **Callocallo Checyapa** tiene un área de 600 hectáreas, se ubica hacia el sector norte del ANAP, afloran rocas calcáreas y areniscas cuarzosas (cuarcitas) cortadas por intrusivos de composición monzonítica del Batolito Andahuaylas-Yauri. Aquí, se tienen valores altos de oro, del orden de 200 ppb hasta 5000 ppb. Estos valores estan asociados a vetas generadas en el intrusivo monzonitico en contacto con las calizas de la Formación Arcurquina.

El Target **Totorapampa-San Marcos** tiene un área de 1200 hectáreas, se ubica al centro del área del ANAP. Abarca principalmente rocas sedimentarias que consisten de areniscas cuarzosas o cuarzoarenitas (ver anexo III); asimismo en menor proporción y al sur del ANAP, rocas intrusivas de naturaleza cuarzo-monzonita. En éste, se tienen valores anómalos de cobre y oro relacionado a las brechas presentes en la secuencia de areniscas cuarzosas de la Formacion Hualhuani.



6.1 TARGET CALLOCALLO-CHECYAPA

6.1.1 Ubicación

Se ubica hacia el sector norte de la zona en estudio, abarca el poblado de Checyapa y ambos márgenes de la quebrada Callocallo. La altura de este sector varía entre los 2750 y 4000 msnm, y sus coordenadas centrales son 751,000E / 8'432,500N. En la Figura 6.1 se muestra una vista panorámica del target.



Figura 6.1.- Vista del target Callocallo-Checyapa. Foto mirando al norte

6.1.2 Geología local

En Callocallo-Checyapa afloran rocas calcáreas y siliciclásticas de las Formaciones Arquiquina, Hualhuani y Murco del Cretácico, así como rocas intrusivas que forman parte del plutonismo de Andahuaylas – Yauri. También se tienen depósitos fluviales recientes (Figura 6.2).

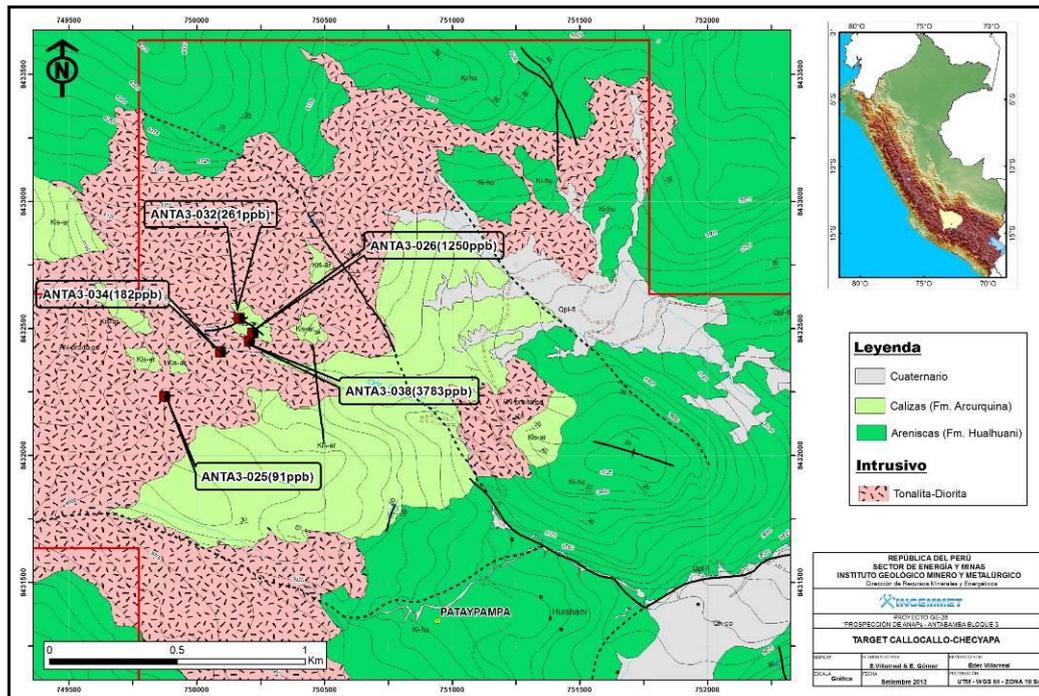


Figura 6.2.- Mapa geológico del Target Callocallo-Checyapa, mostrando valores puntuales anómalos de oro en ppb.

La secuencia calcárea aflora en el sector central-sur del target, consiste en calizas color gris oscuras tipo wasckstone, con venillas de calcita y ankerita. Estas calizas también se muestran como techos colgados en el intrusivo.

La secuencia siliciclástica de las Formaciones Murco y Hualhuani afloran hacia el sector este y norte del target Callocallo-Checyapa, consisten en afloramientos de areniscas cuarzosas de grano medio blancas a gris claro (Figura 6.3). En algunos sectores, estas areniscas muestran grados moderados de alteración hidrotermal.

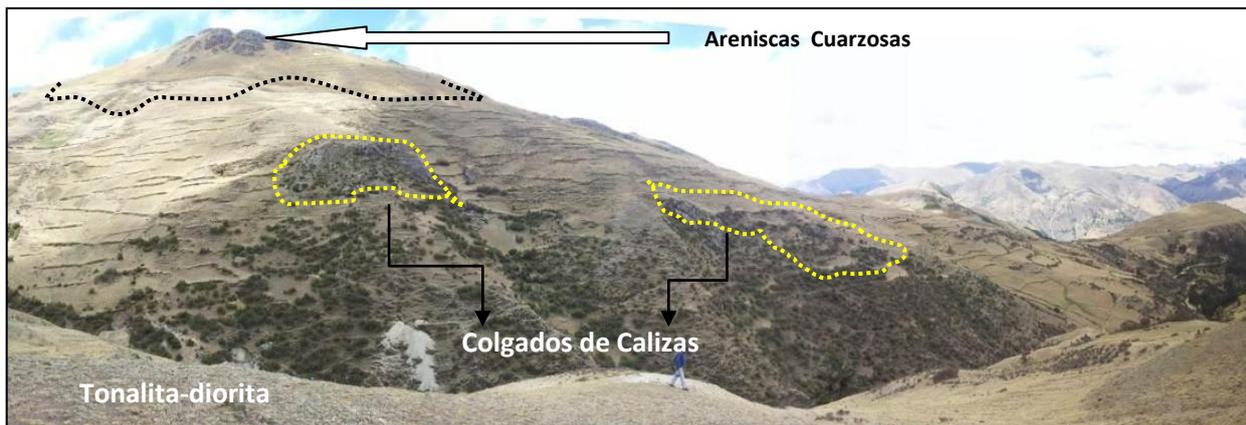


Figura 6.3.- Vista de los afloramientos de areniscas y colgados de calizas.

Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas aflorantes en el target Callocallo-Checyapa corresponden a un intrusivo de textura porfírica de composición diorítica a tonalítica con fenocristales de grano grueso (hasta 2 cm) de ortosa y algunos ojos de cuarzo. Diaclasamiento de N163/67O; 080/47N; 070/42S;

150/12SO. En varios sectores este intrusivo presenta alteración argílica débil.

6.1.3 Geología estructural

En el sector de Checyapa las fallas son de tendencia Norte-Sur presenta un buzamiento subvertical (60° E a 65° O), estas han generado zonas de apertura que favorecen el ingreso y transporte de los fluidos mineralizantes, generando estructuras mineralizadas denominadas como sistemas de vetas Checyapa.

Las fallas de tendencia $N120^\circ$, por lo general, presentan buzamientos entre 80 y 85° , localmente delimitan zonas de alteración hidrotermal y hospedan estructuras mineralizadas, como se observa en el C° Carapata, donde, la falla de rumbo dextral permitió el ingreso de los fluidos mineralizantes generando estructuras y cuerpos de brecha similares a las descritas como Brechas San Marcos.

Las estructuras de tendencia $N45^\circ-60^\circ$ y Este-Oeste, al igual que los anteriormente descritos frecuentemente hospedan vetas y delimitan y/o controlan el desarrollo longitudinal de las diferentes zonas de alteración hidrotermal que conforman el área de estudio. Estas estructuras presentan predominantemente buzamientos sub-verticales.



Figura 6.4.- Exposición de Plano de Falla dextral normal de rumbo $140^{\circ}/60^{\circ}O$, controla contacto entre pórfido tonalítico, areniscas cuarzosas y calizas.

6.1.4 Alteración y mineralización

En las muestras tomadas de la granodiorita-tonalita que aflora en este sector, a lo largo de la quebrada Callocallo (noroeste del poblado de Pataypampa), se han reconocido minerales de cobre tales como: malaquita, neotocita, calcantita y óxidos de hierro y cobre como goethita, hematita y cuprita. Este tipo de mineralización se puede observar en los afloramientos de la margen izquierda de la quebrada Callocallo.

En algunos sectores de la quebrada Callocallo, la granodiorita presenta una moderada alteración filica con asociación de cuarzo-sericita y limonitas con venillas irregulares tipo stockwork de cuarzo blanco masivo hacia los bordes, y óxidos hacia el centro. Las venillas tienen diferentes direcciones (Figura 6.5). Asimismo, este cuerpo granodiorítico se encuentra rodeado por una alteración propilítica que va de moderada a intensa; presenta epidota, clorita, y en la matriz se han reconocido disseminaciones de clorita-magnetita.

Hacia la margen izquierda de la quebrada Callocallo existen vetas de cuarzo blanco con óxidos y disseminaciones de minerales de cobre como malaquita, neotocita entre otros, que han sido explotadas de manera artesanal (Figura 6.6). Las rocas caja de estas vetas presentan

alteración argílica y óxidos de manganeso rellenando fracturas.



Figura 6.5.- Venillas irregulares tipo stockwork en pórfido granodiorítico con direcciones 130°, 140°, 090°, 100°, 040, 050°



Figura 6.6.- Veta de cuarzo con rumbo 147°/63°SO, con minerales de cobre, manganeso y óxidos de hierro

6.1.5 Prospección geoquímica de rocas

En este target la población estadística es generalmente de rocas intrusivas y tiene afinidad por valores de Au y Cu especialmente en las márgenes de la quebrada Callocallo hacia los contactos con los afloramientos colgados de calizas. Los valores de fondo y umbral para los elementos anómalos se muestran en la Tabla 6.1.

El muestreo en este target se realizó principalmente en los intrusivos tonalíticos y en los contactos de estos con las calizas de la Formación Arcurquina. Es en estos contactos donde se han generado estructuras mineralizadas con valores altos de Oro que superan los 5000 ppb. En el cuadro resumen de valores (Tabla 6.2) se pueden evidenciar las altas concentraciones de Oro con algunos valores mayores a 1000 ppb.

Tabla 6.1.- Background, threshold y rangos de anomalías de la población estadística de rocas intrusivas.

| Elemento | Valor Fondo | Valor Umbral | Rangos Anomalías | Nivel Anomalía |
|----------|--------------|--------------|------------------|----------------|
| Au (ppb) | <5 (LDInf*) | 30 | 30 - 60 | Débil |
| | | | 61 - 90 | Moderada |
| | | | 90 - 120 | Fuerte |
| Ag (ppm) | <1 (LDInf*) | 7 | 7 - 13 | Débil |
| Cu (ppm) | <33 (LDInf*) | 132 | 132 - 1198 | Débil |
| Pb (ppm) | <16 (LDInf*) | 279 | 279 - 557 | Débil |
| | | | 557 - 777 | Moderada |
| Mo (ppm) | <4 (LDInf*) | 20 | 20 - 40 | Débil |
| | | | 40 - 45 | Moderada |
| Zn (ppm) | <47 (LDInf*) | 216 | 216 - 433 | Débil |
| | | | 433 - 539 | Moderada |
| As (ppm) | <15 (LDInf*) | 174 | 174 - 348 | Débil |
| | | | 348 - 493 | Moderada |

(*) Limite de Detección Inferior

Tabla 6.2.- Cuadro de muestras más significativas de Au, Mo, Pb y Zn.

| Muestra | Litología | Au_ppb | Ag_ppm | Cu_ppm | Pb_ppm | Mo_ppm | Zn_ppm | As_ppm |
|-----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ANTA3-020 | Tonalita | 11 | 1 | 39 | 366 | 5 | 97 | 32 |
| ANTA3-026 | Sub-volcánico | 1250 | 1 | 41 | 11 | 4 | 120 | 30 |
| ANTA3-032 | Cuarzo-monzonita | 261 | 18 | 35 | 64 | 45 | 43 | 110 |
| ANTA3-034 | Tonalita | 182 | 3 | 49 | 43 | 8 | 163 | 30 |
| ANTA3-036 | Tonalita | 7 | 1 | 195 | 777 | 3 | 539 | 30 |
| ANTA3-038 | Tonalita | 3783 | 6 | 173 | 56 | 8 | 101 | 30 |
| ANTA3-041 | Estructura en calizas | 5000 | 13 | 318 | 69 | 5 | 635 | 39 |
| ANTA3-066 | Calizas | 5 | 1 | 13 | 7 | 2 | 688 | 30 |
| ANTA3-158 | Arenisca | 8 | 1 | 9 | 369 | 7 | 63 | 30 |
| ANTA3-160 | Arenisca | 27 | 1 | 18 | 54 | 10 | 225 | 30 |

6.2 TOTORAPAMPA – SAN MARCOS

6.2.1 Generalidades

Este target se ubica hacia el sur del poblado de Pataypampa, y abarca la parte central y sur del ANAP, comprende los poblados de Totorapampa y San Marcos, su zona central se extiende a lo largo de los cerros Rumeorco y Wyllama. Con cotas que van entre los 3700 y 4400 m.s.n.m.

6.2.2 Geología local

En el target Totorapampa – San Marcos aflora una secuencia de areniscas cuarzosas de grano medio a fino, las mejores exposiciones de estas areniscas se encuentran a lo largo de la quebrada Pampahuasi, así como, a lo largo de los cerros Rumeorco y Wyllama; a la base de estas areniscas, se tienen capas de limolitas color amarillento a gris de grano fino (Figura 6.9). Las areniscas están compuestas principalmente por cuarzo, plagioclasas y feldespatos potásicos; la matriz está compuesta por arcillas y micas con impregnaciones de óxidos de hierro (Figura 6.7).

Hacia el noroeste del target, se tienen pequeños afloramientos de calizas grises wackstone con venillas de calcita y disseminaciones de pirita (Figura 6.8). Hacia el sector Este y Sureste se tienen afloramientos de tobas vítreas de textura porfirítica de color gris pardo con fenocristales y fragmentos de cristales de feldespatos.

Cortando a estas potentes secuencias de areniscas se encuentran brechas con clastos angulosos de areniscas silicificadas y con una matriz de óxidos de hierro; en algunos casos se ha reconocido sulfuros disseminados (Figura 6.10).

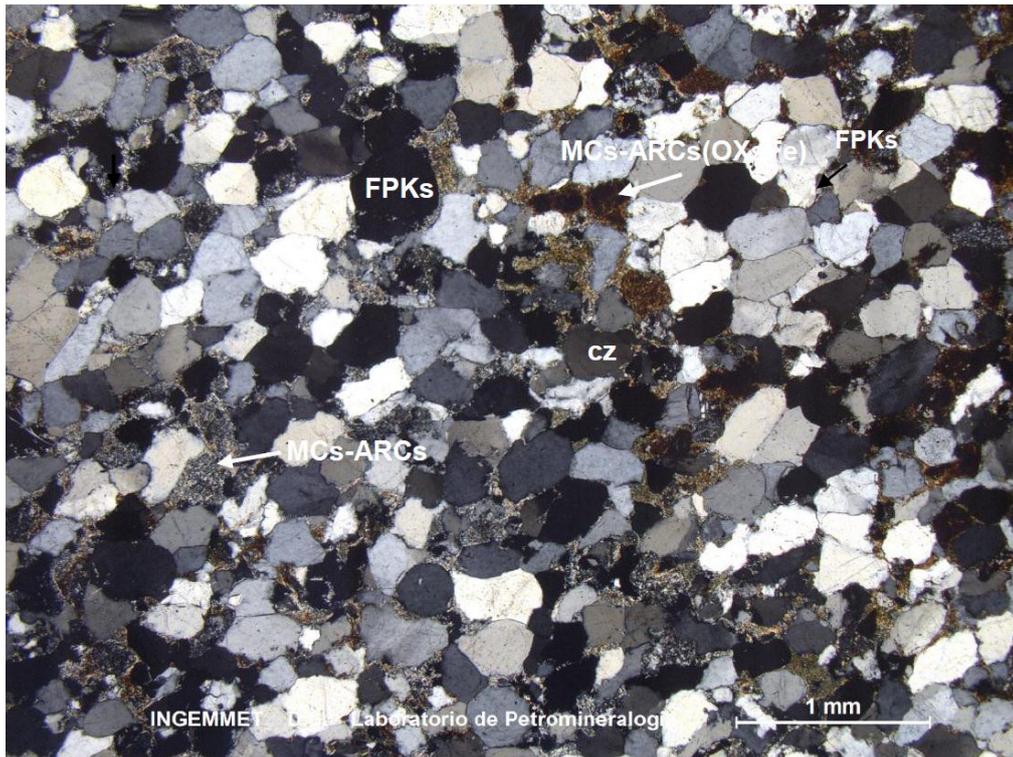


Figura 6.7.- Se muestra granos de cuarzo y plagioclasas (alteradas a arcillas), fragmentos líticos dispuestos en una matriz constituida por arcillas y micas con impregnación de óxidos de hierro.

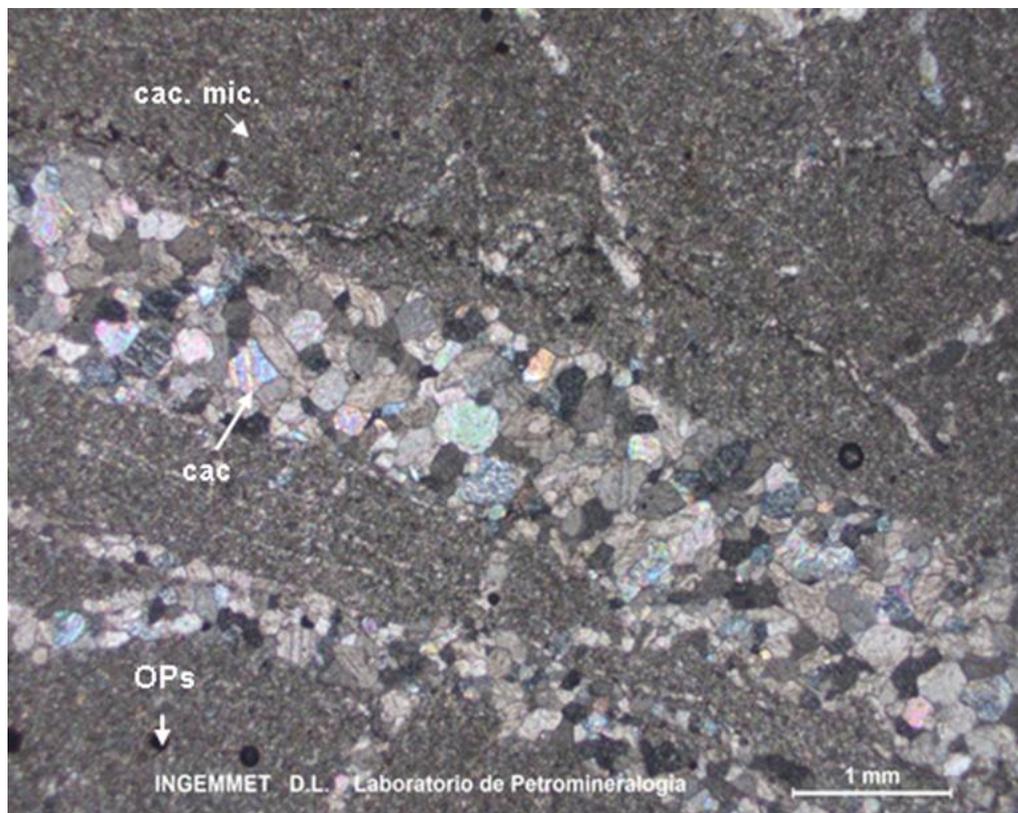


Figura 6.8.- Cristales de calcita micrítica que constituyen la matriz. Venillas de calcita y diseminaciones de minerales opacos (pirita).

