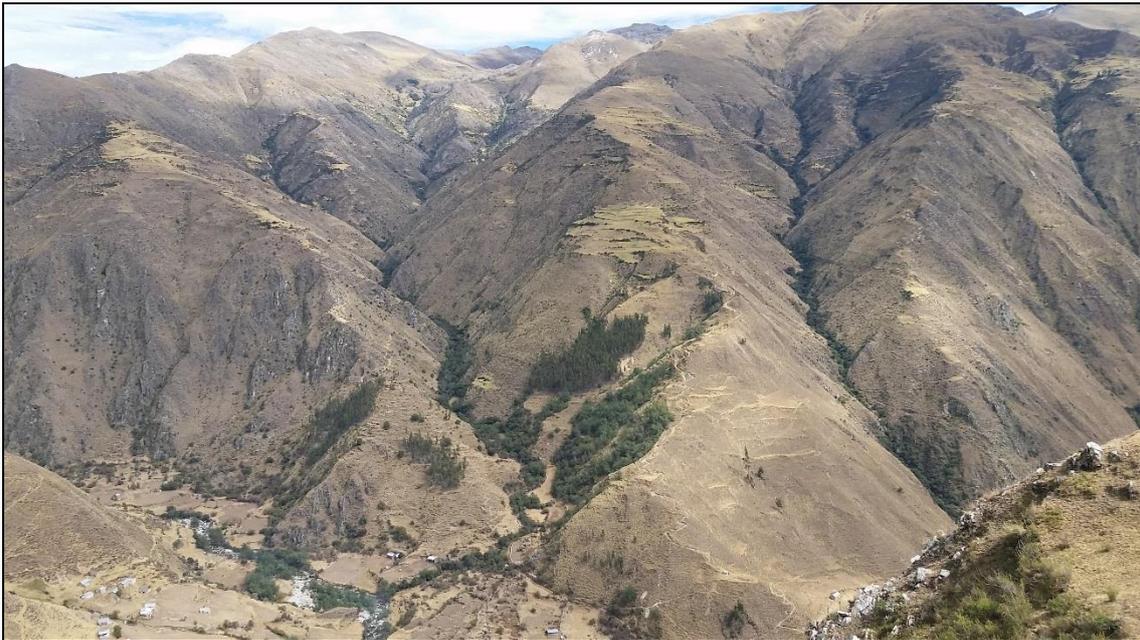




INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

ACTIVIDAD ANAP's



**INFORME DE LA PROSPECCIÓN GEOLÓGICA-MINERA DEL
ANAP HUYAHUYA**

Elaborado por:

Geología

Eder Villarreal Jaramillo
Paul Vargas Atoche
David Castañeda Salazar

Geofísica

Carlos Eduardo Valencia Miraval
Darwin Edgardo Calla Pilco
Gastón Ronald Yupa Paredes
José Wilfredo Huillca Chuctaya
Rosmery Flores Jacobo

Enero, 2019



INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

ACTIVIDAD ANAP's

**INFORME DE PROSPECCIÓN GEOLÓGICA-MINERA DEL ANAP
HUYAHUYA**

Geología

Eder Villarreal Jaramillo
Paul Vargas Atoche
David Castañeda Salazar

Geofísica

Carlos Eduardo Valencia Miraval
Darwin Edgardo Calla Pilco
Gastón Ronald Yupa Paredes
José Wilfredo Huillca Chuctaya
Rosmery Flores Jacobo

Enero, 2019

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	6
1.1. Ubicación y accesos.....	7
1.2. Estudios previos.....	10
1.3. Clima y vegetación.....	10
1.4. Infraestructura y recursos	10
1.5. Concesiones y propiedad minera.....	11
1.6. Trabajos realizados.....	14
1.6.1. Geoquímica de rocas y sedimentos	14
1.6.2. Análisis espectral	14
1.6.3. Cartografiado geológico.....	14
1.6.4. Geofísica terrestre.....	14
1.6.5. Trabajo social y seguridad	14
1.7. Objetivo.....	15
1.8. Participantes.....	15
II. CONTEXTO GEOLÓGICO	16
2.1. Geología regional	16
2.1.1. Rocas ígneas	16
2.1.2. Intrusivos menores	17
2.1.3. Depósitos cuaternarios	17
2.2. Aspectos metalogenéticos regionales	18
2.2.1. Proyectos mineros y ocurrencias minerales circundantes al ANAP	19
III. GEOLOGÍA LOCAL.....	24
3.1. Litología	24
3.1.1. Monzogranito.....	25
3.1.2. Pórfido Monzodiorita.....	26
3.1.3. Pórfido Dacítico	27
3.1.4. Pórfido Tonalita	28
3.2. Alteración	28
3.3. Mineralización	29
3.3.1. Sector Norte.....	29
3.3.2. Sector Sur.....	31
3.4. Tipo de depósito.....	33

IV.MARCO ESTRUCTURAL	33
4.1. Sistemas estructurales	33
4.1.1. Fallas locales	34
V. ESTUDIOS ESPECIALES	35
5.1. Estudio petrográfico	35
5.2. Estudio mineragráfico	35
VI.PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA.....	35
6.1. Prospección geoquímica de rocas	38
6.1.1. Recolección de muestras y método de muestreo y enfoque	38
6.1.2. Aseguramiento y control de calidad	38
6.1.4. Procesamiento geoquímico de rocas y estructuras	50
6.1.5. Distribución geoquímica de rocas y estructuras.....	50
VII.PROSPECCIÓN GEOFÍSICA.....	51
7.1. METODOS GEOFÍSICOS.....	51
7.1.1. Método Magnético.....	51
7.1.2. Método de Polarización Inducida (IP)	52
7.2. TRABAJOS DE CAMPO E INSTRUMENTACIÓN	53
7.2.1. Estudios de Magnetometría terrestre	53
7.2.2. Estudios de Polarizacion inducida	57
7.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	61
7.3.1. Procesamiento de los datos magnéticos terrestres	61
7.3.2. Procesamiento de datos de polarizacion inducida	62
7.3.3. Programas de inversión	63
7.4. INTERPRETACION	63
7.4.1. Interpretación de datos magnéticos	63
7.4.2. Interpretacion de Polarización Inducida	65
SECTOR PARCCO - PARARANI	65
SECTOR ITAHUI.....	71
VIII.CONCLUSIONES.....	76
IX.RECOMENDACIONES	77
X.BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS	81

RESUMEN

El Área de No Admisión de Petitorio (ANAP) denominado Huyahuya se ubica en las Comunidades de La Unión y Chacoche, distritos de Circa y Chacoche y provincia de Abancay, 46 km al sur de la ciudad de Abancay. Abarca una extensión de 3,800 hectáreas a una altitud promedio de 4400 m.s.n.m,

La zona es de difícil acceso, por lo que la principal fuente de registro corresponde a la cartografía litológica, alteración y mineralización en sectores en donde ha sido posible el reconocimiento de campo. Las unidades litológicas identificadas son mayormente de composición ígnea plutónica, las mismas que se detallan según orden temporal (interpretación en base a relaciones de corte y contacto y observaciones de campo) como: diorita, granodiorita, cuarzo monzodiorita, stocks cuarzo monzonita y rocas porfídicas.

La alteración hidrotermal está relacionada espacialmente con las unidades litológicas intrusivas. Se distinguen claramente las alteraciones como: propilítica (clorita – epidota ± sericita), argílica, silicificación y cuarzo-sericita, esta última restringida a estructuras vetiformes, diques y a dos brechas intrusivas.

La mineralización en el ANAP ocurre como vetas/vetillas, venillas, brechas y diseminado; esta última asociada a los diques porfiríticos.

En el ANAP Huyahuya se han podido definir dos zonas potenciales por Cu. La zona ubicada al norte, perteneciente a la comunidad de Itahui. Y otra zona ubicada al sur, perteneciente a la asociación Parcco-Pararani.

Los resultados obtenidos en el presente estudio, muestran claras anomalías geoquímicas en cobre-molibdeno-oro, relacionados con estructuras vetiformes y venillas en la zona norte del ANAP (Itahui).

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en cumplimiento a lo dispuesto por el Ministerio de Energía y Minas el año 2015, donde le otorga el Área de No Admisión de Petitorios (ANAP's), con 3,800 hectáreas denominada "Huyahuya", mediante Decreto Supremo 018-2015-EM (18 de junio del 2015), realizó los trabajos de prospección geológica y minera.

Durante el año 2016 se efectuaron trabajos de geología y geoquímica en tres campañas de campo, logrando reconocer hasta en un 95% el área. Con los resultados de estos trabajos se realizó posteriormente trabajos de prospección geofísica como: magnetometría y polarización inducida, con el fin de determinar la profundidad de la mineralización.

Para el presente informe se ha tomado como referencia publicaciones de otros expertos de yacimientos tipo pórfido Cu-Mo-Au emplazados dentro del Batolito Andahuaylas-Yauri y depósitos tipo Skarn Cu-Ag-Au en contacto con rocas carbonatadas. Como se sabe, el batolito es considerado como un gran metalotecto para albergar depósitos del tipo pórfido, tales como el Proyecto La Yegua (Cu-Mo-Au) de la compañía minera Bear Creek Mining Company, Tumipampa (Cu, Ag, Au) de la compañía minera Dynacor Gold Mines dentro de los más próximos al área del ANAP.

1.1. Ubicación y accesos

El ANAP Huyahuya, políticamente se ubica en la región Apurímac, provincia de Abancay, distritos de Chacoche y Circa (Fig. 1.1) y abarca los anexos de Pararani, Parcco (Distrito de Circa) e itahui (Distrito de Chacoche), geomorfológicamente se ubica en el flanco este de la Cordillera Occidental de los Andes peruanos.

La topografía es bastante agreste con altitudes que varían de 3,500 a 4,900 m.s.n.m., que se extiende en el Cuadrángulo de Antabamba (29q).

Los accesos al área de estudio se pueden realizar por vía terrestre y vía área-terrestre, los cuales se muestran en las siguientes tablas 1.1 y 1.2.

Tabla 1.1. Acceso vía terrestre

Tramo	Km	Tipo de acceso
Lima – Nasca	430	Carretera Asfaltada
Nasca - Desvío Yacca	425	Carretera Asfaltada
Desvío Yacca – Kesari - Área de estudio	65	Carretera Afirmada y camino de herradura
Total	920	

Tabla 1.2. Acceso vía aérea-terrestre

Tramo	Km	Tipo de vía
Lima – Cusco	1102	Aérea
Cusco - Abancay-desvío Yacca	545	Terrestre
Desvío Yacca - Kesari - Área de estudio	65	Terrestre
Total	1712	

Las carreteras asfaltadas en general son buenas y las afirmadas regulares, por lo que se puede circular sin problemas.

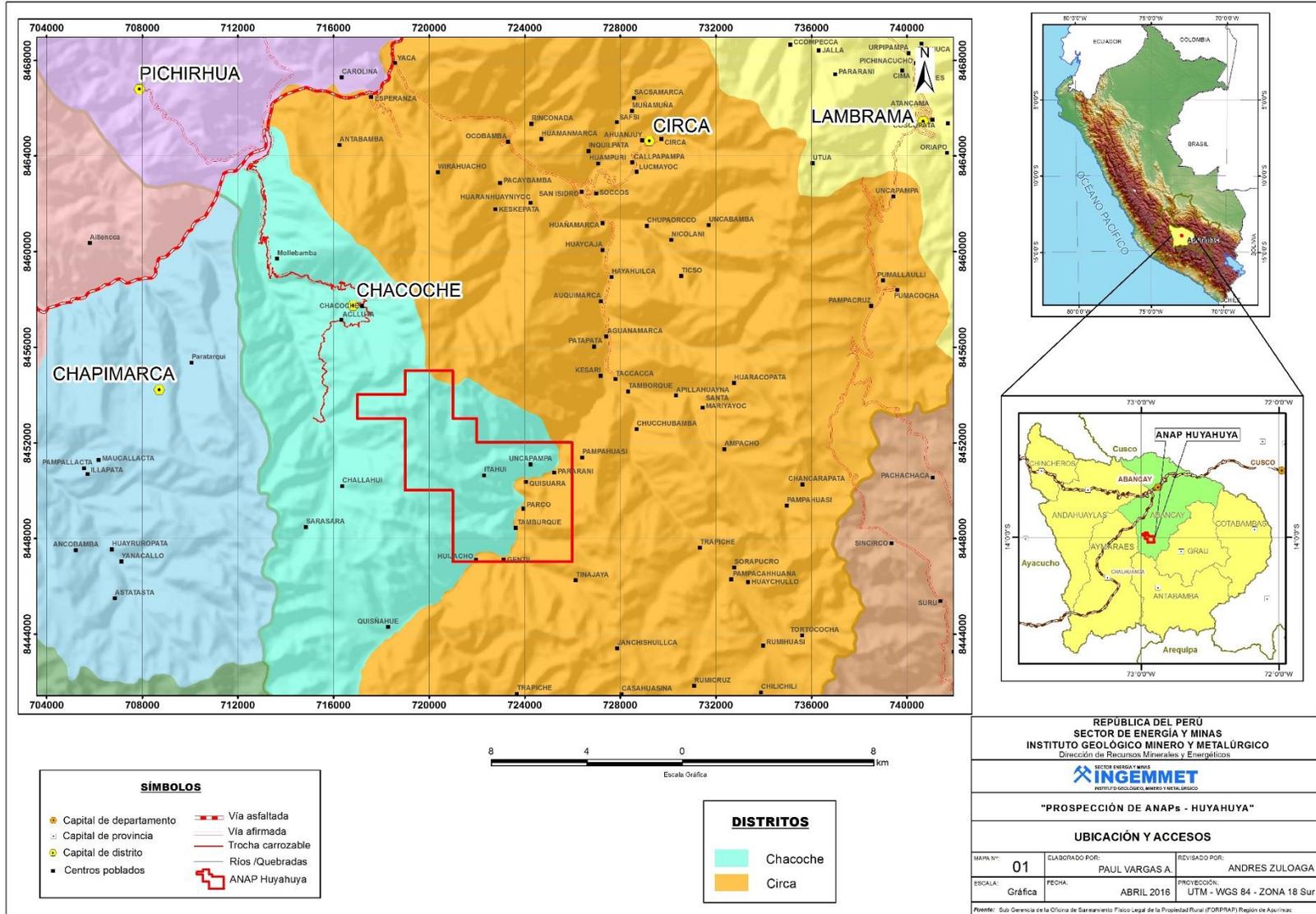


Fig. 1.1. Mapa de ubicación del ANAP Huyahuya.