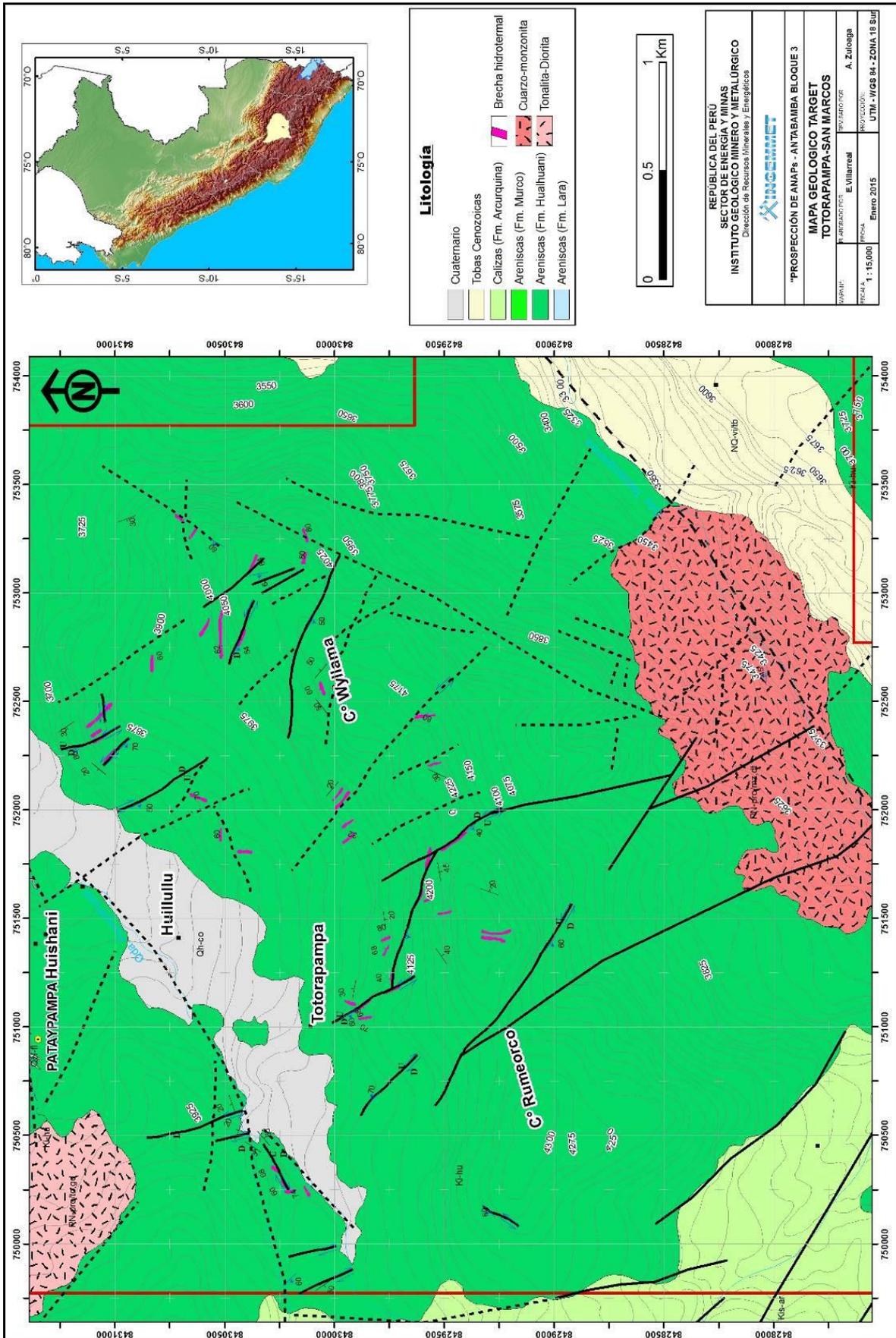


Figura 6.9.- Mapa geológico del Target Totorapampa-San Marcos.

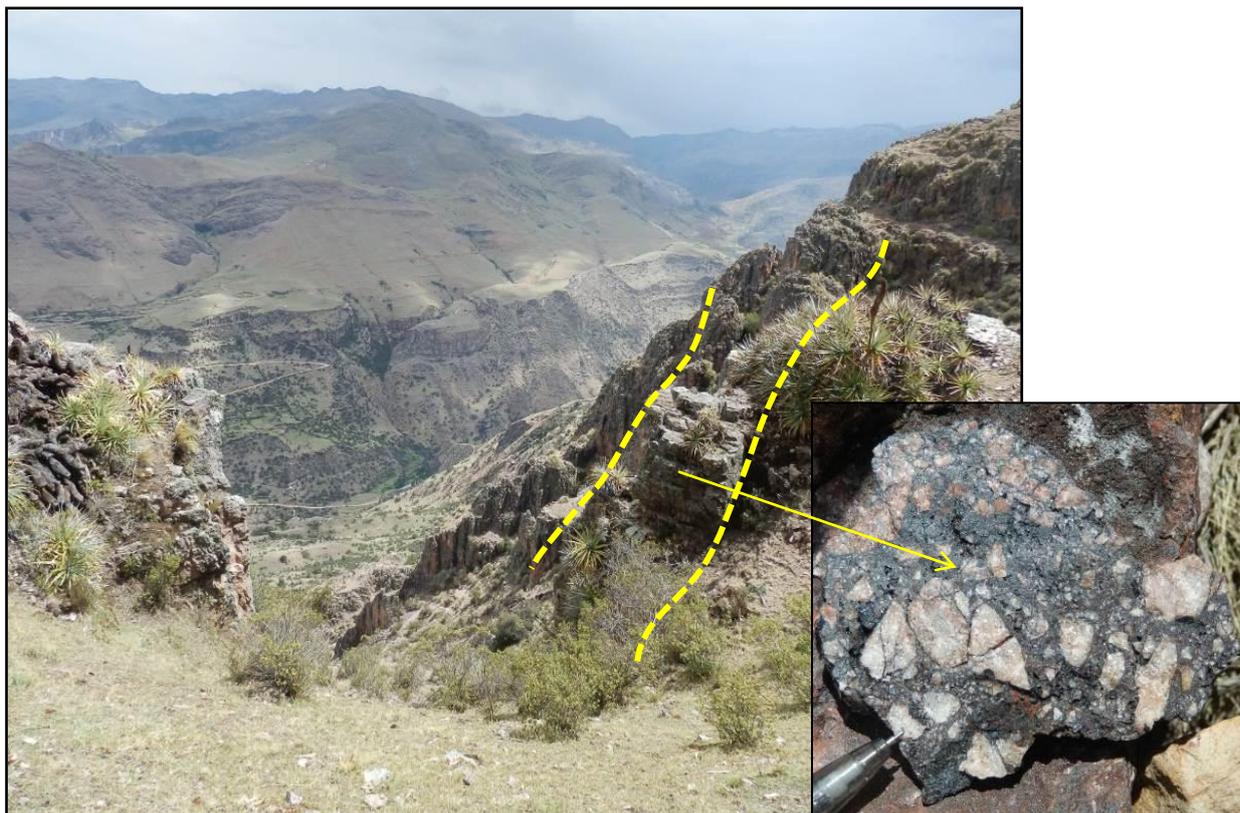


Figura 6.10.- Paquete de areniscas en el target Wyllama-San Marcos cortadas por brechas con clastos angulosos y matriz de óxidos de hierro. Rumbo de Brecha 070°/60°SE. Foto Mirando al sur.

Hacia la zona sur del target, y a lo largo del río Tastayojpampa se han reconocido dos facies intrusivas. La primera corresponde a un intrusivo de composición cuarzo-monzonita de textura fanerítica con contenido de plagioclasas (38%) feldespato potásico (28%) y cuarzo (15%) y minerales accesorios como biotita, esfena, clorita, epidota y opacos. En la parte baja, hacia la margen izquierda de la quebrada Tastayojpampa, está cuarzo-monzonita presenta sulfuros diseminados y oxidaciones en las fracturas. El segundo evento magmático, corresponde a un intrusivo de textura porfírica clasificado como pórfido cuarzo-monzonita; con alto contenido de plagioclasa (36%); matriz cuarzo-feldespática (33%) y feldespato potásico (12%); se tiene una presencia importante de sulfuros diseminados de pirita y calcopirita (Figura 6.11).

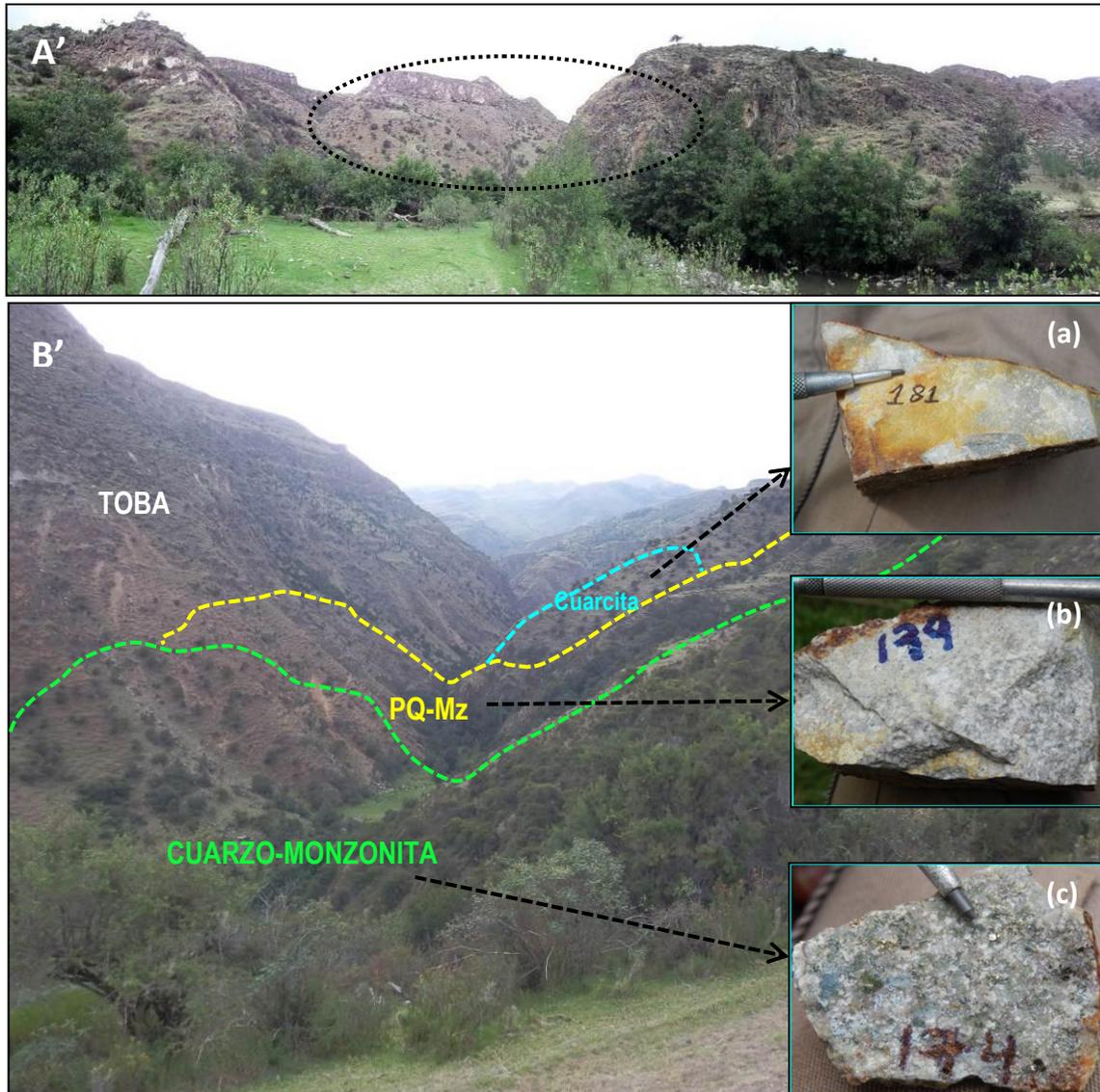


Figura 6.11.- (A') Vista panorámica de la Quebrada Tastayojpampa. (B') Vista mirando al oeste de la Quebrada Tastayojpampa. (a) Arenisca cuarzosa con fuerte silificación en estratos con rumbo 165° y buzamiento de 20° al oeste. (b) Intrusivo de textura porfírica de composición cuarzo-feldespato-plagioclasa. (c) Intrusivo cuarzo-monzonita con sulfuros diseminados de pirita y calcopirita.

6.2.3 Geología estructural

Estructuralmente, el target Totorapampa-San Marcos está controlado por fallas con rumbo general noroeste-sureste (Figuras 6.12 y 6.13), las mismas que afectan a la secuencia de areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani. Asimismo, existen numerosas brechas mineralizadas asociadas a fallas.

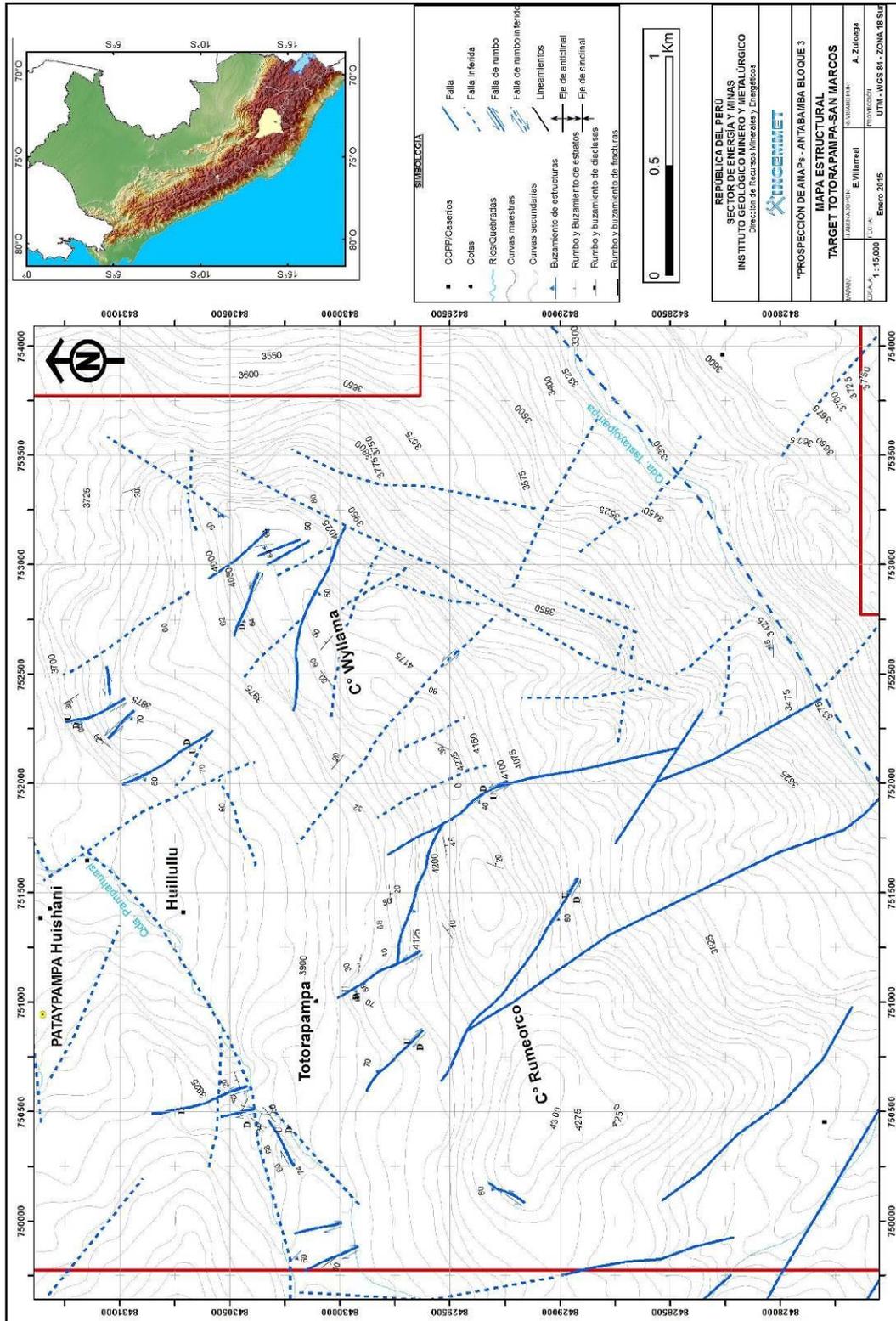


Figura 6.12.- Mapa estructural del target Totorapampa-San Marcos.

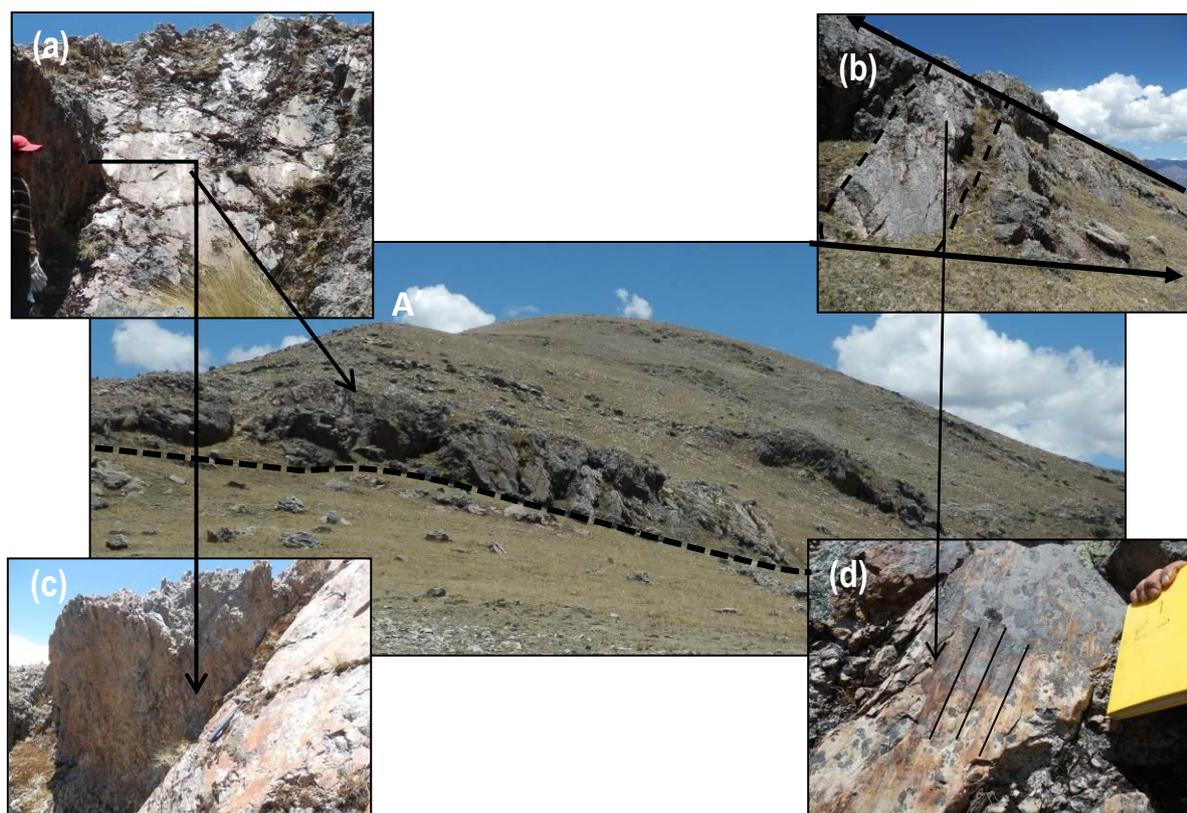


Figura 6.13.- (A') Falla local con coordenadas 751038 E, 8429268 N, de dirección $120^{\circ}/60^{\circ}\text{SO}$ en el cerro Rumeroco. (a) Espejo de falla rellenada de cuarzo con OxFe . (b) Falla local secundaria, plano principal de dirección $120^{\circ}/60^{\circ}\text{SW}$. (c) Areniscas cuarzosas crackeladas con relleno de óxidos de hierro (hematita., jarosita y goethita). (d) detalle de las estrias en plano de falla, que evidencian un comportamiento sinistral inverso.