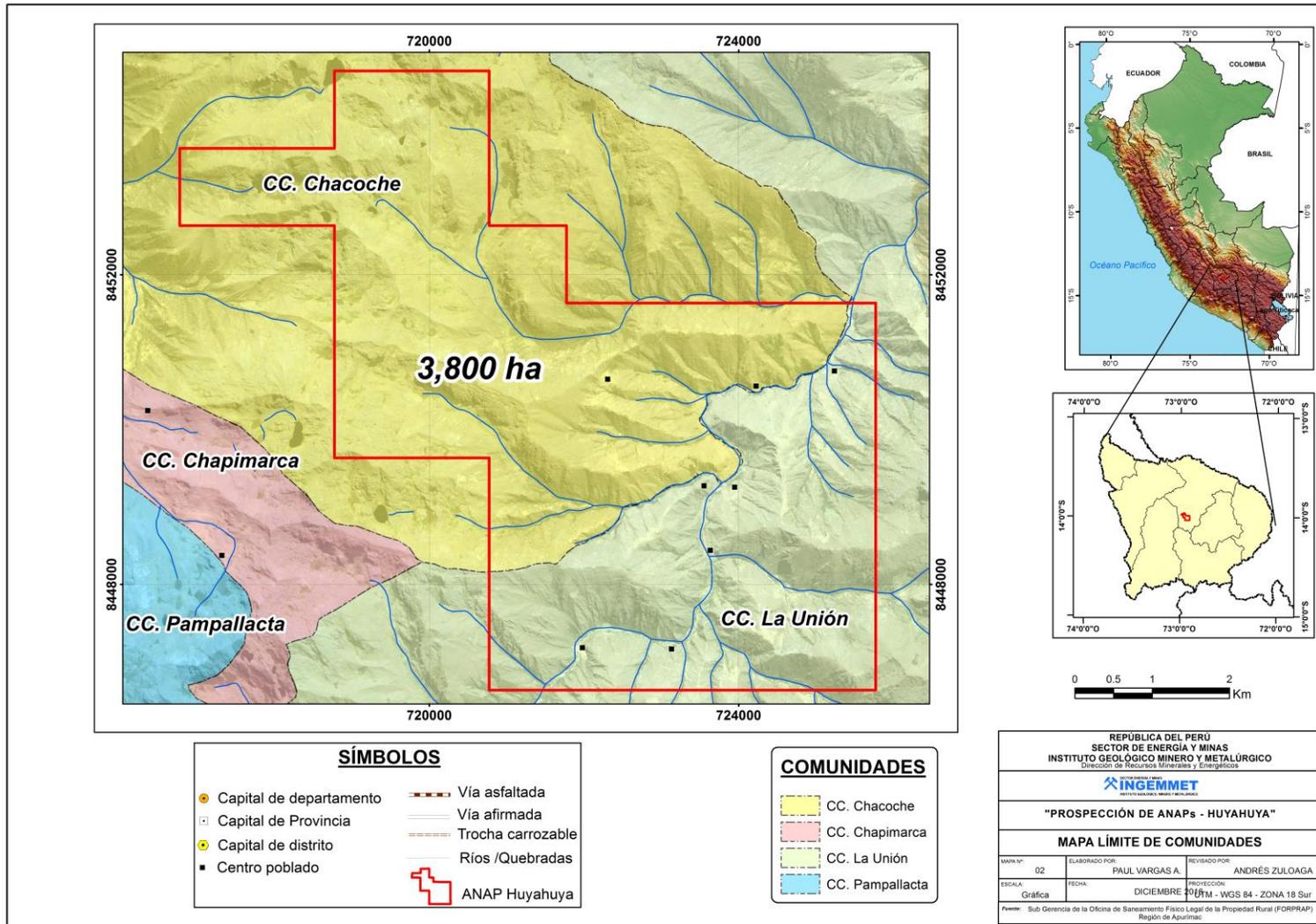


Fig. 1.2. Mapa de comunidades del ANAP Huyahuya

1.2. Estudios previos

Regionalmente, el Batolito Andahuaylas-Yauri siempre despierta un gran interés geológico-económico. Sin embargo, el área o cerca del ANAP Huyahuya, existen zonas adyacentes, que han sido estudiadas y cuyos resultados publicados, por ejemplo; el proyecto La Yegua que se ubica al Oeste del ANAP y hacia el Sur, el proyecto Tumipampa.

En el año 2010, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) firmó un convenio de Cooperación Internacional con el Servicio Geológico de Corea (KIGAM), para realizar la Evaluación del Potencial de los Depósitos Minerales en el Batolito Andahuaylas - Yauri.

El Área de No Admisión de Petitorios (ANAP's) Huyahuya fue otorgada al INGEMMET mediante Decreto Supremo N° 008-2015-EM con una extensión de 3,800 ha (38 km²), con fecha 18 de junio de 2015; por un plazo hasta de 5 años.

1.3. Clima y vegetación.

El ANAP Huyahuya se ubica entre altitudes que varían de los 3100 a 4600 m.s.n.m. Presenta una flora de abundante ichu conformando pajonales y quenuales que conforman bosques en quebradas cerradas. En la zona, las cotas superiores a los 4,500 m.s.n.m. presentan temperaturas que descienden a -15° centígrados. Los valles son de tipo V, con una erosión activa fuerte.

La fisiografía del ANAP es muy agreste, típico de la Cordillera de los Andes, también se caracteriza por presentar un relieve montañoso, cuya topografía es heterogénea con cimas empinadas y paisajes típicos de punas altas.

También, se ha reconocido una importante morrena caracterizada por su elevada altitud, constituyendo una geoforma de agradación. La altitud que alcanza varía de 3980 a 4550 m.s.n.m.

1.4. Infraestructura y recursos

El ANAP no se encuentra accesible a infraestructura pública ni tampoco acceso directo, puesto que el único acceso inmediato es mediante la carretera Lima-Nasca-Chalhuanca-Yaca-Anexo Tamburqui, donde el tiempo de recorrido desde Abancay hasta Tamburqui es de 2 horas aproximadamente.

El único acceso al ANAP es por el extremo Este del área, partiendo desde el anexo Tamburqui con dirección a Chuquibambilla (carretera afirmada) hasta llegar al desvío Illani (1 hora y 30 min). Inmediatamente después, nos dirigimos hacia el abra Jinchuquillcca (carretera trocha carrozable), este tramo del desvío al abra tiene ~8.3 km, empleando un tiempo aproximado de 1 hora.

Sin embargo, para llegar al área central del ANAP se deberá hacer con la ayuda de acémilas, empleando un tiempo de 3 a 4 horas.

La ciudad de Abancay, capital de la región Apurímac, reúne las condiciones necesarias como; hospedajes, logística, almacenamiento de materiales, agencias de viaje para envíos y recepción de muestras, entre otros requerimientos; así como para el transporte del personal de trabajo. Es importante tener en cuenta, que en los anexos Tamburqui y Quesari se puede conseguir mano de obra, tanto como para la etapa de prospección y exploración.

Para pasar de una etapa de prospección a una de exploración, se tendrá que construir infraestructura como: campamento, accesos, etc.

1.5. Concesiones y propiedad minera

El ANAP Huyahuya, tiene 3,800 hectáreas de área superficial, cuyas coordenadas con sus 14 vértices se muestran en la tabla 1.3 y en la Fig. 1.3.

Las concesiones mineras que rodean el ANAP Huyahuya corresponden a derechos mineros en trámite y titulados de empresas de exploración importantes Fig. 1.4 (ver anexo V - mapa de catastro).

Tabla 1.3. Coordenadas UTM PSAD56 de vértices del ANAP Huyahuya.

ID	ANAP	Este	Norte
1	Huyahuya	721000	8455000
2	Huyahuya	721000	8453000
3	Huyahuya	722000	8453000
4	Huyahuya	722000	8452000
5	Huyahuya	726000	8452000
6	Huyahuya	726000	8447000
7	Huyahuya	721000	8447000
8	Huyahuya	721000	8450000
9	Huyahuya	719000	8450000
10	Huyahuya	719000	8453000
11	Huyahuya	717000	8453000
12	Huyahuya	717000	8454000
13	Huyahuya	719000	8454000
14	Huyahuya	719000	8455000

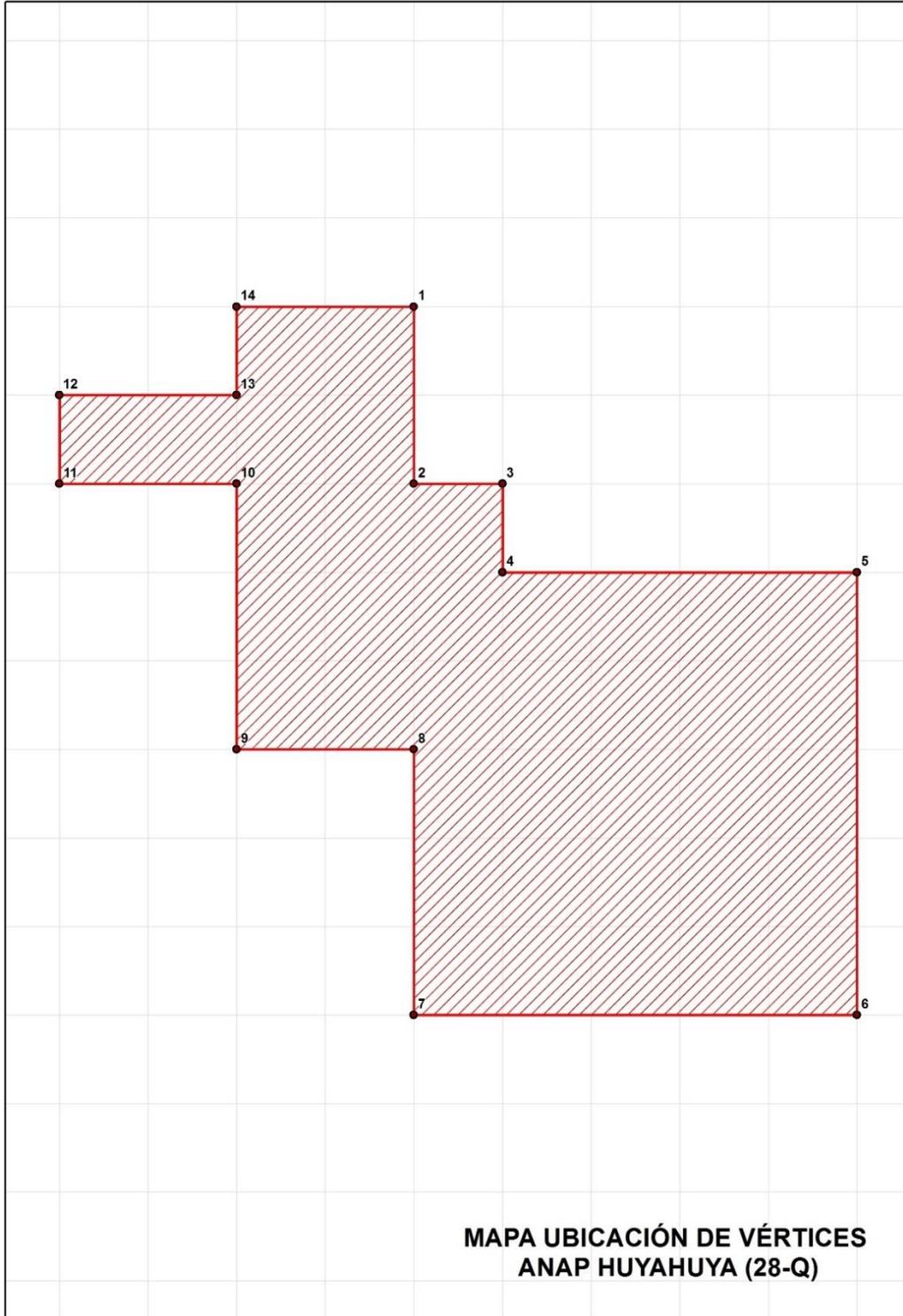


Fig. 1.3. Mapa de vértices del ANAP Huyahuya

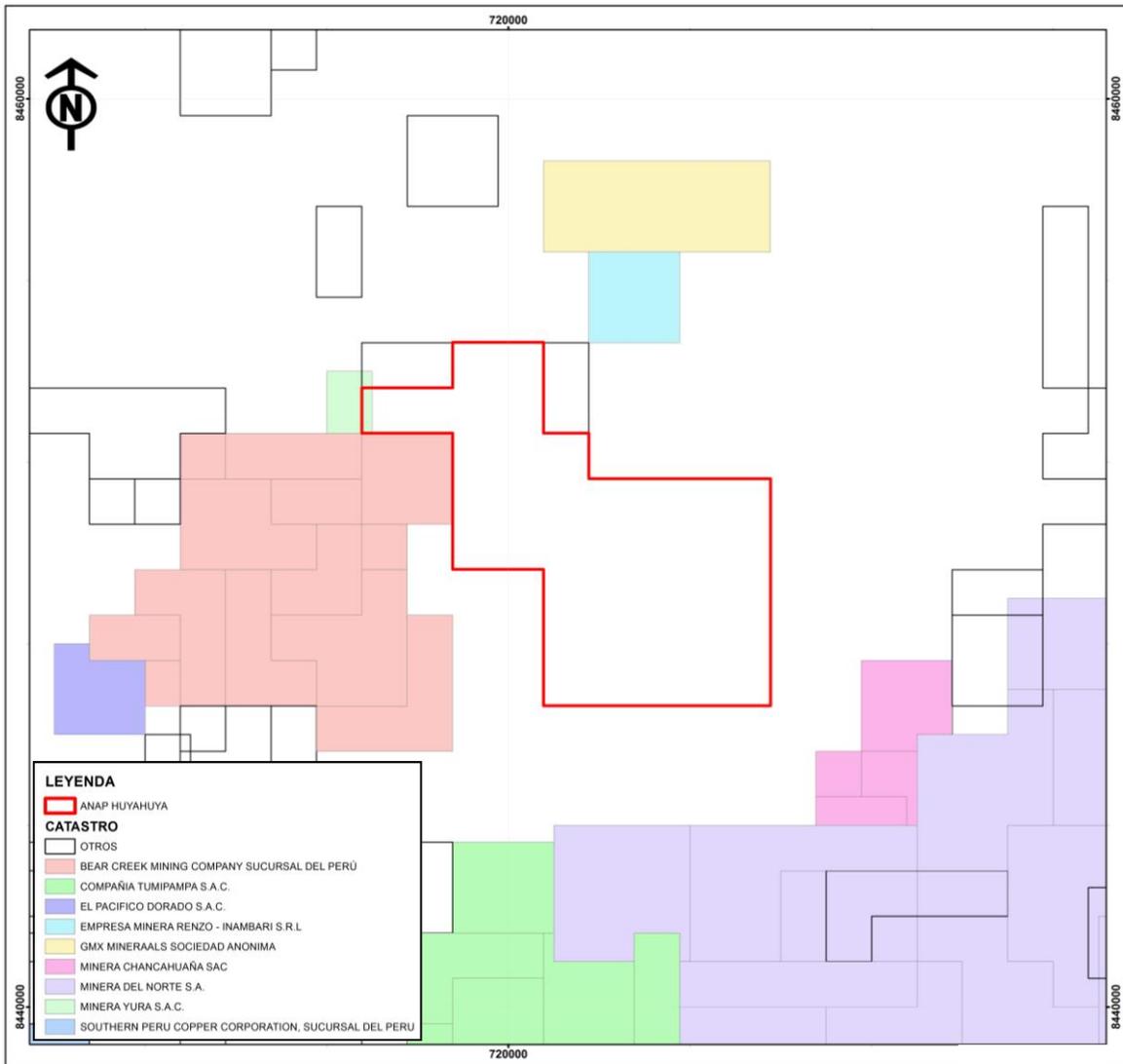


Fig. 1.4.- concesiones mineras de las principales empresas mineras que circundan el ANAP Huyahuya