Hacia el borde más occidental se tienen fallas de dirección E-O y N-S, las cuales están controlando el contacto de las areniscas de la Formación Hualhuani y las calizas de la Formación Arcurquina (Figura 6.14). Asimismo en el centro poblado de Totorapampa, se ha identificado fallas dextrales normales con rumbo $138^{\circ}/80^{\circ}\text{SO}$, $170^{\circ}/50^{\circ}\text{O}$ y $180^{\circ}/70^{\circ}\text{E}$, en estos afloramientos se observa un moderado fracturamiento con relleno de óxidos de hierro y presencia de sulfuros finos diseminados de pirita y calcopirita (Figura 6.15). Estas estructuras se presentan en las areniscas cuarzosas.

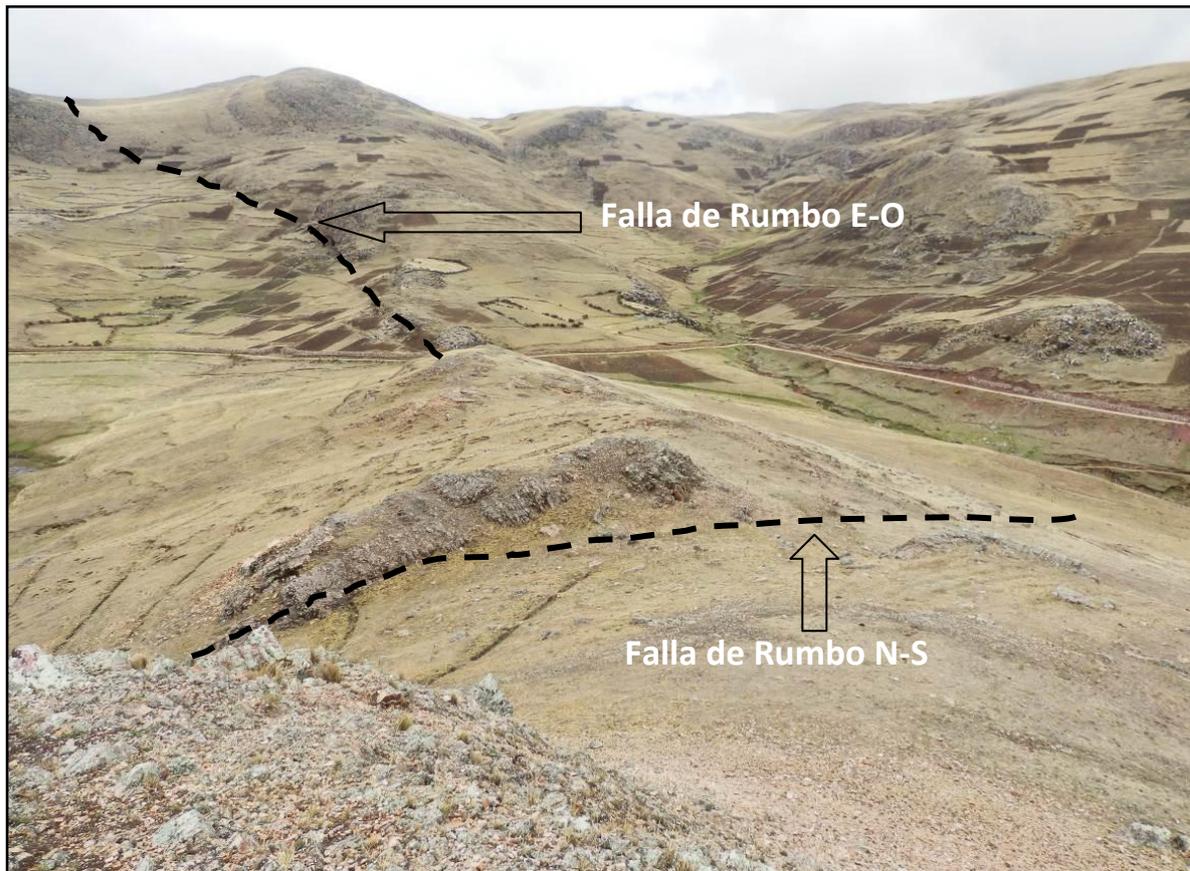


Figura 6.14.- Control estructural en lado occidental del target C° Rumeorco-Totorapampa. Fallas con rumbos E-O y N-S.

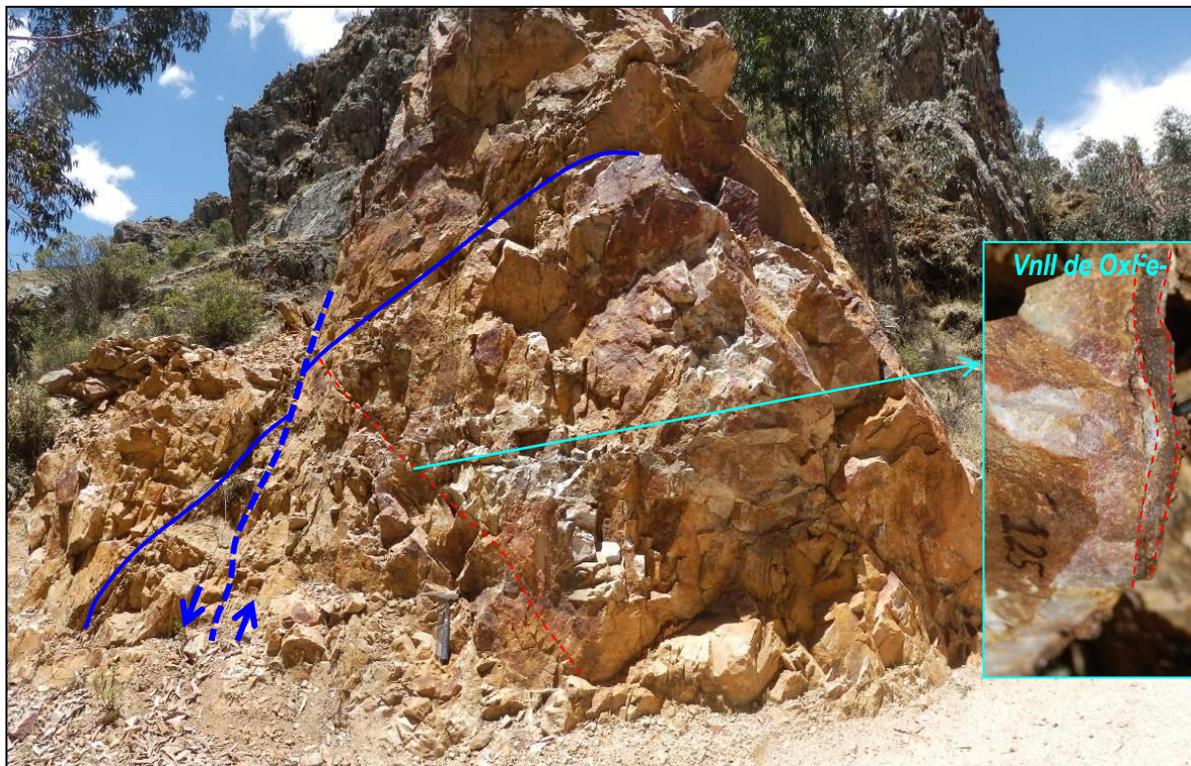


Figura 6.15.- Afloramiento de areniscas cuarzosas con fuerte silificación y controlada por dos fallas de rumbo, a su vez presenta una pequeña fractura rellena de hematita-goethita-pirita-calcopirita, con ancho de 5mm.

Hacia el cerro Wyllama y cerca del centro poblado de San Marcos se ha identificado fallas con rumbo general noroeste-sureste y algunos fallas locales con rumbo Norte-Sur (Figura 6.16 y 6.17), las mismas que afectan a la secuencia de areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani. Asimismo, existen numerosas brechas mineralizadas asociadas a fallas. Las fallas noroeste-sureste tienen comportamiento sinistral y direcciones de rumbo entre 120°, 144°, 130° con buzamientos al SE y SO entre 50 y 70°. Las brechas están relacionadas a fallas más locales con direcciones de 170°, 100° y 090°; estas fallas son casi verticales. En algunas brechas se han reconocido sulfuros diseminados.

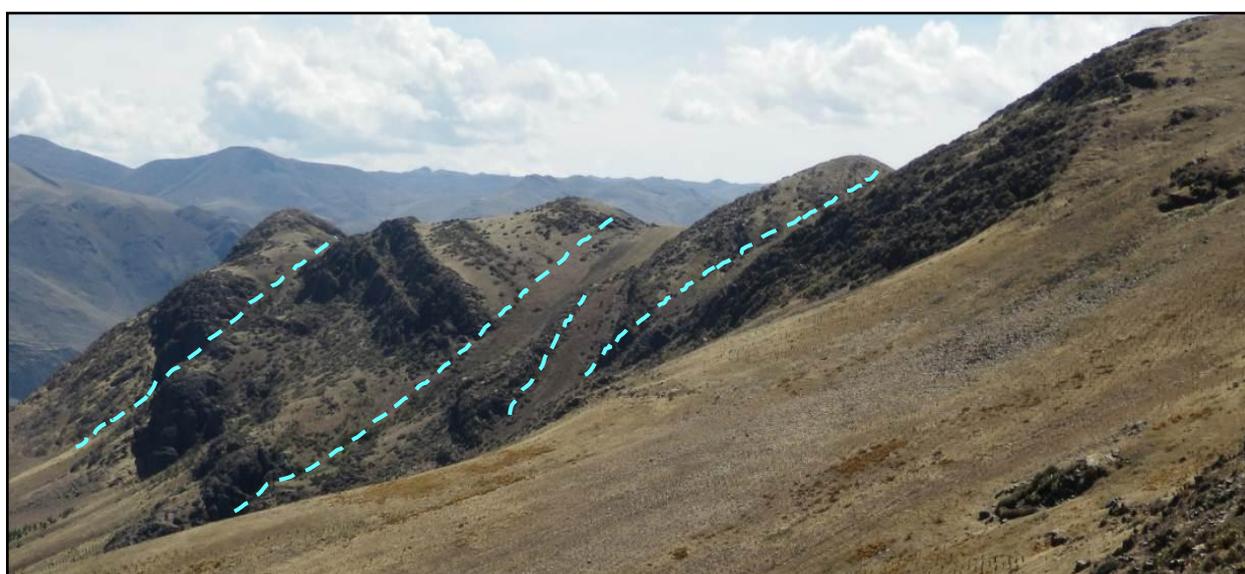


Figura 6.16.- Foto mirando al sureste del C°Wyllama, se observan fallas de dirección NO-SE.

Hacia el distrito de Turpay se observan las mismas fallas con rumbo general noroeste-sureste y algunas fallas locales con rumbo norte-sur, que se encuentran en el cerro Wyllama; estas fallas se extienden hacia el sur del ANAP y en el target Turpay cortan tanto la potente secuencia de areniscas cuarzosas y los intrusivos que afloran en el área. En esta área también se ha identificado brechas mineralizadas asociadas a fallas. Las fallas noroeste-sureste tienen comportamiento sinistral y direcciones de rumbo entre 120°, 144°, 130° con buzamientos al SE y SO entre 50 y 70°. Las brechas están relacionadas a fallas más locales con direcciones de 170°, 100° y 090°; estas fallas son casi verticales. En algunas brechas se han reconocido sulfuros diseminados.

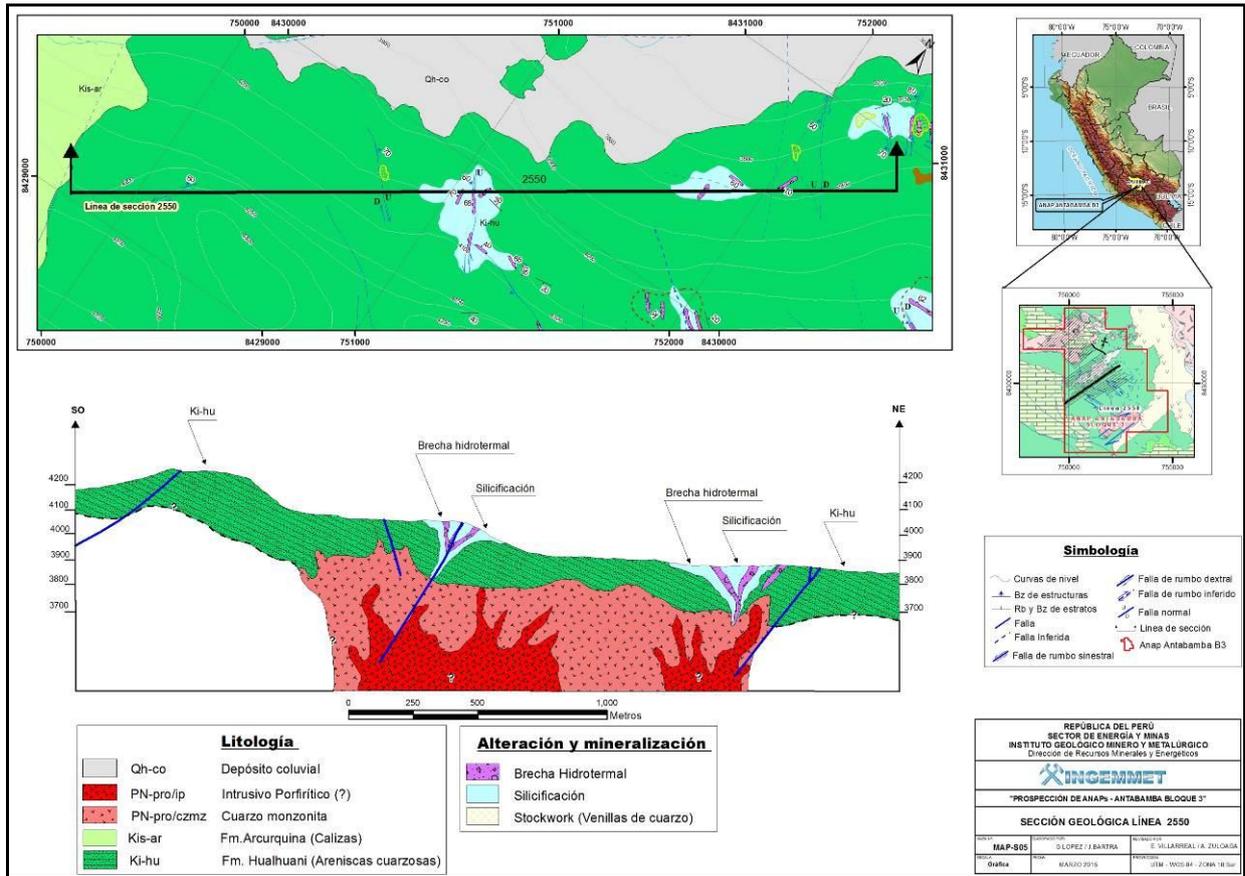


Figura 6.17.- Sección geológica del Target Totorapampa – San Marcos.

6.2.4 Alteración y mineralización

En el target Totorapampa - San Marcos, hacia los alrededores del poblado de Totorapampa, se ha reconocido una fuerte silicificación de las areniscas cuarzosas, así como sectores de sílice granular masiva y en venillas (Figura 6.19). Hacia la margen izquierda de la quebrada Pampahuasi cerca del límite oeste del target se puede observar a las areniscas fuertemente silicificadas y fracturadas, dichas fracturas han sido rellenadas por cuarzo y sulfuros, generando una zona de stockworks de venillas de cuarzo, así como venillas de óxidos de hierro; éstas últimas son evidencia de sulfuros primarios que fueron lixiviados (Figura 6.18).

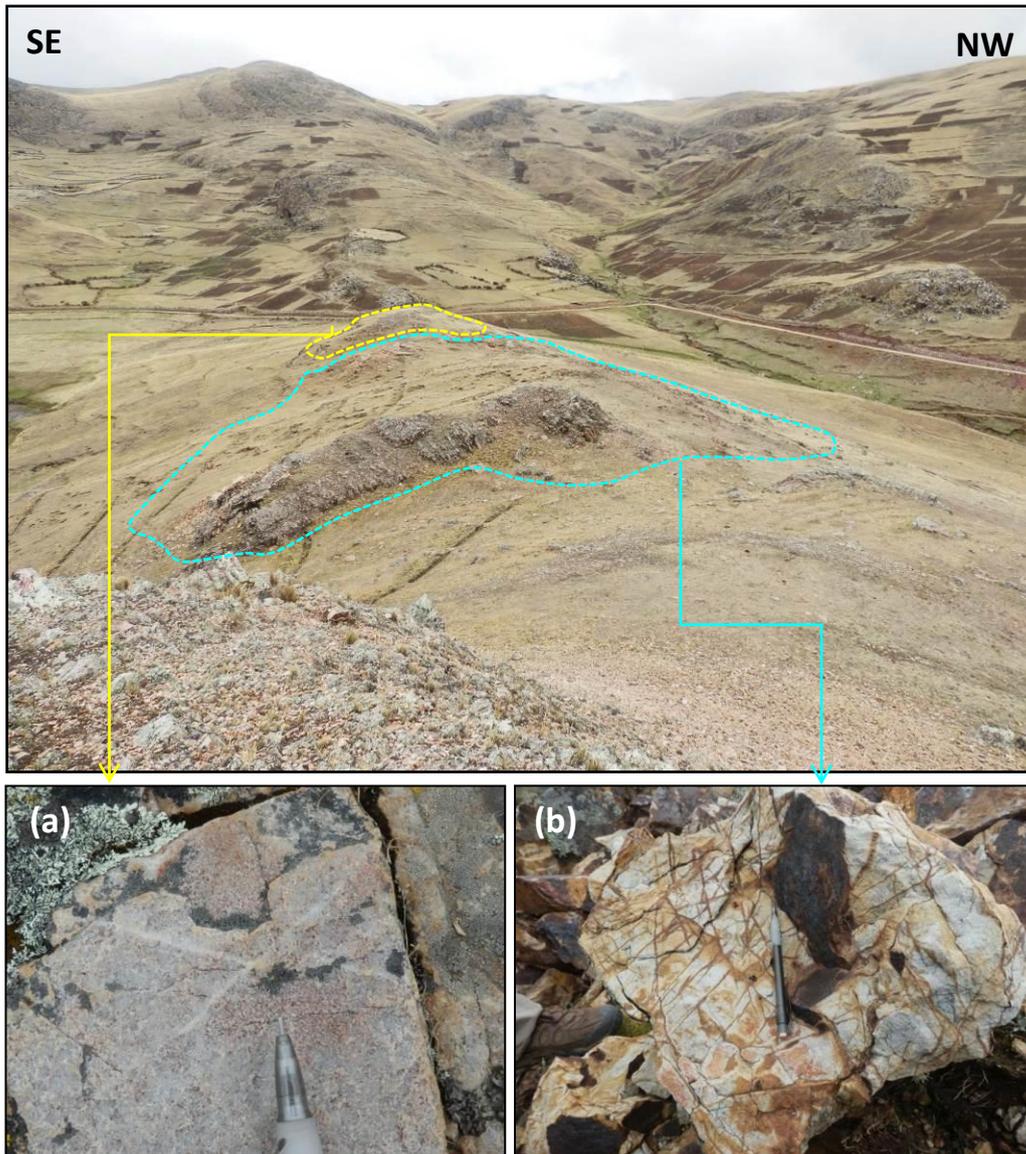


Figura 6.18.- Zona de stockwork en areniscas cuarzosas silicificadas. (a) Stockwork con venillas de cuarzo que podrían estar relacionadas a un pórfido en profundidad. (b) Stockwork de venillas de óxidos de hierro, controlado por una falla sinistral de $140^{\circ}/42^{\circ}\text{SO}$.