1.6. Trabajos realizados

1.6.1. Geoquímica de rocas y sedimentos

En el presente estudio, se han recolectado un total de 271 muestras procedentes de rocas y menas; así como 11 muestras de sedimentos de quebrada, con el fin de identificar blancos o “*targets*” prospectivos dentro del ANAP.

1.6.2. Análisis espectral

Consistió en el procesamiento de una imagen Aster, a fin de identificar anomalías espectrales como; óxidos de hierro y arcillas; así como la determinación de alteraciones hidrotermales guías (fílica, propilítica y argílica), trabajo hecho por el Laboratorio de Teledetección INGEMMET.

1.6.3. Cartografiado geológico

Fueron cartografiadas 3,800 hectáreas que conforman el ANAP, representando un 100% del área de estudio. Implicó además de la recolección de datos litológicos, fallas, alteraciones hidrotermales y tipos de mineralización.

1.6.4. Geofísica terrestre

Se realizó trabajos de magnetometría y polarización inducida (IP) con líneas de dirección NE-SO tanto en el sector norte (Itahui) como en el sector sur (Parcco-Pararani) del ANAP Huyahuya.

1.6.5. Trabajo social y seguridad

Previo al inicio de los trabajos en el ANAP, se realizaron charlas y taller explicativo en los anexos de Tamburqui, Pararani y Quesari (Foto 1.1), que pertenecen a la comunidad La Unión. Se realizaron durante los meses de abril y junio del 2014, así como en julio del 2015, donde se expusieron los principales objetivos de las actividades a realizar.

El ANAP Huyahuya comprende las comunidades campesinas de Chacoche y La Unión tal como se muestra en la Fig. 1.2.



Foto 1.1. Charlas informativa en el Anexo Tamburqui – Comunidad La Unión.

1.7. Objetivo

El objetivo principal del estudio, es determinar zonas de interés económico de Cu, Mo y Au relacionados con mineralización del tipo pórfido u otros, que se encuentra dentro de un cinturón de cobre llamado “Andahuaylas-Yauri”.

1.8. Participantes

El desarrollo de los trabajos de campo estuvo conformado por:

Jefe de Proyecto:

Jean Paul Vargas

Geólogos:

Eder Villarreal y David Castañeda (Etapa campo y gabinete).

Laboratorio de Petromineralogía - INGEMMET

Ana Condorhuaman, Miguel Chumbe y Mariela Rondón

II. CONTEXTO GEOLÓGICO

2.1. Geología regional

Geológicamente, el área del ANAP Huyahuya, se extiende en el Batolito Andahuaylas -Yauri, conformado por dioritas, granodioritas y tonalitas de edad Oligoceno – Mioceno. Los contactos entre estas rocas son poco visibles en el campo. También, se han reconocido pequeños cuerpos intrusivos con características petrológicas similares que se han asociados a los plutones.

2.1.1. Rocas ígneas

Las rocas intrusivas que afloran en el ANAP Huyahuya pertenecen al Batolito Andahuaylas-Yauri. Este Batolito comprende dos eventos magmáticos; el primero, compuesto por gabros, dioritas, microdioritas y cuarzo-dioritas que representan el 80%, mientras que el segundo evento, por granodioritas, tonalitas, monzonitas, diques andesíticos y dacíticos que cortan al primer grupo (Carlier et al., 1989; Bonhomme y Carlier, 1990; Carlotto 1998).

Desde el punto de vista geológico-económico, el segundo evento magmático es el de mayor interés exploratorio, al cual se relacionan la mayoría de depósitos minerales encontrados.

Estas facies intrusivas más diferenciadas se encuentran distribuidas irregularmente por toda la región. La edad del Batolito ha sido determinada por relaciones estratigráficas regionales y datos geocronológicos. En efecto, las edades K-Ar reportadas por Carlier et al. (1996), Carlotto (1998) y Perello et al., (2002-2003) (Fig. 2.1), señalan una edad Eoceno medio a Oligoceno inferior (~48 – 32 Ma).

Por otra parte, el área ANAP Huyahuya se ubica en el extremo noroeste del Cuadrángulo de Antabamba (29-q), donde Valdivia y La Torre (2003) han reconocido plutones, denominados Parco (PN-pa-/pa-di) y Negroconcha (PN-pa/ne-mcmdi) siendo asignado a la Unidad Parco. Estos intrusivos están constituidos por diorita, meta cuarzo-monzodioritas y cuarzo dioritas. Sin embargo en el presente estudio, éstas rocas varían lateralmente hacia el Oeste, mostrando una composición intermedia a ácidas, comprendidas entre dioritas, cuarzo dioritas, cuarzo monzodioritas, granodiorita y a cuarzo monzonitas.

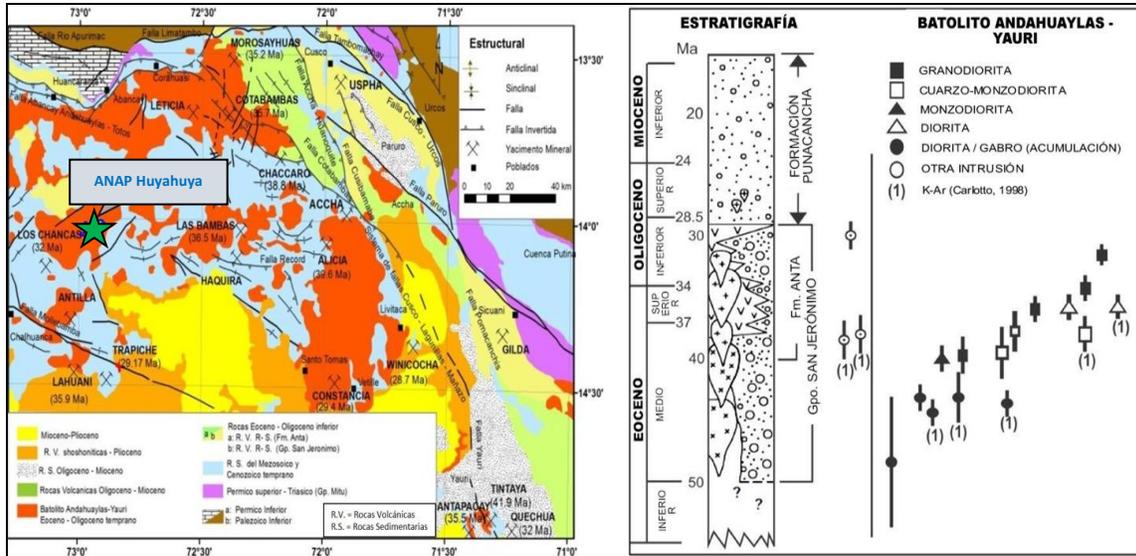


Fig. 2.1. A la izquierda se observa la geología regional y principales yacimientos de pórfidos y skarns de Cu-Mo (Au-Zn) relacionados al Batolito Andahuaylas-Yauri. Asimismo, se muestra el área donde se ubica el ANAP Huyahuya con respecto a este (tomado y modificado de Carlotto (1998) y Perelló (2003)). Hacia la derecha se muestra las composiciones y facies intrusivas principales del Eoceno-Oligoceno (tomado y modificado de Perello et al., 2003).