Figura 6.19.- Detalle de sílice granular en las areniscas cuarzosas, en la foto de la izquierda se puede observar algunos clastos silicificados de la arenisca.

En el C°Wyllama también se ha reconocido una fuerte silicificación de las areniscas, en algunos sectores acompañada de fuerte oxidación. Hacia el sector oriental del cerro Wyllama también se reconocen estructuras en stockwork similares a las identificadas en el C° Rumeorco (Figura 6.20); estos stockworks consisten de venillas de hematita que se encuentran en las areniscas cuarzosas silicificadas.



Figura 6.20.- Afloramiento de ~250m², estructuras de stockwork con venillas rellenas de hematita. La roca caja son areniscas cuarzosas silicificadas de la Formación Hualhuani. Se observa control estructural por falla 050°/40°NW. En las figuras de la derecha se observa el detalle de las venillas en diferentes direcciones formando la estructura stockworks.

A las parte alta del cerro Wyllama se ha reconocido una labor minera artesanal abandonada (Vetas). Estas fueron explotadas años atrás; la mineralización es de óxidos de hierro con oro asociado a fallas locales de dirección norte-sur (170°/64°O), las mismas que han generado zonas de brecha con rellenos de óxidos de hierro, goethita, hematita y jarosita (Figura 6.21).

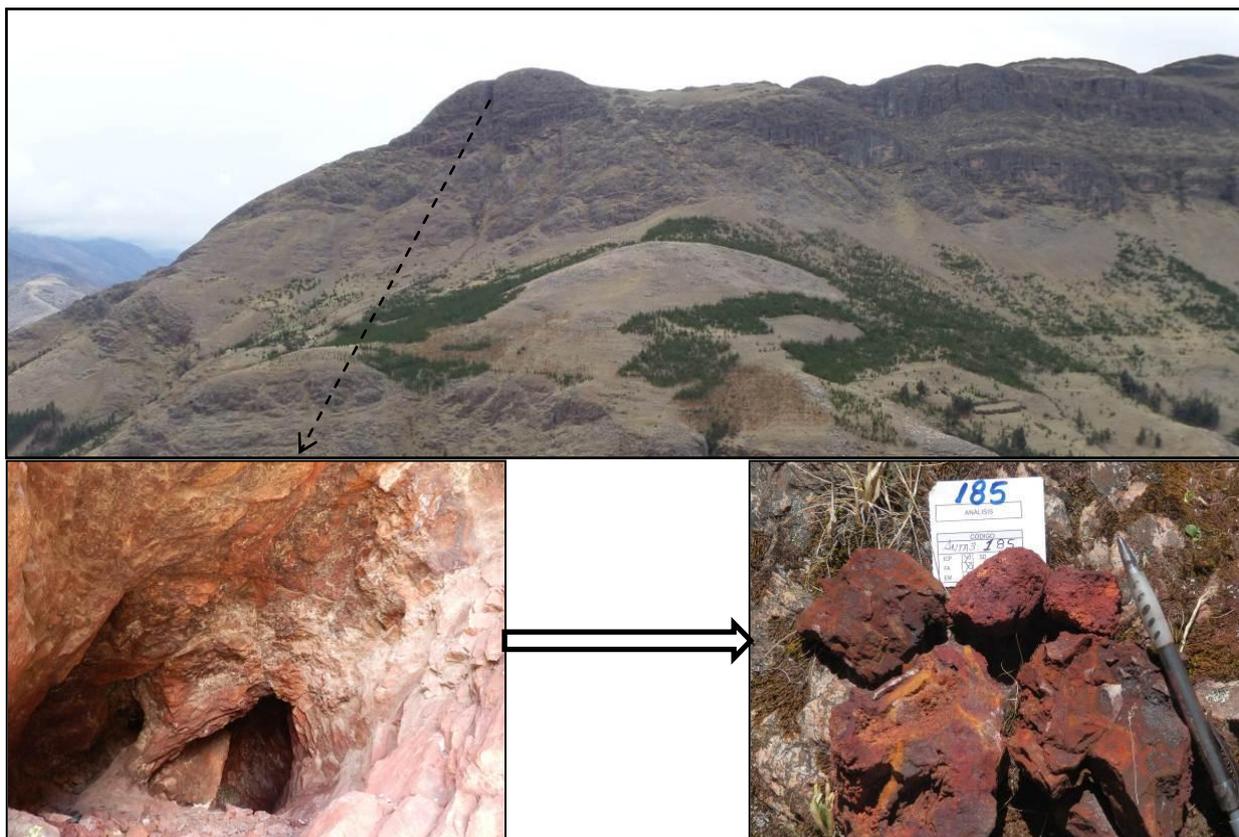


Figura 6.21.- Ubicación de pequeña labor minera asociada a falla y brecha hidrotermal con clastos angulosos de arenisca cuarzosa y matriz de óxidos de hierro (hematita, jarosita, goethita). La caja de arenisca presenta moderada oxidación. La estructura tiene 1.5 m ancho y ~20m largo con dirección $110^{\circ}/64^{\circ}\text{S}$, controlada por una falla $170^{\circ}/64^{\circ}\text{O}$ con 2-5m de ancho y ~200m de largo.

La silicificación de las areniscas cuarzosas se extiende hacia el extremo sur del Target, margen izquierda de la quebrada Tastayojpampa (Figura 6.23). En este sector se ha reconocido también una zona de cuarzo sericita en un intrusivo cuarzo monzonita (Figura 6.22). En algunos sectores, el intrusivo y pórfido cuarzo-monzonita presenta una moderada argilización de las plagioclasas (Figura 6.23). Asimismo, las hornblendas y biotitas se están alterando a cloritas y epidotas.



Figura 6.22.- Margen izquierda de la quebrada Tastayojpampa (Muestra ANTA3-177), con coordenadas 753079 E, 8428274 N. Afloramiento de un Pórfido Cuarzo Feldespato con alteración cuarzo-sericita, y disseminación de pirita con óxidos de hierro.

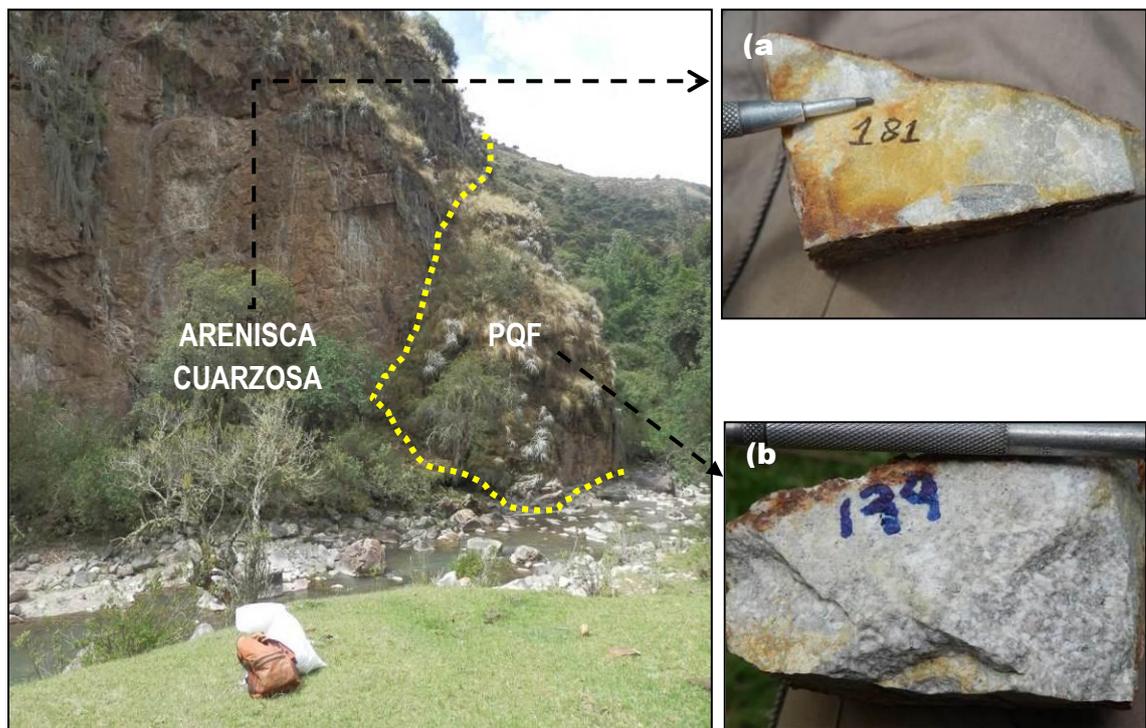


Figura 6.23.- Vista del contacto entre pórfido cuarzo-feldespato (PQF) y areniscas cuarzosas. (a) Fuerte silificación de las areniscas cuarzosas en cerca del contacto con intrusivo diorítico. (b) Pórfido cuarzo-feldespato con plagioclasas argilizadas.

La mineralización en las brechas identificadas en el C° Wyllama, está relacionadas al intrusivo y al pórfido cuarzo-monzonita que afloran a ambos márgenes de la quebrada Tastayojpampa, esto debido a que ambos intrusivos presentan mineralización diseminada de pirita y calcopirita (Figura 6.24).

En algunos sectores, a lo largo de la quebrada Tastayojpampa, el intrusivo cuarzo-monzonita presenta fracturamiento moderado, fracturas rellenas por óxidos (hematita).



Figura 6.24.- Margen izquierda de la Quebrada Tastayojpampa (Muestra ANTA3-174), con coordenadas 753230 E, 8428175 N. Cuarzo-Monzonita con facies porfíricas, con pirita diseminada y trazas de calcopirita. Presenta alteración propilítica, a lo largo de la quebrada también se observó venillas de clorita y otras venillas sinuosas de hematita.

6.2.5 Prospección geoquímica de rocas

El Target Totorapampa San-Marcos comprende 229 muestras de roca, la población estadística de este target es netamente sedimentaria. Las muestras tomadas corresponden a las areniscas cuarzosas de la Formación Hualhuani. Asimismo, algunas muestras han sido tomadas de estructuras como fallas y brechas que cortan esta secuencia sedimentaria Cretácica (Figura

6.10). Los valores de fondo y umbral para los elementos anómalos se muestran en la Tabla 6.3.

Tabla 6.3.- Background, Threshold y rangos de anomalías de la población estadística de rocas sedimentarias

| Elemento | Valor Fondo | Valor Umbral | Rangos Anomalías | Nivel Anomalía |
|----------|---------------|--------------|------------------|----------------|
| Au (ppb) | <7 (LDInf*) | 19.0 | 19 - 33 | Débil |
| Ag (ppm) | <0.2 (LDInf*) | 1.6 | 1.6 - 3.2 | Débil |
| | | | 3.2 - 4.7 | Moderada |
| | | | 4.7 - 6.3 | Fuerte |
| Cu (ppm) | <11 (LDInf*) | 82.0 | 82 - 164 | Débil |
| | | | 164 - 210 | Moderada |
| Pb (ppm) | <5 (LDInf*) | 147.0 | 147 - 293 | Débil |
| | | | 293 - 440 | Moderada |
| | | | 440 - 456 | Fuerte |
| Mo (ppm) | <2 (LDInf*) | 15.0 | 15 - 29 | Débil |
| | | | 29 - 44 | Moderada |
| | | | 44 - 59 | Fuerte |
| | | | 59 - 64 | Muy fuerte |
| Zn (ppm) | <8 (LDInf*) | 147.0 | 147 - 294 | Débil |
| | | | 294 - 441 | Moderada |
| | | | 441 - 588 | Fuerte |
| | | | 588 - 655 | Muy fuerte |
| As (ppm) | <9 (LDInf*) | 70.0 | 70 - 140 | Débil |
| | | | 140 - 168 | Moderada |

(*) Limite de Detección Inferior

El muestro en este target se realizó principalmente en las areniscas de la Formación Hualhuani, y en las diferentes estructuras de falla y brechas que cortan esta secuencia sedimentaria. El background de Au y Cu es de 8 ppb y 17 ppm respectivamente; aparentemente es muy bajo, sin embargo las muestras que han sido tomadas en las zonas de debilidad como fallas, brechas y áreas de fracturamiento intenso, los resultados geoquímicos han reportado valores de hasta 1427 ppm de cobre y 255 ppb de oro, tal como se puede observar en el cuadro resumen de valores (Tabla 6.4) y en las figuras 6.25 y 6.26.

Tabla 6.4.- Cuadro de muestras más significativas de Au, Mo, Pb y Zn.

| Muestra | Litología | Au_ppb | Ag_ppm | Cu_ppm | Pb_ppm | Mo_ppm | Zn_ppm | As_ppm |
|-----------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ANTA3-029 | Arenisca | 14 | 14 | 453 | 560 | 12 | 101 | 50 |
| ANTA3-042 | Arenisca | 39 | 1 | 103 | 39 | 6 | 5 | 15 |
| ANTA3-054 | Brecha | 19 | 1 | 308 | 57 | 634 | 97 | 457 |
| ANTA3-060 | Estructura-falla | 48 | 1 | 42 | 212 | 8 | 15 | 79 |
| ANTA3-062 | Brecha | 140 | 2 | 1427 | 184 | 55 | 1093 | 2389 |
| ANTA3-083 | Arenisca | 255 | 1 | 104 | 21 | 21 | 217 | 617 |
| ANTA3-089 | Arenisca | 123 | 1 | 28 | 79 | 4 | 70 | 338 |
| ANTA3-094 | Brecha | 157 | 6 | 143 | 517 | 39 | 389 | 644 |
| ANTA3-102 | Brecha | 142 | 1 | 45 | 137 | 9 | 37 | 51 |
| ANTA3-106 | Brecha | 17 | 1 | 342 | 14 | 11 | 20 | 83 |
| ANTA3-109 | Brecha | 33 | 4 | 1166 | 460 | 6 | 46 | 15 |
| ANTA3-140 | Brecha | 102 | 1 | 20 | 69 | 5 | 5 | 159 |
| ANTA3-185 | Brecha | 104 | 1 | 131 | 36 | 13 | 12 | 522 |

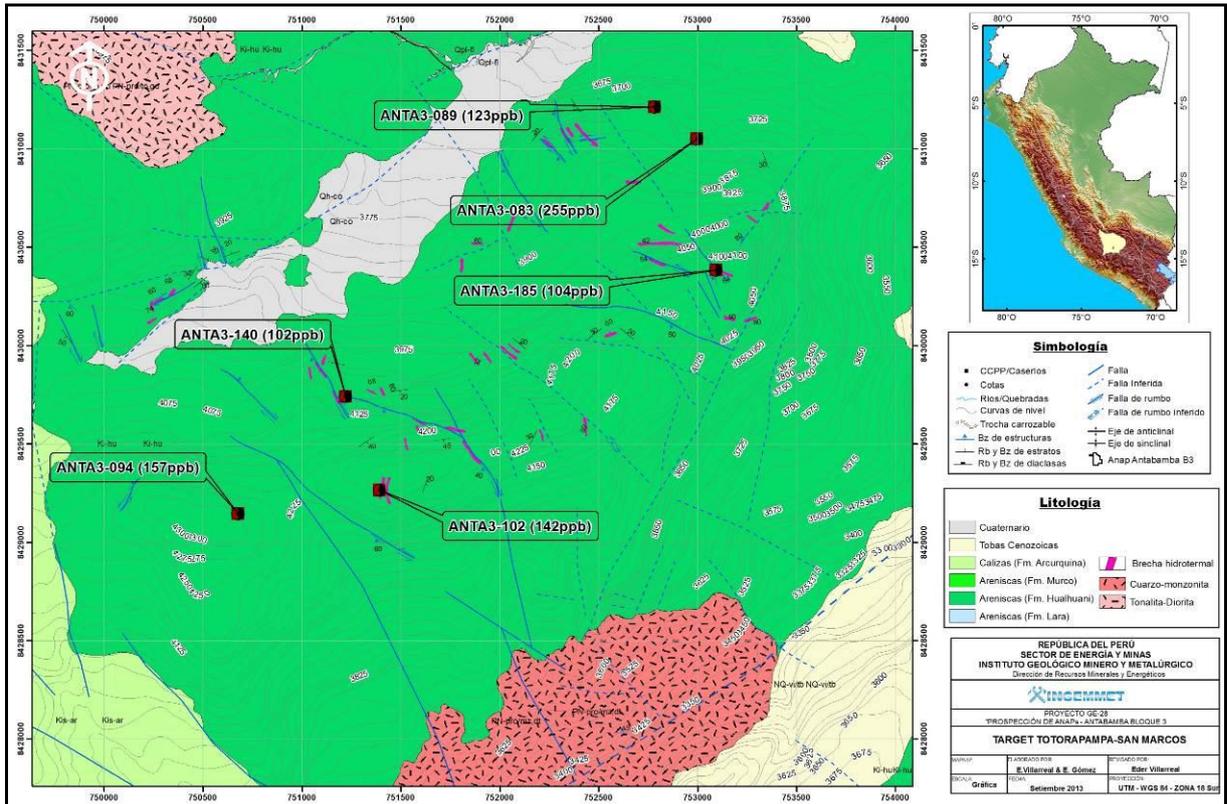


Figura 6.25. Valores anómalos para el Oro, relacionados a estructuras y brechas.

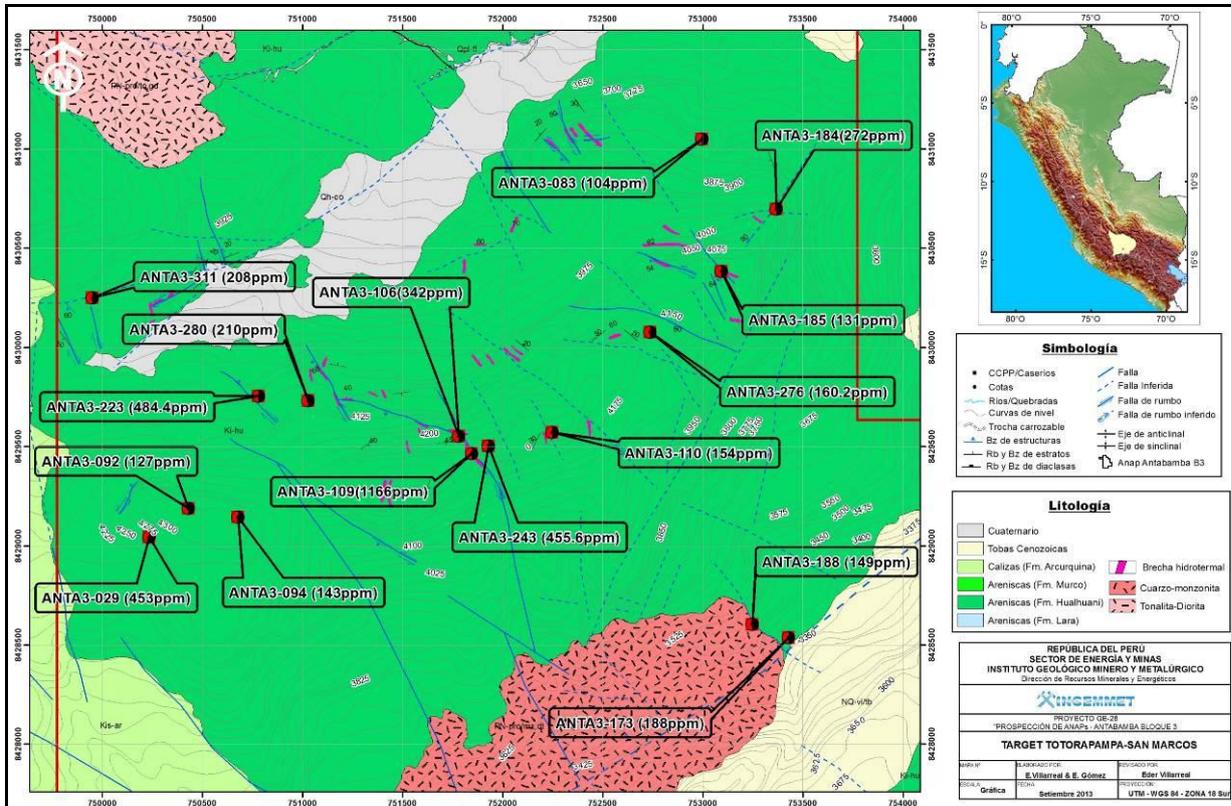


Figura 6.26. Valores anómalos para el Cobre, relacionados a estructuras y brechas.

Como se puede apreciar, este target se caracteriza por tener valores anómalos de cobre, oro, relacionados a las zonas de alteración e intenso fracturamiento de la secuencia sedimentaria. Estos valores anómalos de cobre y oro se han registrado a lo largo de los cerros Rumeorco y Wyllama. Los estudios geofísicos realizados en este target reportan anomalías de Cargabilidad y Resistividad importantes (ver capítulo 7) cuya relación con la presencia de un cuerpo mineralizador estaría siendo evidenciado por los valores de oro y cobre obtenidos en las brechas y estructuras mapeadas y muestreadas (Figuras 6.27 y 6.28).

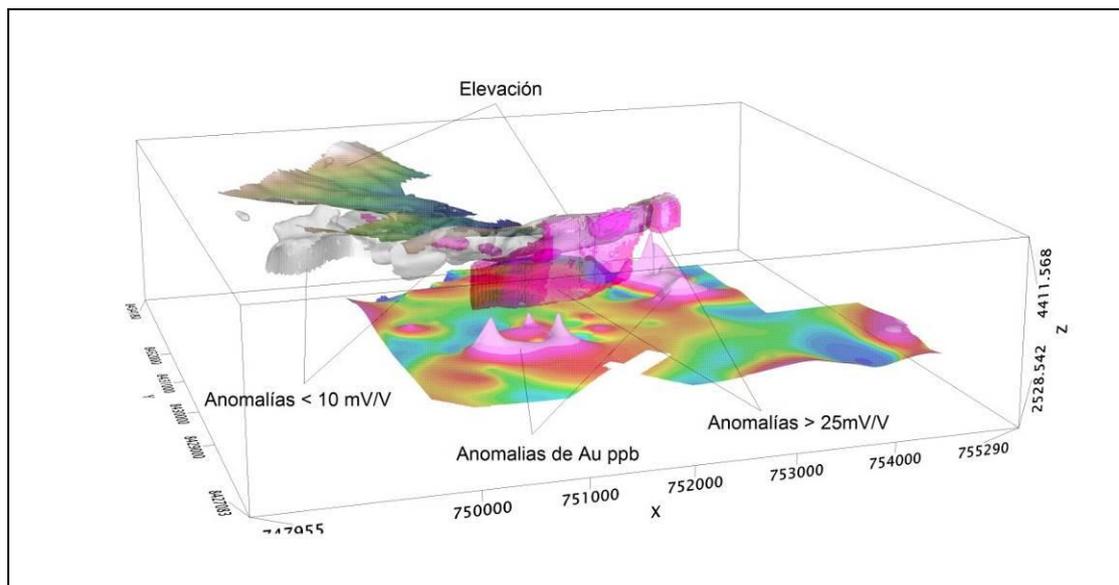


Figura 6.27.- Anomalia de Au coincidente con anomalía de Cargabilidad >25 mV/V.

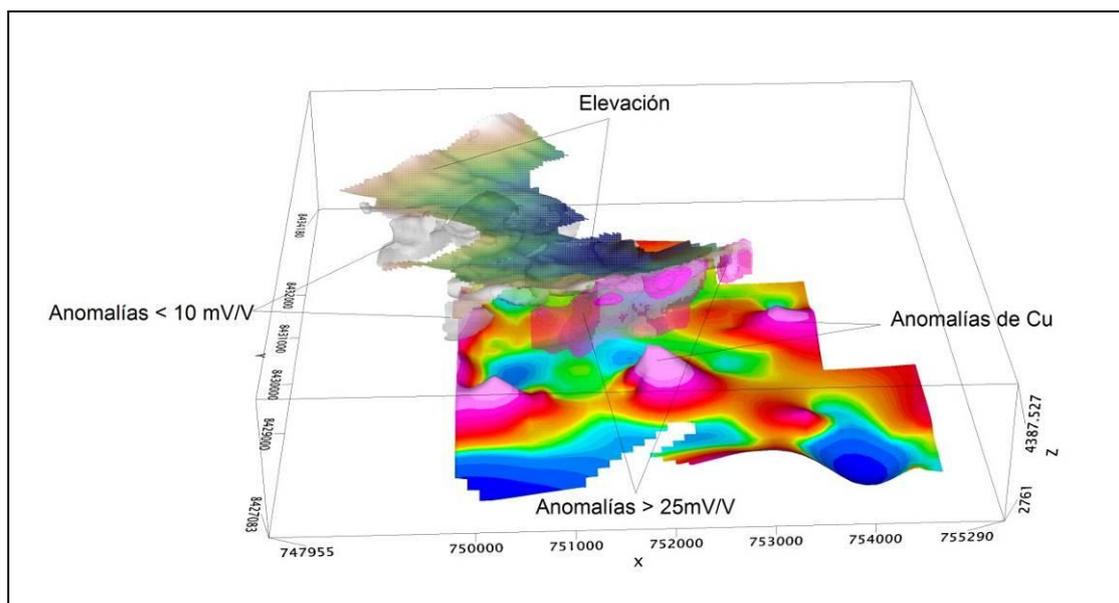


Figura 6.28.- Anomalia de Cu coincidente con anomalía de Cargabilidad >25mV/V.

VII. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico por intermedio de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, direccionó la Actividad “Prospección Geofísica” de ANAPs, y autorizó realizar los estudios geofísicos de Magnetometría y Polarización Inducida/Resistividad 3D en el ANAP Antabamba B3 que involucra los sectores de Callocallo-Checyapa, Rumeorco-Totorapampa, Wyllama-Sanmarcos y San Nicolás de Piyay. El ANAP se encuentra ubicado en la región Apurímac a una hora y treinta minutos del distrito de Chuquibambilla.

Los estudios de polarización inducida 3D (IP3D) y el levantamiento magnético (MAG) fueron conducidos por personal de la Actividad GEOF en el ANAP Antabamba Bloque 3. El programa de geofísica fue llevado a cabo en seis campañas; la primera se realizó entre el 08 Abril al 02 de mayo, la segunda entre el 12 de mayo al 05 de junio y una tercera del 20 de agosto al 13 de setiembre del 2014. Una cuarta campaña entre el 29 de mayo al 22 de junio, la quinta entre el 06 de junio al 25 de junio, la sexta entre el 10 de julio al 30 de julio del 2015.

Los trabajos de campo tuvieron un estricto control de calidad durante la adquisición de datos. En el tiempo de procesamiento de estos se utilizó la metodología de inversión con la finalidad de generar un modelo en tres dimensiones en función de los resultados de la cargabilidad, la resistividad y susceptibilidad magnética de las rocas y minerales circundantes en el área. Esta información es presentada en mapas a diferentes profundidades así como secciones verticales de las líneas de mayor interés en el área.

El método de IP3D ha identificado dos parámetros físicos, cargabilidad y resistividad. La cargabilidad en el área tiene un rango de 1 – 45 mV/V, definido en dos sectores donde ha permitido observar las características de los materiales en el área. El primer sector, ubicado el norte del ANAP, denominado como CalloCallo-Checyapa, donde el intrusivo diorita se encuentra aflorando contiguo a las calizas y areniscas. Las características uniformes del terreno y poca presencia de sulfuros han permitido considerarlo como un sector con un pobre contenido porcentual de sulfuros. A diferencia de la zona central del ANAP, entre los sectores de C° Rumeorco-Totorapampa, parte del C° Wyllama-San Marcos y San Nicolás de Piyay, donde se ha podido tener información importante presentando una respuesta moderada a alto contenido de material polarizable, debido a la presencia de sulfuros diseminados con un rango entre de 25 – 40mV/V. Esta anomalía de cargabilidad tiene una longitud aproximada de 1.2km x 1.4km, y se muestra desde los 50m y profundiza a más de 350m.

De otro lado, la respuesta magnética corrobora el mapeo geológico del intrusivo que aflora en el área, en el extremo Norte de ANAP se presentan susceptibilidades magnéticas propias del intrusivo tonalita-diorita con un alto contenido de material ferromagnético, presentando una anomalía elongada con una dirección NE-SO respuesta del intrusivo cuarzo-monzonita, superponiéndose a la alteración propilítica al extremo de dicha anomalía. Una segunda característica importante en el sector Sur es la presencia de una anomalía positiva (alto magnético) semicircular que se encuentra rodeada por un bajo magnético, esta respuesta es típica por la intrusión de mineralización la cual se habría emplazado a través de la roca caja en un medio relativamente homogéneo no habiendo sido interrumpido por fallas, pero si habiendo expuesto a pulsaciones.

La investigación sobre la polarización inducida fue distribuida en el área utilizando líneas de transmisión (Tx) por las que se emitió la corriente eléctrica al terreno con una separación entre estas de 200m siguiendo un rumbo NE-SO y las otras líneas denominadas de recepción (Rx) por las que se recepcionaba la señal estuvieron separadas igualmente a 200m.

El presente informe describe los procedimientos, parámetros, resultados de la adquisición de datos en los estudios de Polarización Inducida/Resistividad 3D y prospección Magnética realizados en el ANAP ANTABAMBA B3 que abarcaron los sectores de CalloCallo-Checyapa, C° Rumeorco-Totorapampa, parte del C° Wyllama-San Marcos y San Nicolas de Piyay.

7.1 MÉTODOS GEOFÍSICOS

7.1.1 Método de polarización Inducida - IP3D

La técnica de polarización inducida en dominio de tiempo consiste en emitir energía a la superficie del terreno con un pulso de onda cuadrada alternando a través de un par de electrodos. En la mayoría de estos levantamientos como este, las medidas de IP3Dson hechas en una malla de regular tamaño con un buen número de estaciones a lo largo de las líneas. Sumner, J. S. (1976), describe el uso de un equipo transmisor que emite pulsos de corriente al terreno a través de los electrodos (Tx) y a su vez se interrumpe de manera simultánea esta corriente, el voltaje observado en la superficie del terreno no cae inmediatamente a cero, entonces este efecto de IP es medido como una disminución del voltaje (caída de la curva). Desafortunadamente, existen otros tipos de rocas y materiales que incrementan el efecto del IP, entre estas, rocas con grafito, arcillas y algunas rocas metamórficas (serpentinita). Entonces desde un punto de vista geológico, las respuestas del IP no se pueden interpretar de manera única, es así, y considerando esto, a los estudios geofísicos será siempre necesario adjuntar otro tipo de información/datos para poder realizar una interpretación apropiada. La resistividad

aparente del terreno es calculado de la corriente de entrada y el voltaje primario medido.

La configuración normal de IP3D, consiste en un arreglo en el receptor que se establece de inicio a fin a lo largo de la línea mientras que dos electrodos de corriente son ubicados en el área, el primer electrodo de corriente estaría ubicado al inicio de la línea, exactamente una estación con anterioridad a nuestros electrodos de recepción y el segundo ubicado lo suficientemente alejado de nuestro área de estudio (Tx infinito), con el propósito de no generar ruido en nuestra adquisición. La adquisición generalmente se inicia en uno de los extremos de la línea y prosigue hasta el final de la misma. En las campañas de IP3D se empleó la configuración 3D offset polo-dipolo usando 10 canales espaciados cada 100m. En algunas áreas estos espacios fueron modificados para compensar la falta de accesos y/o mejorar el contacto entre el electrodo de recepción y el terreno.

7.1.2 Método de Magnetometría

Los estudios de magnetometría terrestre tienen la meta de medir la variación espacial en la intensidad del campo magnético total de la tierra para la identificación de zonas con susceptibilidades magnéticas anómalas dentro de la escala del área estudiada. Los métodos magnéticos y gravimétricos tienen mucho en común, pero en general el magnético es más complejo. Parcialmente debido a la diferencia entre el campo magnético dipolar y el campo gravimétrico monopolar, causado por la variación en la dirección del campo magnético donde el campo gravitatorio está siempre en la dirección vertical debido a la dependencia en el tiempo del campo magnético comparado con el campo gravitatorio que es invariable en relación al tiempo (ignorando pequeñas variaciones de marea). Usualmente en un mapa gravimétrico es dominado por efectos regionales, en un mapa magnético generalmente muestra un sin número de anomalías locales, Telford W. M., (1990). Estas medidas de la intensidad del campo magnético son realizadas de manera fácil y de bajo costo comparado a otros métodos geofísicos. Las variaciones del campo magnético son a menudo diagnosticadas a estructuras mineralizadas así como a estructuras regionales siendo el método más versátil dentro de las técnicas de prospección geofísica.

Las variaciones temporales en el campo magnético son medidas en un punto fijo. Dado que las variaciones temporales son, en una buena aproximación, constantes en toda el área del estudio, la variación desde un valor constante o "datum", permite la corrección de mediciones en otros puntos (los medidos) para remover este efecto dejando solamente las variaciones espaciales.

7.2 TRABAJOS DE CAMPO E INSTRUMENTACIÓN

Los trabajos de campo en el ANAP Antabamba Bloque 3 se llevaron a cabo en seis campañas geofísicas, durante los años 2014 y 2015: la primera entre el 08 Abril al 02 de mayo, la segunda entre el 12 de mayo al 05 de junio, la tercera del 20 de agosto al 13 de setiembre, estas tres primeras campañas se realizaron durante el año 2014. En el 2015, se realizaron las siguientes campañas: la cuarta campaña entre el 29 de mayo al 22 de junio, la quinta campaña entre el 06 de junio al 25 de junio, la sexta campaña entre el 10 de julio al 30 de julio.

Se empleó los métodos de Polarización Inducida IP3D y Magnetometría. Estos trabajos de prospección están orientados a conocer las características físicas de las rocas (suelo) a profundidad. Las Tablas de cobertura de los métodos geofísicos aplicados en el ANAP Antabamba Bloque 3 son descritos en el Anexo IV.

En estos estudios de prospección geofísica participó el siguiente personal; Ing. Ronald Yupa Paredes, Ing. Darwin Calla Pilco, Bach. Carlos Valencia Miraval, Bach. José Guainazzo Santi, Bach. Rosmery Flores Jacobo y los practicantes Jose Huilca Chuctaya y Gabriel Gárate Ayesta. Los instrumentos usados en estas campañas de geofísica son descritos en el Anexo IV.

Los trabajos de IP3D fueron llevados a cabo en cinco campañas en el que se utilizó la metodología de White R.M.S., Collins S. y Loke M.H. (2003), con un arreglo offset polo-dipolo 3D que fue implementado usando electrodos denominados "potenciales o Rx" usando 10 cables conductores de la señal, configurados con un dipolo de 100m (distancia entre potenciales) y separados entre líneas de recepción a unos 200m, estos electrodos consistieron en varillas de acero de 3/8" con una longitud aproximada de 0.5m. Los electrodos de emisión denominados de "corriente o Tx" usados en cada estación a lo largo de las líneas de transmisión separadas 200m entre sí. Esta emisión de energía consistió en el uso de 5 varillas de acero de 5/8" de 1m de longitud aproximada colocada cada 100m a lo largo de cada estación desde su inicio hasta el final de la línea de transmisión. Dentro de los instrumentos usados fueron: a) Transmisor GDD TxII 5000W y Transmisor Hunttec - Model TX10 KW; b) Receptor GDD GRx8-32 y Receptor Iris Elrec 6. Las especificaciones técnicas de los instrumentos son descritos en el Anexo IV.

Los trabajos de prospección magnética fueron llevados a cabo en seis campañas. Los instrumentos usados fueron dos magnetómetros de precisión GEM systems GSW-19W Overhauser, recorriendo las mismas líneas usadas en la adquisición de datos de IP3D. Las

lecturas del GPS diferencial y de la intensidad del campo magnético fueron tomadas cada 2 segundos y su sistema Datum de adquisición fue en WGS 84 18S. Las especificaciones técnicas de los instrumentos son descritos en el Anexo IV.

En la Figura 7.1 se observa la distribución de las líneas IP3D, las mismas que sirvieron para realizar el levantamiento magnético. En la adquisición de IP3D se utilizó un arreglo offset polo dipolo 3D que consta en la ubicación de líneas de transmisión (TX) y líneas de recepción (Rx). Estas líneas de IP3D tuvieron una variación longitudinal que va entre 1km - 3.4km, con los que se obtuvo información alrededor de los 450m de profundidad. En algunas líneas en el sur del ANAP no fueron cubiertas en su totalidad debido a la no autorización a entrar en las zonas de cultivo dentro de los linderos de la comunidad de San Nicolás de Piyay.

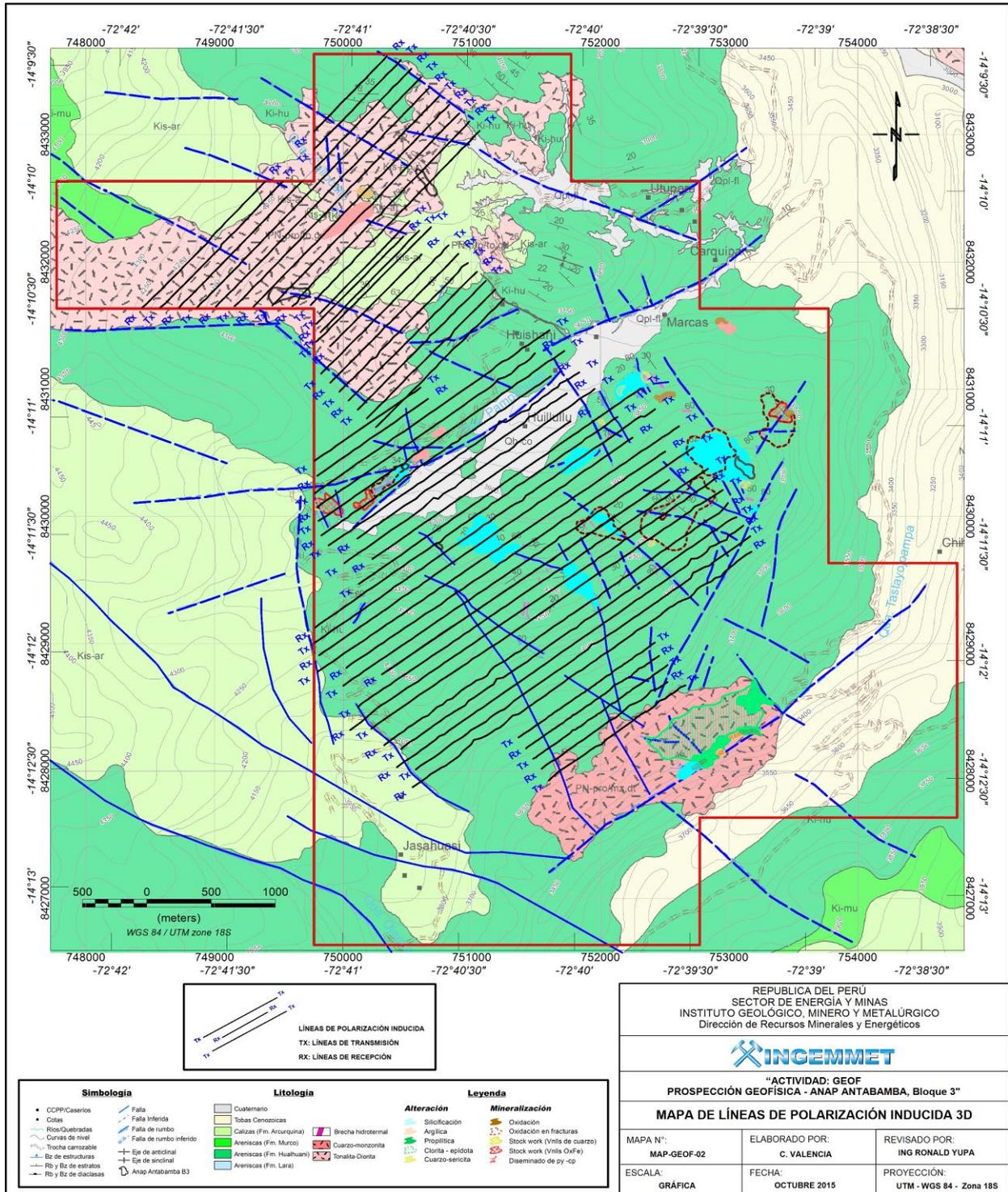


Figura 7.1 Mapa de Ubicación de las Líneas de Prospección Geofísica por los métodos de polarización inducida IP3D y Magnética.