2.1.2. Intrusivos menores

Cortando a los intrusivos dioríticos, granodioríticos, cuarzo monzodioríticos y cuarzo monzoníticos, espacialmente se ubican diques porfíricos y diques/vetillas aplíticos. Los diques son de textura porfídica de grano medio a fino con cristales de cuarzo, hornblenda y biotita, presentan tonalidades gris verdosa a gris clara; por otro lado los diques aplíticos son de grano fino con presencia de cuarzo en mayor porcentaje, seguida de feldespato potásico y plagioclasas, escasos máficos (hornblenda y biotita). Estos diques se presentan con tonalidades que varía de beige a rosáceo.

2.1.3. Depósitos cuaternarios

Los depósitos holocénicos, están conformados por las acumulaciones de gravas, arenas y limos retrabajados. Están conformados por depósitos coluviales, morrenas y terrazas aluviales ubicadas en los cauces de los ríos y quebradas.

Los depósitos pleistocénicos consisten en secuencias fluvioglaciares conformadas por gravas, cantos, arenas y limos. Los fragmentos son redondeados a subredondeados de composición similar a los intrusivos intermedios – ácidos. También se presentan depósitos morrénicos consistentes en acumulaciones de gravas y bloques subangulosos a angulosos de rocas intrusivas dioríticas-monzoníticas consolidados en una matriz arenolimos.

2.2. Aspectos metalogenéticos regionales

En el Perú se han definido 23 franjas metalogenéticas (Quispe et al., 2008). 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.

El ANAP Huyahuya, se encuentra dentro de la Franja XV de pórfidos-skarn de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados espacial y temporalmente con intrusivos del Eoceno-Oligoceno, localizado entre la Cordillera Occidental y el límite de las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno. La mineralización de Cu-Mo (Au) está relacionada con intrusivos intermedios a ácidos del Batolito Andahuaylas-Yauri (asociado al evento tectónico Inca) en contacto con secuencias carbonatadas del Cretáceo medio. Mientras que los depósitos de Cu-Au-Fe se relacionan con rocas intrusivas más básicas del batolito, que se presentan como cuerpos en el contacto con rocas carbonatadas y vetas de Au-Cu en el intrusivo (Fig. 2.2).

Las dataciones radiométricas K/Ar y Re-Os muestran que la mayor parte de la alteración y mineralización del tipo pórfido, a lo largo de esta franja, tomó lugar entre el Eoceno medio y el Oligoceno (~42 a ~30 Ma) (*en Carlotto, et al., 2009*).

Esta franja metalogenética tiene mucha expectativa en cuanto a su interés exploratorio, ya que en ella, se encuentran depósitos minerales de gran importancia económica, como aquellos cercanos al ANAP: son el proyecto La Yegua (Pórfido Cu-Mo-Au) y el proyecto Tumipampa (Skarn Au-Ag-Cu), que se describen más adelante.

Otro aspecto a resaltar de esta franja, se debe a sus características geológicas similares con la franja de pórfidos de Cu del Eoceno superior-Oligoceno inferior del norte de Chile, donde son conocidos los yacimientos gigantes de Chuquicamata y la Escondida.

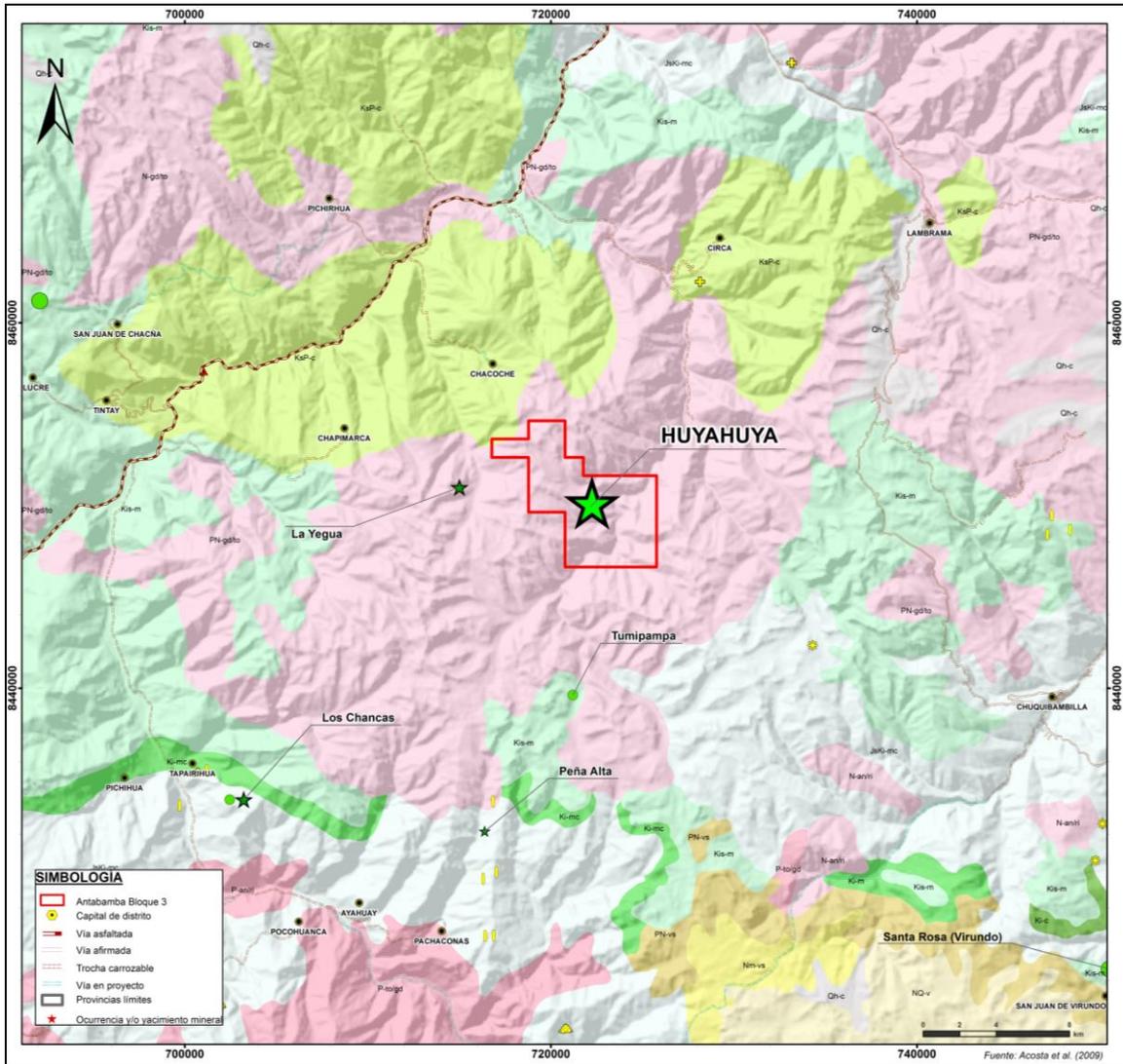


Fig. 2.2.- Proyectos mineros dentro del área de influencia del ANAP Huayhuaya

2.2.1. Proyectos mineros y ocurrencias minerales circundantes al ANAP

2.2.1.1. Proyecto La Yegua

La Yegua se encuentra a 100 kilómetros al suroeste de la ciudad de Cusco y a 10 kilómetros al noroeste del ANAP. Este proyecto se encuentra a 6 horas de Cusco aproximadamente.