7.3 PROCESAMIENTO DE DATOS

7.3.1 Procesamiento de Datos Magnéticos

Los datos fueron transferidos diariamente desde los magnetómetros a un PC vía un puerto USB. Los archivos fueron descargados con nombres consecuentes con la fecha de adquisición, como **ddmmyy** y extensiones de acuerdo al magnetómetro, “.BAS” para el magnetómetro de la estación base y “.TXT” para magnetómetros móviles. La corrección diurna se realizó con un valor de datum de 24500nT a toda la base de datos del proyecto para su posterior proceso y generación de imágenes en Oasis Montaj. La interpolación de los datos (gridding) se realizó con el algoritmo *RANGRID* de Geosoft con un tamaño de celda de 70 y 25m, para la primera y segunda campaña de magnetometría. La generación de imágenes aplicando la Transformada de Fourier (*FFT*) y el uso de imágenes con filtros de la reducción al polo, señal analítica, primera derivada vertical, segunda derivada vertical, el gradiente de la derivada horizontal, entre otros se realizó con el Oasis Montaj convirtiendo estos mapas a formatos con extensión *.GRD desde Oasis Montaj v.8.2.

Para el proceso de inversión se ha usado el modelo de Geosoft (2012) denominado VOXI Earth Modelling, un servicio de algoritmo de inversión geofísica usada en la nube que genera modelos de voxel en 3D para datos de magnetometría y gravimetría aéreos y terrestres. Todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en profundidad.

Corrección Diurna

El campo magnético terrestre está continuamente cambiando (variaciones diurnas) y las medidas de campo deben ser ajustadas por estas variaciones, la técnica más correcta es establecer un magnetómetro como estación base en un punto fijo que continuamente registre y monitoree la intensidad del campo magnético durante el periodo que sea necesario, Figura 7.2.

La estación base y el magnetómetro móvil son sincronizados en función al tiempo y por una sustracción matemática simple los datos del equipo móvil son corregidos de las variaciones diurnas. Además como parte de un control de calidad a los datos se aplicó un filtro de continuación ascendente de 15 unidades para filtrar las altas frecuencias que tengan longitudes de onda muy pequeñas y eliminar los ruidos ocasionados por fuentes externas. La aplicación de filtros geofísicos se detalla en el Anexo IV.

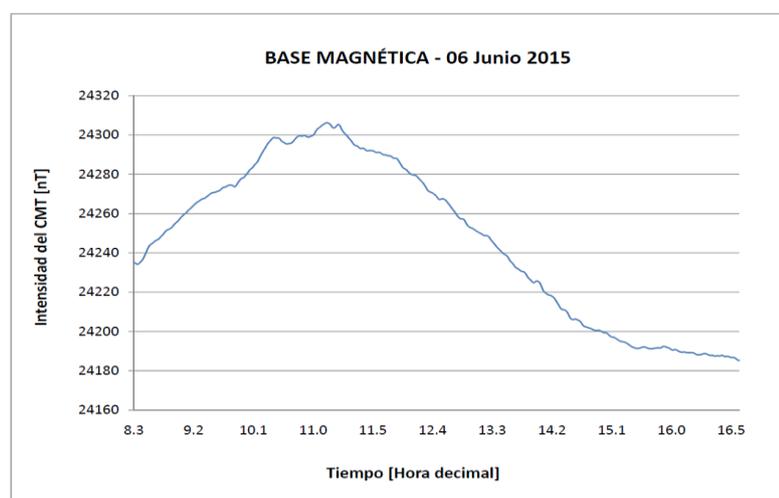


Figura 7.2 Base magnética en el sector de Antabamba B3

7.3.2 Procesamiento de Datos de Polarización Inducida

Compilación de Datos

La base de datos fue compilada en una carpeta y el control de calidad fue realizado para verificar las curvas de caídas de voltaje, inicialmente se usó el algoritmo Prosys II para mostrar los datos y sus parámetros. Después de una inspección visual a los datos con una alta señal/ruido fueron filtrados y separados para ser exportados en el formato *.dat el cual se procedió a utilizar el algoritmo de inversión RES3DINV utilizando la metodología de suavizado por ajuste de mínimos cuadrados, desarrollado por *Loke, M.H de Geotomo Software Sdn Bhd (2003)*, además todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en profundidad.

Esta información fue procesada y luego importada al Oasis Montaj de Geosoft para la generación de imágenes e interpretación final. Los resultados del RES3DINV fueron integrados en un modelo de 3D creado en la plataforma de Geosoft. Los parámetros de la adquisición del IP para el ANAP Antabamba Bloque 3 fue de un arreglo Offset 3D polo-dipolo con una longitud entre dipolos de 100m y un espaciamiento entre líneas de transmisión y recepción de 200m. Los datos de topografía usados en el modelo de inversión fueron extraídos de los GPS Garmin *Map 62SC* de mano, sin embargo, en algunas estaciones locales los puntos fueron re-localizados debido al pobre contacto en el terreno y el electrodo no polarizable.

La plataforma 3D del Geosoft generó mapas de cargabilidad y resistividad así como para los modelos de secciones verticales en profundidad ambos para cargabilidad y resistividad, permitiendo una comparación directa entre las variaciones de los valores entre estos. Las secciones verticales con profundidad representan una distribución en perfiles de los materiales

polarizables y su resistividad aparente para el IP3D.

7.4 INTERPRETACIÓN

7.4.1 Interpretación de Datos Magnéticos

Durante el procesamiento de datos se ha generado mapas de la intensidad del campo magnético total (CMT), la reducción al polo (del CMT), la primera y segunda derivada vertical, la señal analítica y la gradiente horizontal, utilizando la transformada de Fourier FFT.

La intensidad magnética del campo varia en el área de estudio en un rango aproximadamente de (24318 - 24695nT) como máximo, aunque en la mayoría del área las anomalías solamente tiene una amplitud de aproximadamente 300nT.

La inclinación del campo magnético terrestre en el área del estudio (aproximadamente -4.1) muestra cuerpos de alto gradiente magnético que generan anomalías formadas por una intensidad magnética baja al sur de cuerpo, y una anomalía positiva (alta) hacia el norte del cuerpo. El proceso de reducción al polo trata de proveer una imagen como si la inclinación del campo magnético fuese vertical, y así generar anomalías positivas sobre cuerpos de alta susceptibilidad magnética, Hinze W. J, (2013), Figura. 7.3. Sin embargo, este filtro puede generar efectos no geológicos especialmente cuando el área de un estudio es relativamente pequeño o irregular, y en la presencia de efectos culturales o remanencia magnética.

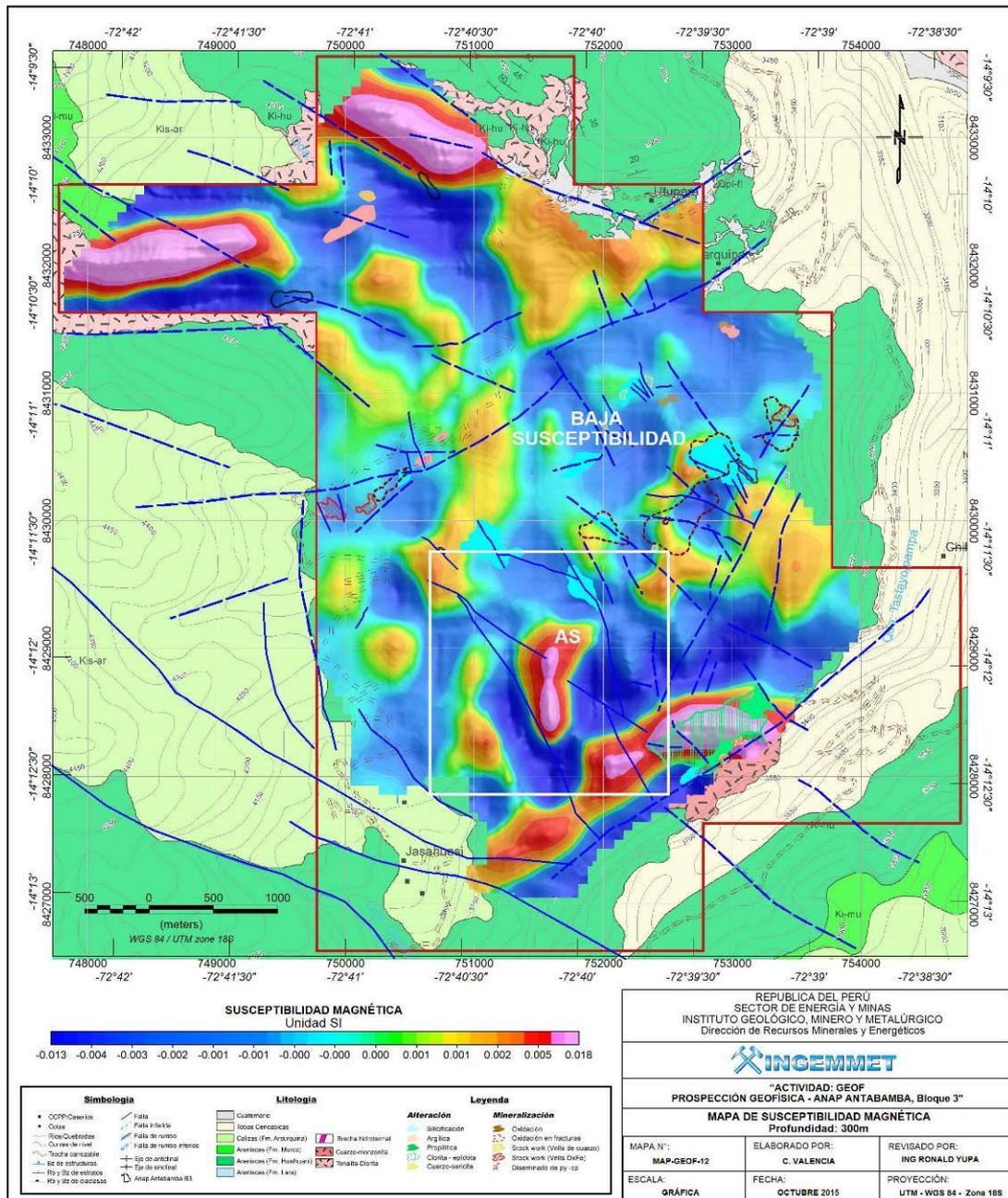


Figura 7.4 Mapa de inversión magnética a 300m de profundidad

En la figura 7.4 se observa el mapa de susceptibilidad magnética a 300m de profundidad, en esta se definen áreas de altos y bajos magnéticos a lo largo del ANAP (de color magenta y azul) los que estarían relacionadas al contenido de mineral ferromagnético dentro de su composición mineralógica. En el extremo norte del ANAP se observa la respuesta inmediata al intrusivo tonalita-diorita cuya información geológica fue mapeada anteriormente y se encuentra aflorando en el área, estas anomalías representan el alto contenido de material ferromagnético, en su composición. En la parte sur del ANAP se observan dos anomalías relacionadas a materiales con alta susceptibilidad magnética. Una anomalía de alta susceptibilidad de forma semicircular a arqueada con una extensión de 1Km x 0.6km se encuentra rodeada por un entorno de baja susceptibilidad. Este contraste en la señal estaría siendo el resultado de

procesos hidrotermales que pueden causar diferentes tipos de cambios en el contenido mineralógico y magnético donde la magnetita ha sido destruida y ha perdido sus propiedades magnéticas comportándose como un medio paramagnético en el área circundante con un alto gradiente de susceptibilidad en su centro, considerado como una respuesta típica de un pórfido, Clark et al. (1992).

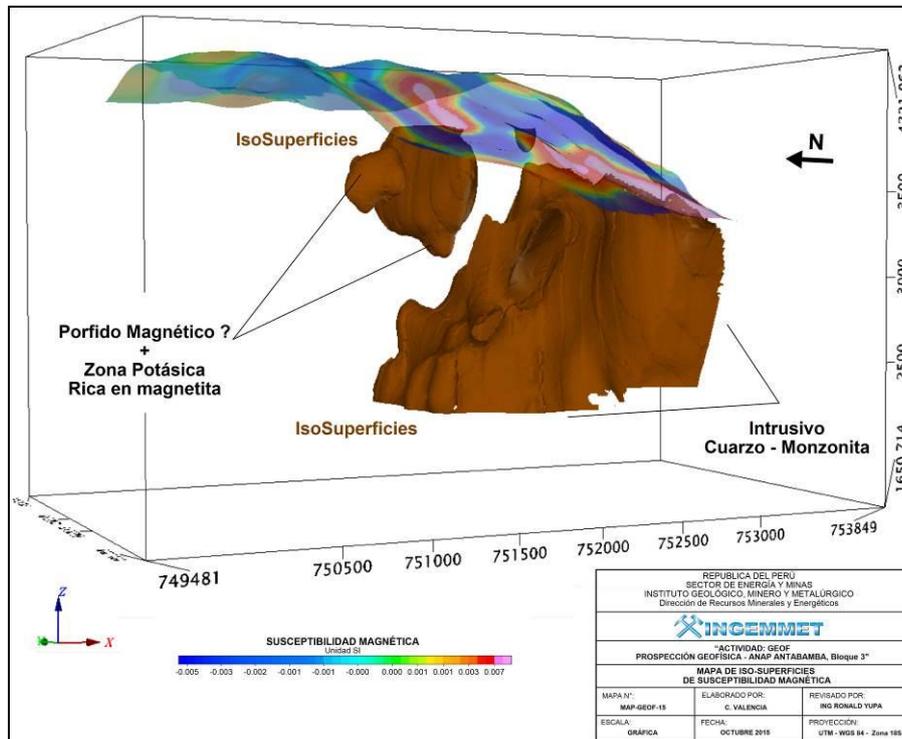


Figura 7.5 Mapa de inversión magnética a 300m de profundidad

7.4.2 Interpretación de Datos de Polarización Inducida

El análisis de datos de campo ha tenido un control de calidad y procesamiento utilizando el algoritmo de inversión de datos en 3D. De esta información se pudo generar secciones y mapas de inversión a diferentes niveles de profundidad tanto para la resistividad y la cargabilidad.

De estos resultados del IP3D obtenidos en los sectores de CalloCallo-Checyapa, C° Rumeorco-Totorapampa, parte del C° Wyllama-San Marcos y Piyay se observa una anomalía importante cuya representación nos indicaría dos centros con contenido de sulfuros ubicados al sur del ANAP Antabamba B3, esta abarca un área de 2kmx1.2km cuyas cargabilidades representativas tienen un rango de 25-45mV/V directamente relacionados a la presencia de material conductivo definidos por el alto contenido de sulfuros diseminados. Así mismo, esta anomalía se correlaciona con la respuesta de resistividad la que presenta valores bajos a altos

con rangos que van entre los 30-4000Ohm*m. En casos de alta resistividad están relacionados a la presencia de material félsico (intrusivo) y/o en zonas superficiales donde se tiene información de alteración silícica. De otro lado, se tienen resistividades bajas relacionadas al alto fracturamiento y deformación que conllevan a una alta porosidad del material y rocas o por el alto grado de alteración hidrotermal existente en el área, Sumner (1976).

En las figuras 7.6 y 7.7, se muestra la respuesta del material polarizable a un nivel de profundidad de 100 y 300m respectivamente. Este material polarizable está cubierto por areniscas con un rango de profundidad que va entre los 50 y 120m aproximadamente. El área principal de mineralización se extiende sobre un área de 2kmx1.2km y sus rangos de profundidad van desde los 50m a 400m. La distribución de material polarizable en "A" muestra la ocurrencia de sulfuros, pero la presencia de pirita siempre contribuirá a la respuesta geofísica. La adquisición de datos fue en el domino de tiempo con un arreglo 3D offset polo-dipolo con una longitud de dipolo de 100m. La respuesta fuerte en los niveles superiores e inferiores indica una fuente superficial que profundiza. El ancho de anomalía superficial nos indica comparativamente el ancho de la fuente. La mineralización ocurre en una topografía agreste por lo cual se espera que los datos se vean afectados, sin embargo el modelo nos confirma la presencia de un cuerpo conductivo y polarizable. La poca respuesta al lado Este de esta anomalía refleja el bajo grado de mineralización. Se observa la representación de la escala de colores de la cargabilidad, los valores altos representados en color magenta, intermedios de color amarillo y los valores bajos de color azul.

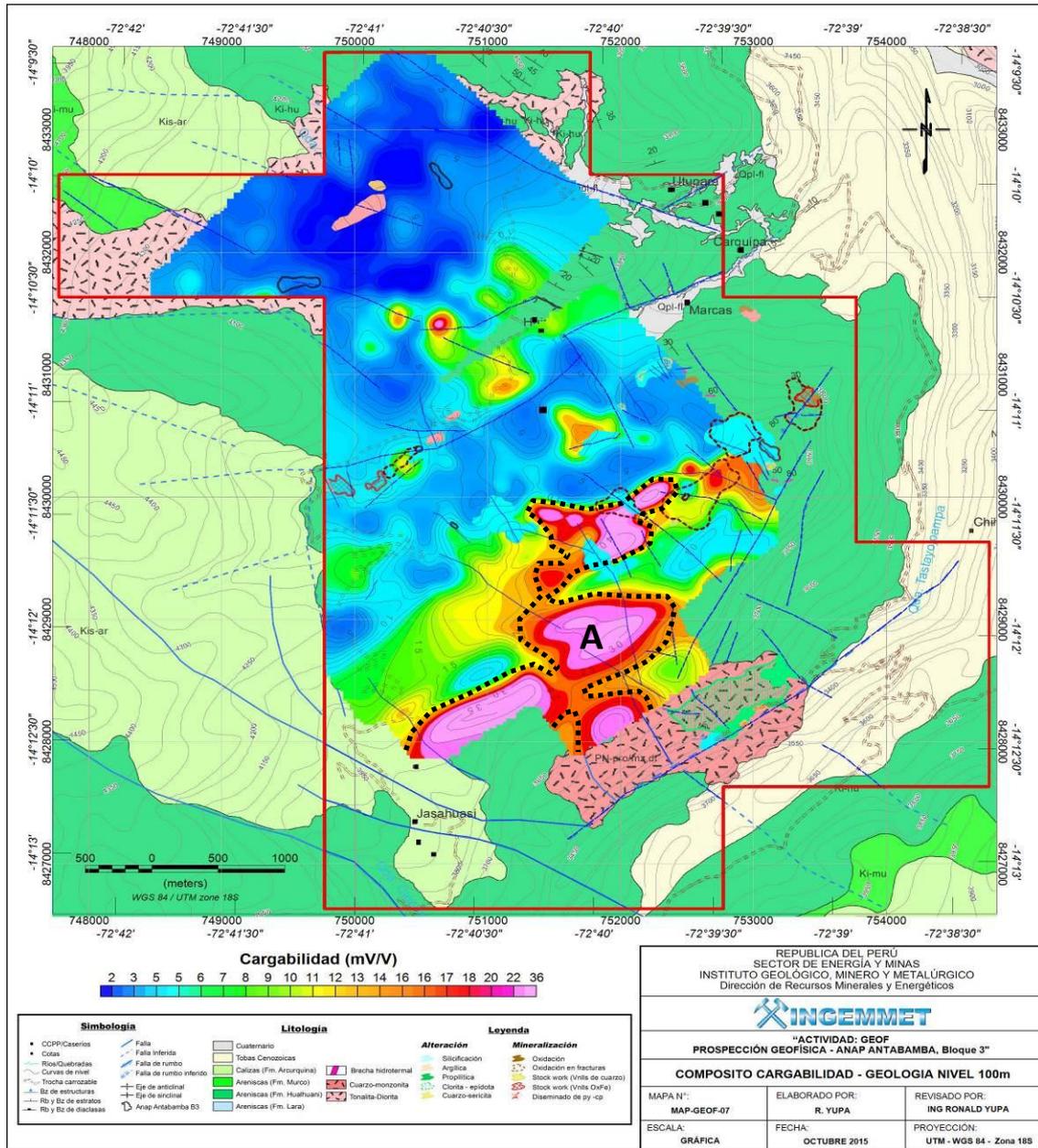


Figura 7.6 Compósito de Geología – Cargabilidad a un nivel de profundidad de 100m.

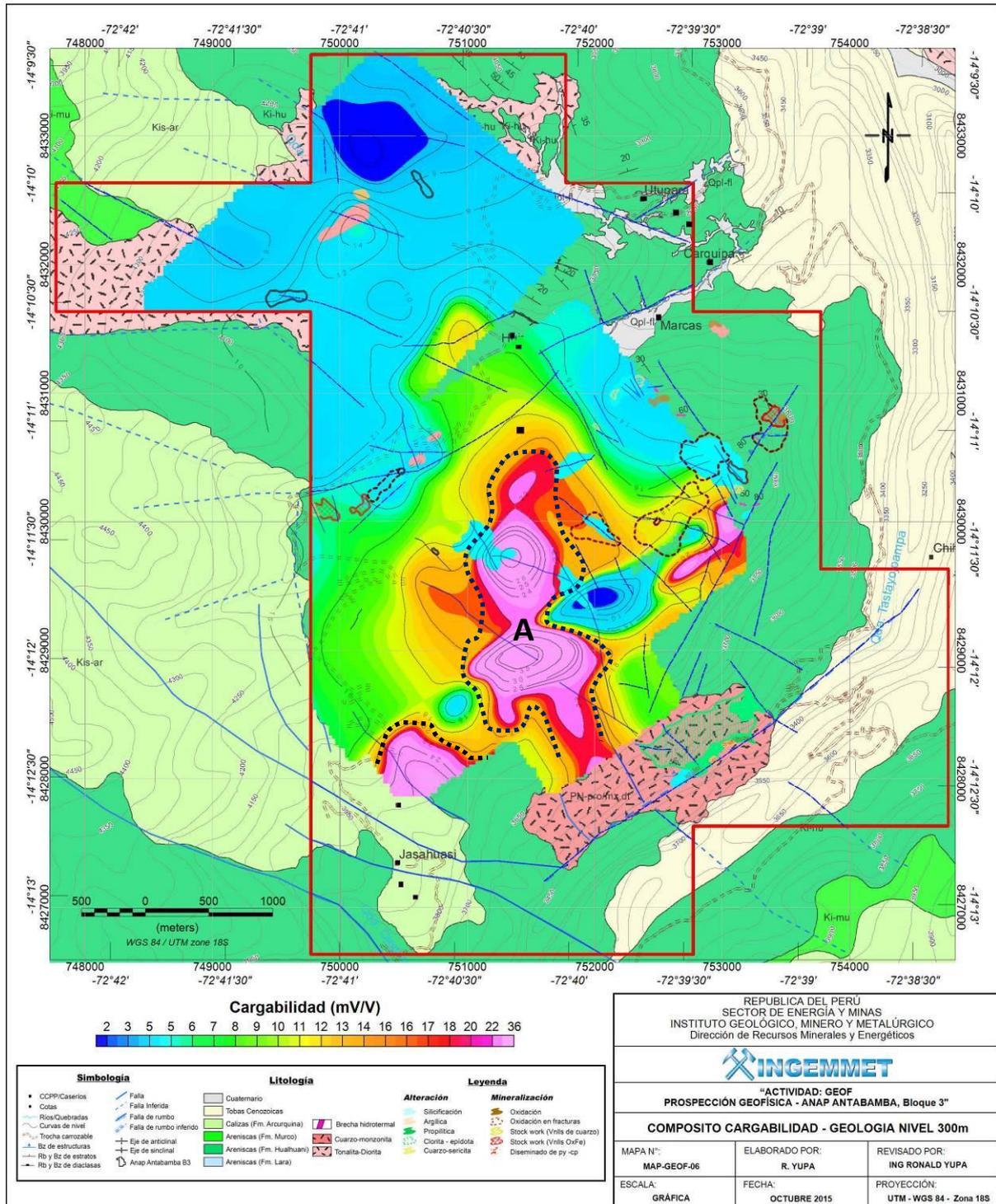


Figura 7.7 Compósito de Geología – Cargabilidad a un nivel de profundidad de 300m.

En la sección L1750 (Figura 7.8) se observa que, en la parte superior el perfil de la señal de la intensidad del campo magnético, observándose algunos contrastes en la señal marcados por los círculos de color azul, estos contrastes en la señal magnética nos sugieren el cambio en su composición mineralógica y o una relación a un sistema de fallas en profundidad. En la imagen inferior se representa la posible sección geológica donde el intrusivo podría presentarse a una

profundidad aproximada de 100-150m la que está cubierta por areniscas de la Formación Hualhuani. A continuación se tiene la imagen que representa la susceptibilidad magnética, que es una respuesta indirecta de la inversión de datos del campo magnético total, la que nos muestra un contraste de un bajo magnético (BM) muy marcado, que sería el resultado de procesos hidrotermales que pueden causar diferentes tipos de cambios en el contenido mineralógico y magnético en las unidades geológicas bajo procesos de deformación donde la magnetita ha sido destruida y ha perdido sus propiedades magnéticas comportándose como un medio paramagnético en el área circundante. Asimismo, se tiene la siguiente imagen de cargabilidad donde presenta un rango de interés de 25-40 mV/V denominados como valores intermedios a altos, esta anomalía estaría directamente relacionada a un alto contenido porcentual de sulfuros diseminados, este material polarizable suprayace a la imagen de resistividad con altos valores que tienen un rango de 1000-4000Ohm*m. determinando la presencia de material félsico a profundidad.

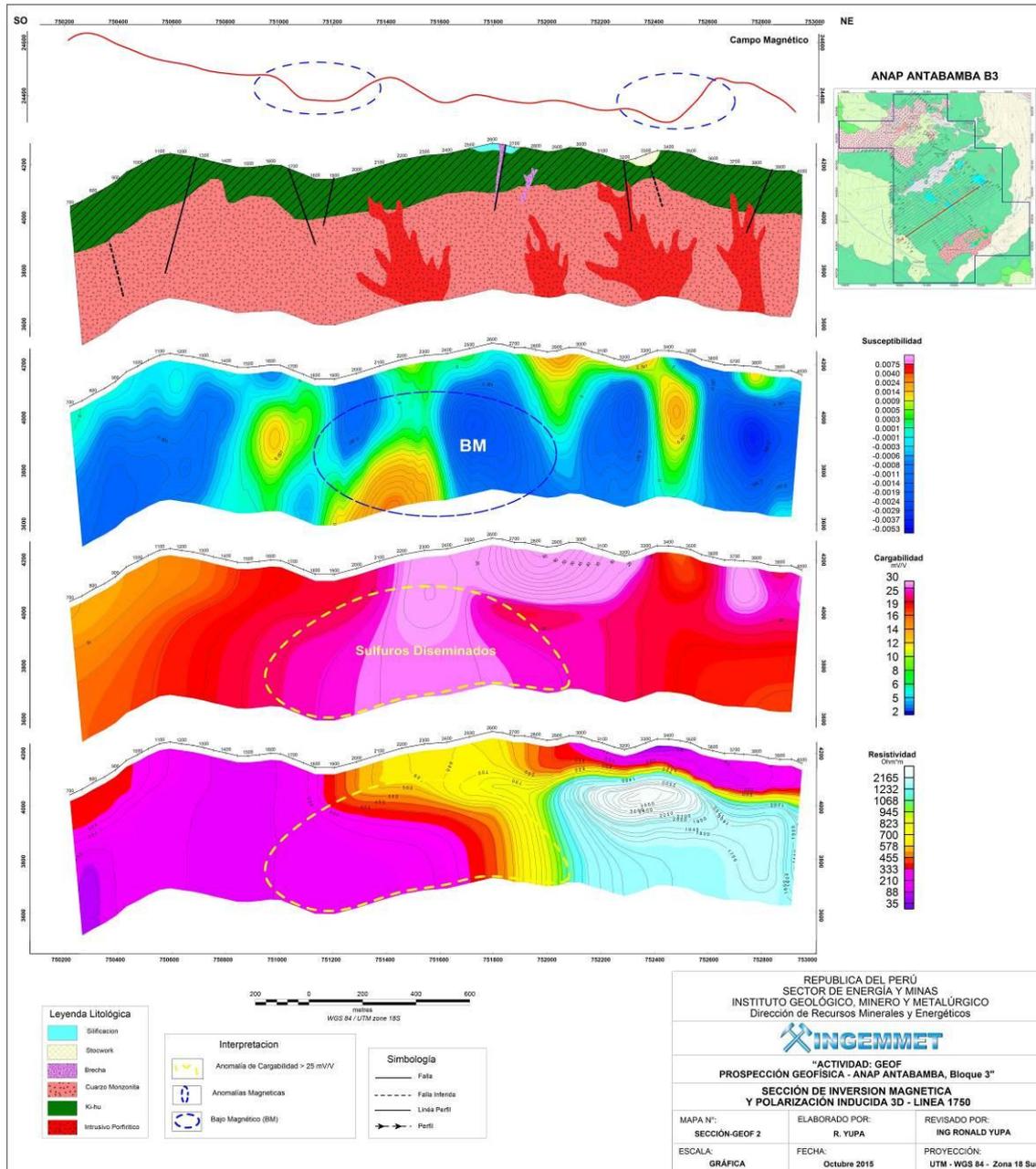


Figura 7.8 Sección L1750 - Perfil Magnético, Geología, Susceptibilidad, Cargabilidad y Resistividad.

En la sección L2150 (Figura 7.9), se tiene la misma secuencia anteriormente descrita, el perfil de la señal del campo magnético en la parte superior, observándose los contrastes en la señal magnética marcados con círculos de color azul, los que estarían relacionados a diferencias en su composición, oxidación o reducción natural debido a la presencia de fluidos en las zonas de deformación. En la imagen inferior se representa la posible sección geológica. A continuación la imagen de susceptibilidad magnética, que indica contrastes de un bajo magnético (BM) muy marcados con una longitud aproximada de 650m, que sería el resultado de procesos hidrotermales que causarían los cambios en el contenido mineralógico y magnético. En esta etapa, la magnetita sería destruida y ha perdido sus propiedades magnéticas comportándose

como un medio paramagnético en el área circundante. La siguiente imagen de cargabilidad coincide en ubicación con el BM cuyo rango es de 25-35 mV/V, señalados como valores intermedios a altos, asociado al contenido de sulfuros diseminados, este material polarizable es altamente conductivo y suprayace a la imagen de resistividad donde se ubica entre zonas de baja resistividad (color magenta) y zonas de alta resistividad (color celeste-blanco) los rangos en sus valores son de 30 Ohm*m - 4000Ohm*m. Esta respuesta determina una zona de alto fracturamiento y porosidad. La respuesta magnética como se indicó anteriormente, ha perdido sus propiedades mineralógicas causadas por alta temperatura, por lo que sugiere que un alto fracturamiento ha servido de conducto para que los fluidos hidrotermales puedan trasladarse y haber mineralizado con sulfuros en la zona.

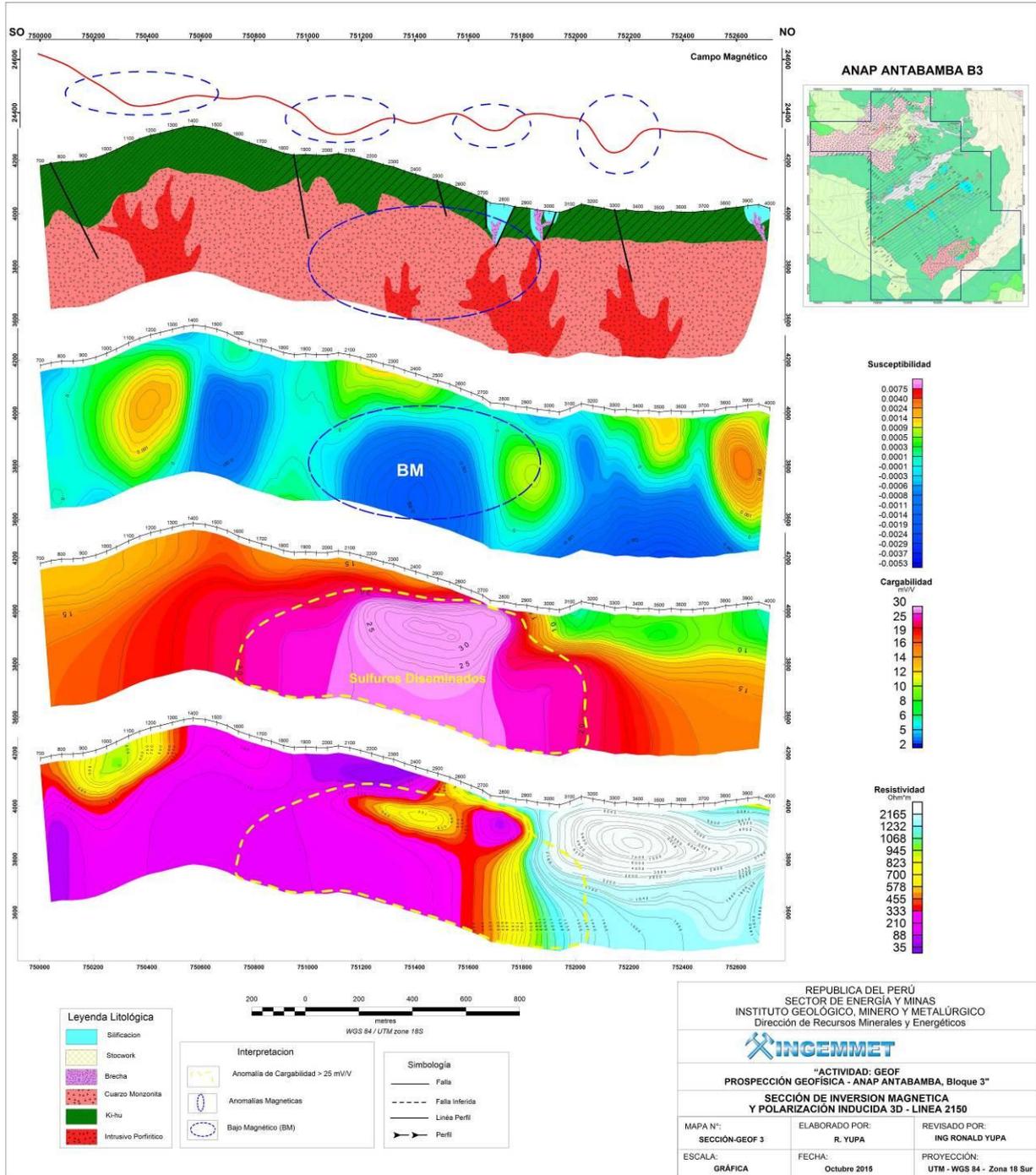


Figura 7.9 Sección L2150 - Perfil Magnético, Geología, Susceptibilidad, Cargabilidad y Resistividad.

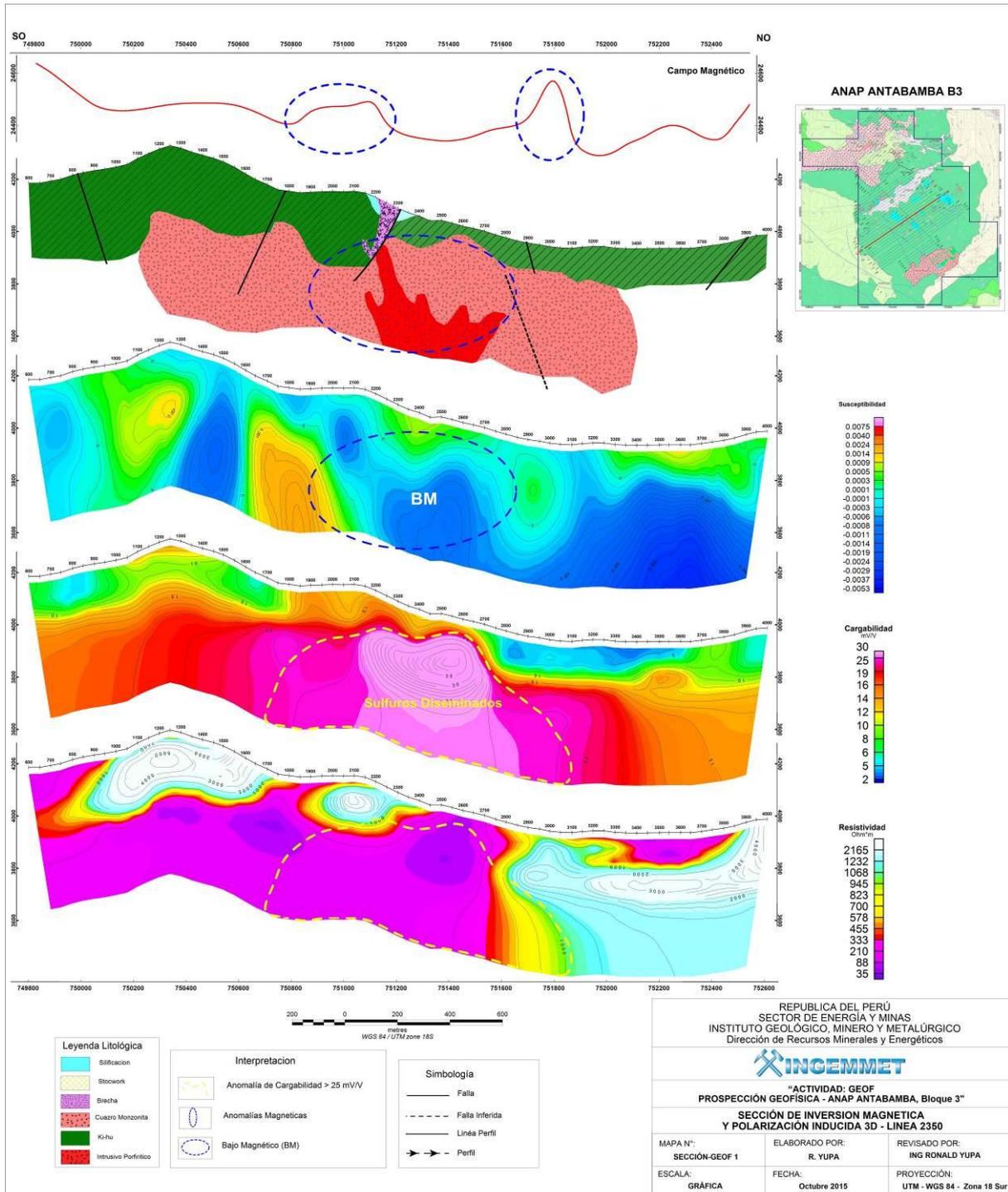
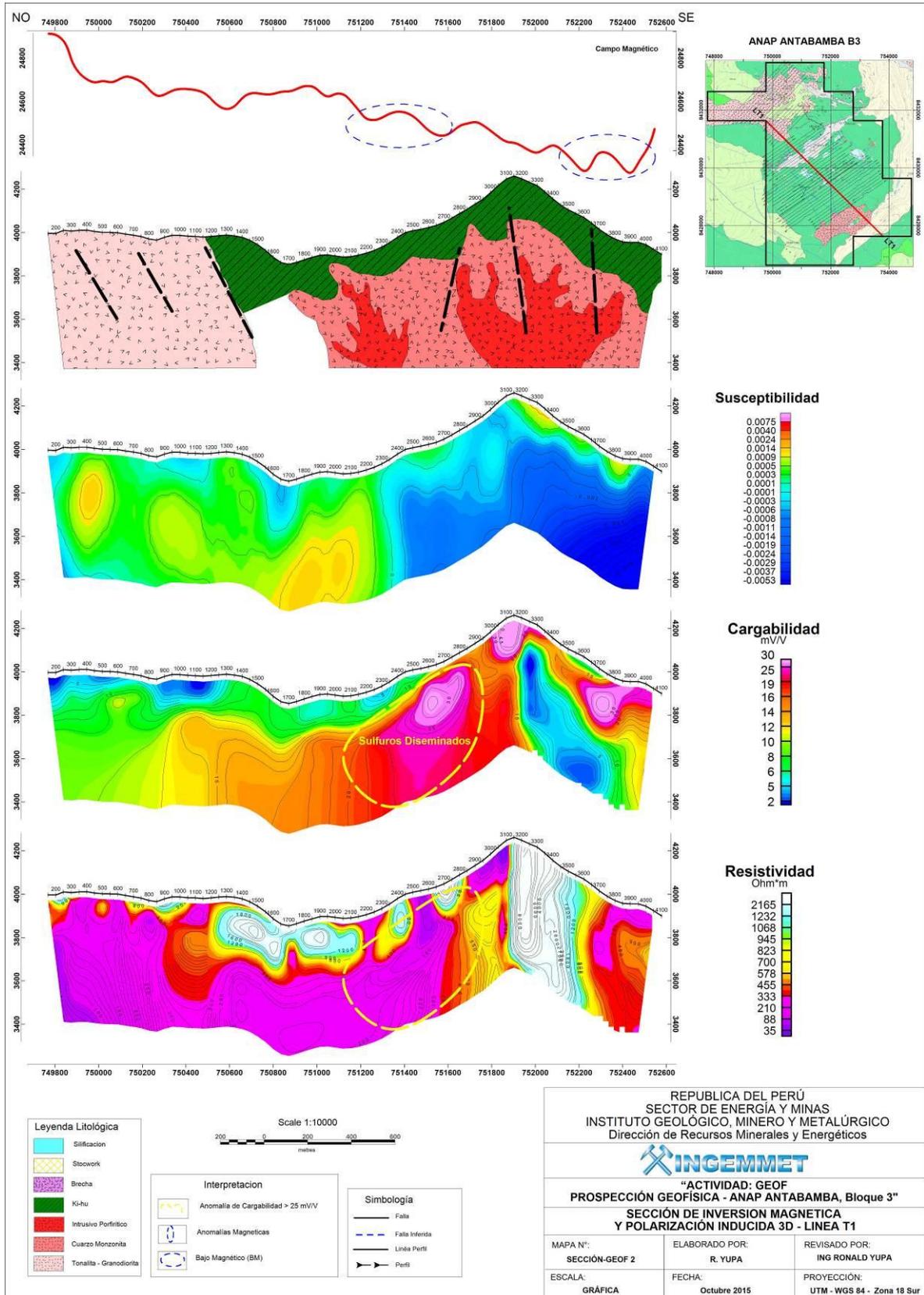