El Proyecto La Yegua se encuentra dentro del Batolito Andahuaylas-Yauri. Está cubierta gran parte del área por depósitos fluvio-glaciares recientes. En las zonas SE y NO de la concesión se reconocen paquetes de capas rojas del Cretáceo Superior a Paleoceno, en contacto con intrusivos cuarzo-monzonita/granodiorita del Batolito (Fig. 2.3).

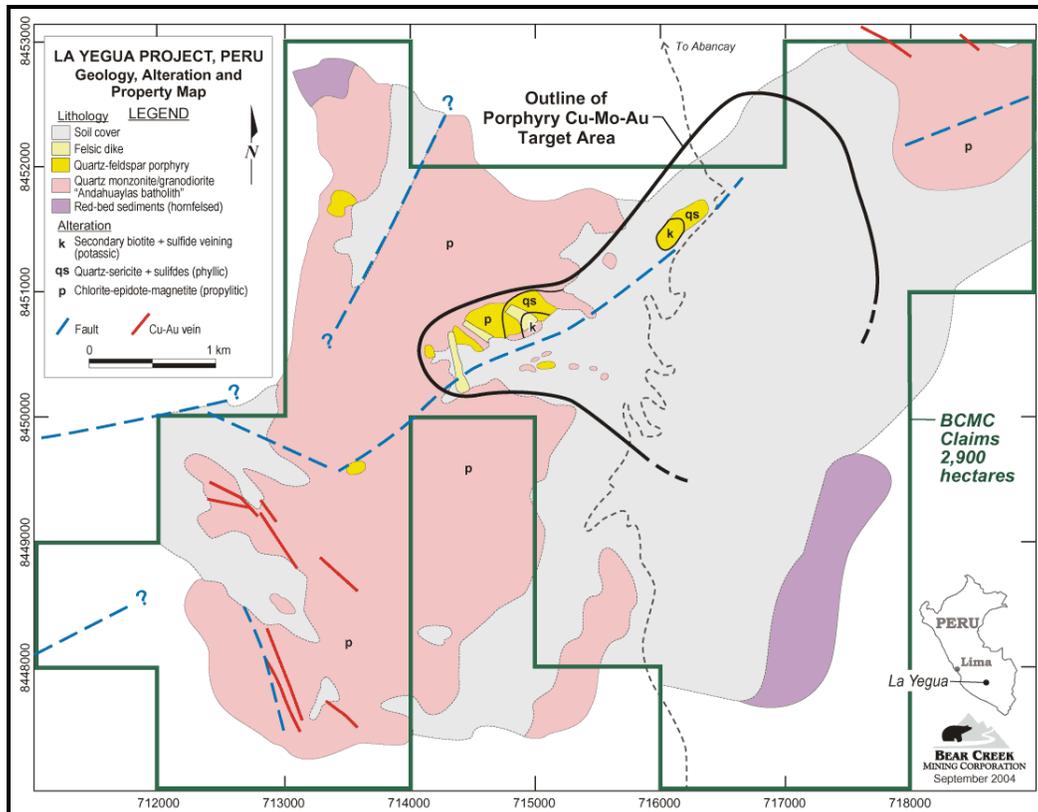


Fig. 2.3. Mapa geológico del proyecto La Yegua (<http://www.bearcreekmining.com/s/la-yegua.asp>).

Respecto a su geología estructural presentan lineamientos regionales de orientación NE-SO, que al parecer determinan la zona periférica del pórfido. De igual forma se tiene otro sistema NO-SE con mineralización de Cu-Au que podría extenderse debajo de la zona de cobertura.

Tipo de yacimiento y mineralización

Se trata de un sistema mineralizado tipo pórfido de cobre-molibdeno-oro. En la parte central se observa alteración potásica, donde la biotita secundaria está remplazando a la hornblenda; la alteración cuarzo-sericita viene acompañada de calcopirita-calcosina-molibdenita. Hacia el Este y Sur de la concesión se han reconocido anomalías de cobre (0.03-1.2%) y molibdeno (100-424 ppm), con extensión mayores a 2 Km abiertas hacia el sur y el este, ocultándose en una zona de cobertura. Los pórfidos de composición cuarzo-feldespato que intruyen a la granodiorita están relacionados con la mineralización. Hacia la periferie del pórfido, se tiene fuertes anomalías de oro (0.30-5.32 g/t) y cobre (hasta 6%) relacionadas a estructuras que cortan a la granodiorita, o en hornfels a lo largo del contacto con el batolito. En la parte central del pórfido los valores de oro son bajos.

Recursos minerales

Aún no se tiene un cálculo de recursos por encontrarse en una etapa de exploración con estudios de Polarización/Resistividad Inducida (IP) y algunas perforaciones, las cuales tuvieron interceptos con 0.2% a 0.3% de cobre en intervalos de 20 metros.

2.2.1.2. Proyecto Tumipampa

Tumipampa se ubica en el distrito de Circa, provincia de Abancay, región Apurímac al sur del ANAP, a una distancia de 5 km. Sus altitudes están por encima de los 4,300 m.s.n.m, en el flanco oriental de la cordillera de los Andes. Es accesible siguiendo la ruta afirmada Abancay – Anchicha (76 km, 3 h) y continuando por una trocha Anchicha – Tumipampa (28 km, 2 h).

En el área del proyecto Tumipampa afloran rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas. Éstas últimas correspondientes al Batolito Andahuaylas-Yauri. Además existen depósitos cuaternarios de significativo espesor (Fig. 2.4 y Fig. 2.5).

Las Rocas Sedimentarias

Están representadas por una secuencia potente de calizas negras a gris oscuras de la Formación Arcurquina, de edad Albiano-Turoniano (Cretáceo medio) que afloran en la parte Norte y Oeste del proyecto. Se encuentran en contacto directo con el techo del Grupo Yura mediante una clara discordancia (erosional o deposicional, no estudiada). En otros puntos están en contacto con las rocas intrusivas, formando halos de caliza con tonos blanquecinos, producto del metasomatismo de contacto (Sanchez et.al., 2014)..

Rocas Metamórficas

Están representadas por cuarcitas de la Fm. Soraya del Grupo Yura (Cretáceo inferior). Consiste en limolitas, niveles lutíticos carbonosos (grafito), cuarcitas blancas (ortocuarzitas) y cuarcitas gris oscuras de grano fino a medio con niveles de granos gruesos de cuarzo (silicificado). Se extiende en gran parte del proyecto, especialmente hacia la zona Sur. También se observan unidades sericitizadas de coloración gris y asociaciones cuarzo-sericita-pirita que presenta destrucción total de la matriz, denominadas en los estudios petrográficos como metasomatita (Sanchez et.al., 2014)..

Rocas Ígneas

Se trata de rocas de composiciones fundamentalmente granodiorítica-diorítica a cuarzo-monzodiorítica y diques andesíticos; pertenecientes al Batolito Andahuaylas-Yauri. Este tipo de rocas vienen en varios eventos y/o pulsaciones de un sistema magmático extenso, formando stocks, los mismos que se ven afectados por intrusiones menores como diques que interrumpen la secuencia estratigráfica existente (Sanchez et.al., 2014).