Figura 7.10 Sección L2350 - Perfil Magnético, Geología, Susceptibilidad, Cargabilidad y Resistividad.

En la sección L2350 (Figura 7.10), el perfil de la señal del campo magnético se enmarcan los contrastes en la señal con círculos de color azul los que estarían relacionados a las diferencias en su composición y oxidación debido a la presencia de fluidos en las zonas de deformación y fracturamiento. En la imagen inferior se representa la sección geológica interpretada en función a las características físicas relacionadas con su control estructural en superficie. Los saltos en la señal magnética nos sugieren el cambio en su composición mineralógica y o una relación a

un sistema de fallas en profundidad. Se asume que la respuesta de la susceptibilidad magnética baja a lo largo de unos 700m aproximados cuyas características serían el resultado de procesos hidrotermales que pueden causar diferentes tipos de cambios en el contenido mineralógico y magnético donde la magnetita ha sido destruida y ha perdido sus propiedades magnéticas comportándose como un medio paramagnético en el área circundante. Esta área de baja susceptibilidad coincide con un medio donde existe una respuesta importante en cargabilidad, considerándolos de moderados a altos valores porcentuales y presentan un rango de valores de 25-45 mV/V, asociados a sulfuros diseminados, este material polarizable suprayace a la imagen de resistividad donde se ubica entre zonas de baja resistividad (color magenta) y zonas de alta resistividad (color celeste-blanco) los rangos en sus valores son de 30 Ohm*m - 4000Ohm*m., determinando una zona de alto fracturamiento y porosidad. La respuesta magnética como se indicó anteriormente ha perdido sus propiedades mineralógicas causadas por alta temperatura, por lo que sugiere, han servido de conducto para que los fluidos hidrotermales puedan trasladarse y haber mineralizado con sulfuros en la zona. Por lo que esta respuesta estaría asociada a un intrusivo porfirítico.

En la figura. 7.11 se observa la sección LT1, línea transversal a las líneas de adquisición de IP3D. La señal del campo magnético muestra fluctuaciones de la señal a lo largo del perfil magnético, esta respuesta sugiere un sistema de fallas y fracturamiento en profundidad. La imagen inferior representa la sección geológica interpretada en función a la respuesta física, la tonalita-granodiorita en la margen izquierda, se ha inferido fallas en profundidad relacionadas a la respuesta magnética. En la margen derecha se observa el intrusivo cuarzo-monzonita. Se asume que la respuesta de la susceptibilidad magnética baja a lo largo de unos 700m aproximados cuyas características serían el resultado de procesos hidrotermales que pueden causar que la magnetita sea destruida y pierda sus propiedades magnéticas. También se observa la sección de cargabilidad, que presenta valores de 25-40 mV/V, esta anomalía estaría directamente relacionada al contenido de sulfuros diseminados, este material polarizable conductivo suprayace a la sección de resistividad con altos valores cuyos rangos van de 1000-4000Ohm*m. determinando la presencia de material félsico a profundidad; con esta respuesta heterogénea en profundidad se asume que el cuerpo porfirítico a intruido al intrusivo cuarzo monzonita ocasionando fracturamiento y estos sirvan de conductos por donde los fluidos se han movilizado y mineralizado con la presencia de sulfuros y así mismo haya alterado las propiedades del cuarzo-monzonita y presente zonas de baja resistividad.



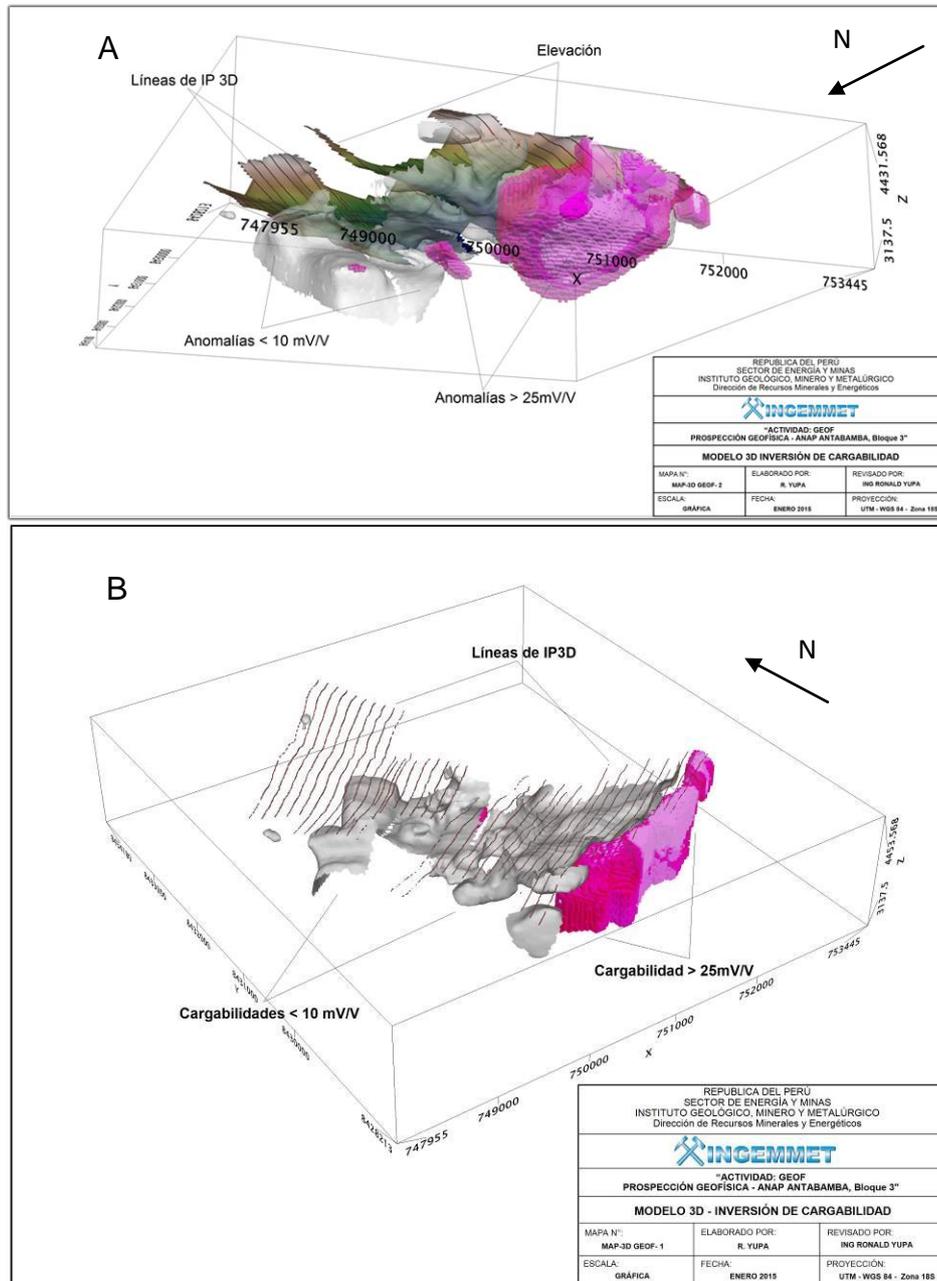


Figura 7.12 Vistas del Modelo 3D de Inversión de Cargabilidad

En la figura 7.12, se observa un modelo 3D, en A con una inclinación -20° y Azimut 336 , se ha limitado anomalías de cargabilidad con valores de $25-45\text{mV/V}$, la coloración gris representa a valores menores de 10mV/V y el color magenta valores mayores de $25-45\text{mV/V}$ extendiéndose en un área de 2.0km^2 aproximadamente. Esta imagen a su vez presenta en la parte superior la imagen de la elevación del terreno. En B, se observa el modelo 3D con una inclinación -33.9° y Azimut 324.9 , la distribución de colores es la misma descrita anteriormente, esta imagen presenta en la parte superior las líneas de adquisición en el área.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Geológica y metalogenéticamente, el ANAP Antabamba Bloque 3 se ubica dentro el área de influencia del emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri (Oligoceno-Mioceno), que es una zona altamente prospectiva para la existencia de recursos minerales relacionados a yacimientos tipo pórfido de cobre y zonas de skarns. .

En base al estudio geológico local del ANAP, se han reconocido cinco tipos diferentes de alteración hidrotermal: cuarzo-sericita-pirita (filica); argílica, propilítica, silicificación y en zonas muy locales sílice granular, estas alteraciones hidrotermales han sido generadas por los intrusivos miocénicos de composición diorítica a monzodiorítica.

La mineralización se presenta de tres formas: En brechas, en venillas tipo stockwork y diseminada; esta última es más notoria en los intrusivos que afloran al sur del ANAP. Asimismo, se deduce que la mineralización está controlada estructuralmente por fallas que tienen rumbo general NO-SE.

Se han definido dos target de exploración; de los cuales solo uno de ellos (Totorapampa - San Marcos) se torna como el más importante y de mejores posibilidades. En este target, geoquímicamente las areniscas no registran valores altos; sin embargo, en las muestras tomadas en las zonas de mayor fracturamiento (permeabilidad secundaria), estructuras y brechas que cortan esta secuencia sedimentaria, los valores de cobre llegan hasta los 1400 ppm y los de oro a 255 ppb. Esto hace suponer que debajo de estas areniscas exista una fuente enriquecida que aporta estos metales.

La respuesta magnética mostrada en el mapa de susceptibilidad magnética a 300m (Fig. 7.5) indica anomalías de bajos y altos magnéticos. Los bajos magnéticos son la respuesta directa a zonas definidas por un alto grado de deformación debido a las fracturas que han servido de conducto a los fluidos hidrotermales, los cuales, han destruido la composición mineralógica de la magnetita. Este bajo magnético se superpone a la anomalía de cargabilidad. De otro lado, su alta susceptibilidad estaría relacionada al alto contenido de minerales ferromagnéticos en su composición, tales como; la magnetita, titanita o biotita (Hinze, 2013).

La respuesta del método eléctrico del IP3D muestra información de dos parámetros físicos, cargabilidad y resistividad. Los valores de cargabilidad en el área tienen un rango de 1 – 45 mV/V, con esto se han definido dos sectores donde la respuesta de cargabilidad ha permitido

observar de manera directa la respuesta de las rocas estériles y de las rocas que contienen mineralización diseminada de sulfuros.

El primer sector ubicado al norte del ANAP, Callocallo-Checyapa, los trabajos se realizó en áreas de intrusivos dioríticos aflorantes de manera contigua a las calizas y areniscas, la denominaremos como una zona de bajo contenido porcentual de sulfuros metálicos diseminados, con características uniformes en el terreno.

Por el contrario en la zona central del ANAP entre los sectores de C° Rumeorco-Totorapampa y parte del C° Wyllama-San Marcos se ha obtenido información importante referente a la respuesta física del terreno, el cual presenta una respuesta moderada a un alto contenido de material polarizable debido a la presencia de sulfuros diseminados con un rango importante de 25 – 40mV/V. Esta anomalía importante de cargabilidad tiene una longitud aproximada de 1.2km x 1.4km, tal como se muestra en la figura 7.6 a un nivel de 300m de profundidad.

La respuesta de resistividad nos indica valores que oscilan en el rango de 30 – 4000 Ohm*m, las resistividades bajas estarían asociadas a zonas con un intenso fracturamiento, alto grado de alteración y alta porosidad, también se observa una zona de altas resistividades que podría estar asociada a rocas con alto contenido de sílice o zonas con presencia de silicificación.

Las investigaciones geofísicas en el ANAP aún quedan abiertas hacia el Sureste, lo que deberá de ser investigado en algún momento.

Basado en las alteraciones reconocidas, resultados para el cobre-oro en estructuras y brechas, postulamos que en profundidad se podría tener un sistema tipo pórfido de cobre oro no aflorante, el cual estaría relacionado a los intrusivos de composición cuarzo-monzonita que afloran hacia el sector sur del ANAP. Esto se sustenta con los resultados obtenidos en la geofísica realizada en el área; la misma que ha determinado la existencia de un cuerpo intrusivo no aflorante y/o cubierto por las areniscas con cargabilidades entre 20 y 40 mV/V.

Por los resultados obtenidos tanto geoquímicos como geofísicos se recomienda que este ANAP pase a Pro inversión para su respectiva promoción.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J.; et.al. (2009) - Memoria Mapa Metalogenético del Perú 2009. INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos. Programa de Metalogenia; 17p.
- Acosta, J., Quispe, J., Santisteban, A. & Acosta, H. (2008) - Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del Sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s. En: XIV Congreso Peruano de Geología, 14, Lima, 2008. Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú.
- Acosta, J.; Rivera, R.; Valencia, M.; Chirif, H.; Huanacuni, D.; Rodriguez, I.; Villarreal, E.; Paico, D.; Santisteban, A. (2009) - Memoria Mapa Metalogenético del Perú 2009. INGEMMET. Dirección de Recursos Minerales y Energéticos. Programa de Metalogenia; 17p.
- Applying filters with montaj Geophysics (2013). Disponible en: http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Applying_Filters_with_montaj_Geophysics.pdf>
- Carlotto 1988 - Edad del Batolito Andahuaylas-Yauri (Revisión Bibliográfica)
- Dolan, W. M. and McLaughlin, G. H. (1967), Considerations concerning measurement standards and design of pulsed IP equipment. Symp. on Induced Electrical Polarization, Eng. Geosc., Dep. Mineral Technol., University of California, Berkeley, Proc., p.2-31
- Emerson, D. W. (ed.) (1980) The geophysics of the Elura ore body, Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists 11(4) p. 10-16.
- GEM Systems Advance (2014). Gemlink Ver.5.3.1.8. Disponible en: www.gemsys.ca
- Hinze, W.J. Ralph R.B. Von Frese and Afif H. Saad, (2013) - Principles, Practices, and Applications. Gravity and Magnetic Exploration, Cambridge University Press.
- MAG3D, (2005) A Program Library for Forward Modelling and Inversion of Magnetic Data over 3D Structures VERSION 4.0, UBC–Geophysical Inversion Facility, Department of Geophysics and Astronomy, University of British Columbia. Disponible en: <<http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc350/content/sftwrdocs/mag3d/mag3d-manual.pdf>>
- Pecho, V., 1981 - Geología de los cuadrángulos de Chalhuanca, Antabamba y Santo Tomás, 1981. Pecho V., INGEMMET, Serie A. Carta Geológica Nacional, Boletín 35.
- Prabhakar S. Naidu and M.P. Mathew, (1998) - Analysis of Geophysical Potential Fields, A Digital Signal Processing Approach. Advances in Exploration Geophysics 5.
- R. Rivera, A. Bustamante; Junio 2010.- Informe Técnico para Solicitud de ANAP, INGEMMET, Dirección de Recursos Minerales y Energéticos.
- R Rivera, A. Bustamante, J. Acosta y A. Santisteban 2010) Estudio del Batolito de Andahuaylas-Yauri.
- White R.M.S., Collins S., Loke M.H. (2003) Resistivity and IP arrays, optimized for data collection

and inversion. Exploration Geophysics 34, p. 229–232

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

Salas, R; Zuloaga, A. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Chalhuanca (29-p), Escala 1:50 000, Lima, INGEMMET, 2003, 20 p. (disponible A.T. INGEMMET P-1042).

Sumner, J. S. (1976) - Principles of induced polarization for geophysical exploration, Elsevier Publishing, Amsterdam, 277p.

Valdivia W., Latorre, O. (2003) - Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Antabamba (29-q), Escala 1:50000, Lima, INGEMMET, 2003, 26 p. (disponible A.T. INGEMMET P-1030).

Valdivia, W., La Torre, O. (2003). Memoria Descriptiva de Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Antabamba (29q). Escala 1:50 000. INGEMMET. 19 pg.

Telford W. M., Geldar L.P., Sheriff R.E., (1990) - Applied Geophysics, Cambridge University Press.

ANEXOS

ANEXO I.- Base de Datos de muestras ANAP ANTABAMBA BLOQUE 3.

ANEXO II.- Reportes Geoquímicos de Laboratorio SGS.

ANEXO III.- Estudios Petrográficos y Mineragráficos.

- Estudios Petrográficos
- Estudios Mineragráficos

ANEXO IV.- Geofísica

ANEXO V.- Mapas

- Mapa de Ubicación y Accesos
- Mapa de Comunidades
- Mapa de Propiedades mineras
- Mapa Metalogenético
- Mapa Geológico-Estructural
- Mapa de Alteración Mineralización
- Sección geológica del ANAP Antabamba bloque 03
- Mapa de Ubicación de Muestras

ANEXO VI.- Mapas Geoquímicos

- Mapa Geoquímico del Cu en rocas sedimentarias (GQ1)
- Mapa Geoquímico del Au en rocas sedimentarias (GQ2)
- Mapa Geoquímico del Cu en rocas intrusivas (GQ3)
- Mapa Geoquímico del Au en rocas intrusivas (GQ4).