En el área se presentan lineamientos y estructuras regionales de orientación NE-SO, que al parecer determinan la dirección aproximada de las vetas de Cu-Au, que se extiende a lo largo del Manto el Dorado (mena de Au,Cu y Ag).

Tipo de yacimiento, mineralización y alteración

Mineralización en skarn:

En Tumipampa se tiene mineralización del tipo metazomático skarn en las calizas de la Fm. Arcurquina (antes Fm. Ferrobamba). Fueron intruidas por rocas del Batolito Andahuaylas-

Yauri en la zona norte de las concesiones y sobre un área de 4.0 km de largo y 1.5 km de ancho, denominados “Skarn I”, “Skarn II”, “Skarn III” y “Skarn IV”. La mineralogía consiste de calcopirita, pirita y granates con importantes anomalías de Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Mo y Bi. Los propietarios de las concesiones efectuaron trabajos de geoquímica, geofísica y algunas perforaciones diamantinas a fin de poder evaluar el contenido metálico de estos.

Mineralización en vetas asociadas con intrusivo y rocas sedimentarias:

Han sido reconocidas varias vetas con mineralización de Au-Cu asociadas con los intrusivos, siendo las principales; vetas Avelia e Inés, que afecta a las cuarcitas de la Fm. Hualhuani (antes Fm. Soraya) y al intrusivo. Se trata de vetas con dirección aproximada N 060° a N 120°, buzamientos subverticales, corridas de hasta 20 m y potencias hasta 2.10 m, llegando a reportar 1.10 m con 4.767 ppm Au.

Al margen de las vetas asociadas con rocas intrusivas, existen una serie de estructuras tipo veta o manto, emplazadas en las cuarcitas de la Fm. Hualhuani (Fm. Soraya), entre los que destaca el Manto Dorado, principal estructura del proyecto. Este sistema de vetas tienen un azimuth aproximado de N 145° a N 170°, con corridas reconocidas de 250 m. En profundidad fueron reconocidas hasta los 300 m con potencias de 2 m. Manto Dorado en si, tiene un azimuth de N 040° y buzamiento 25° NO, siendo reconocida mediante perforaciones a lo largo de una corrida horizontal de aproximadamente 200 m. En profundidad alcanza los 300 m y potencias hasta de 1.50 m. Se encuentra asociada a un nivel de material carbonoso intercalado con limolitas que ha actuado como plano de despegue para crear un horizonte que permita la circulación preferencial de los fluidos hidrotermales y posteriormente como la trampa (de tipo redox) para la precipitación y acumulación de la mineralización. Las limolitas se presentan sericitizadas y propilitizadas.

La mineralización comprende un primer evento de cuarzo, pirita, calcopirita, electrum y bismutinita, asociada a la alteración fílica (sericita, pirita y cuarzo). Posteriormente es cortada por un evento posterior de cuarzo, esfalerita y galena con alteración propilítica (carbonatos-clorita). Las leyes obtenidas dan resultados hasta de 115.66 ppm Au, 0.52 oz/t Ag, 3.03% Cu para 1.10 m de ancho real (Sanchez et al, 2014).

Mineralización disseminada:

En la parte Sur del proyecto existen brechas de cuarcita con anomalías y posibles mineralizaciones de pirita-calcopirita y óxidos de hierro con oro invisible, tal vez disseminado o como relleno de fracturas en la cuarcita. En general, estas estructuras tienen un rumbo promedio S20°E a S10°E, con potencias hasta de 25 m (veta Mylene). Existe otra orientación, N45°E a N85°E que se observa como brechas con mineralización disseminada (Crestón Silíceo).

Los muestreos de superficie, tipo “rock chip”, reportaron valores hasta 1.00 g/t Au. Asimismo, se realizaron dos sondajes de perforación diamantina que dieron leyes hasta de 0.402 ppm Au para 15.05 m. y 0.150 ppm Au para 18 m. de ancho (Sanchez et al, 2014).

Recursos minerales

Aun no se han realizado cálculo de reservas ya que es un proyecto nuevo y se encuentra en etapa de exploración avanzada.

Tumipampa muestra un potencial probado para un depósito de vetas-mantos y/o skarn-diseminado de Au-Cu-Ag. Las perforaciones han reportado hasta 115.66 ppm Au, 0.52 oz/t Ag, 3.03% Cu para 1.10 m de ancho real en el Manto Dorado y de hasta 0.402 ppm Au para 15.05 metros en las brechas (Sanchez et al, 2014).

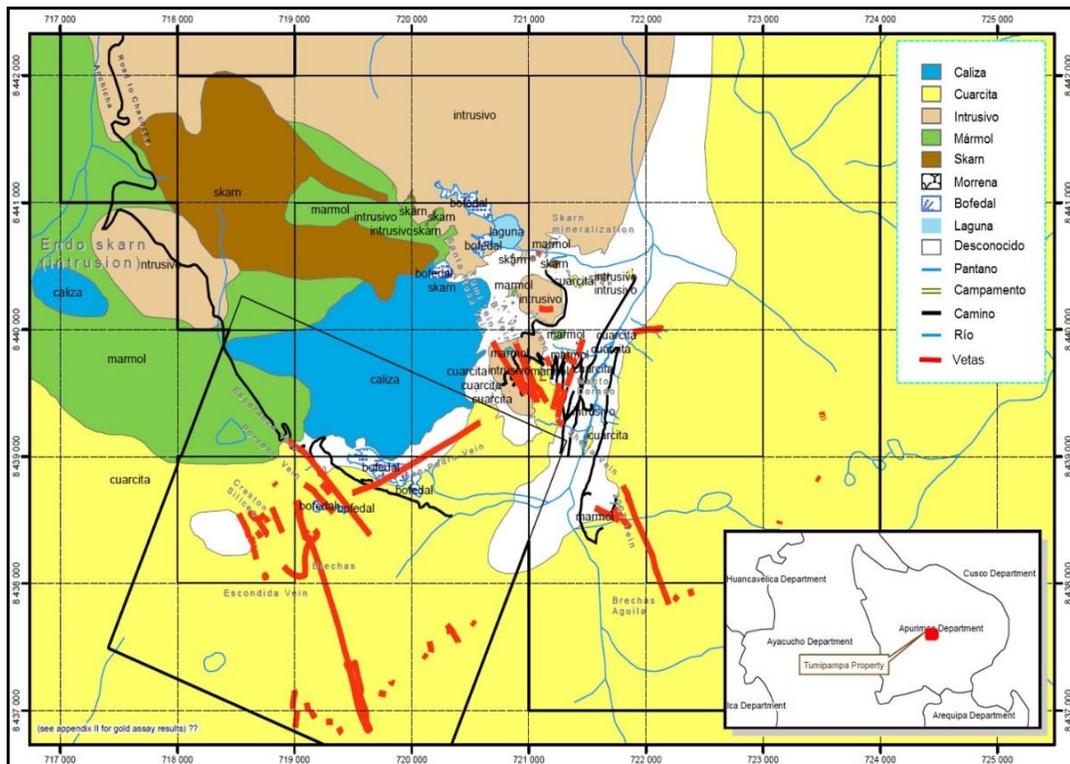


Fig. 2.4. Mapa geológico del proyecto Tumipampa. Datum PSAD-56 (tomado de Dynacor Gold Mines Inc, 2010)

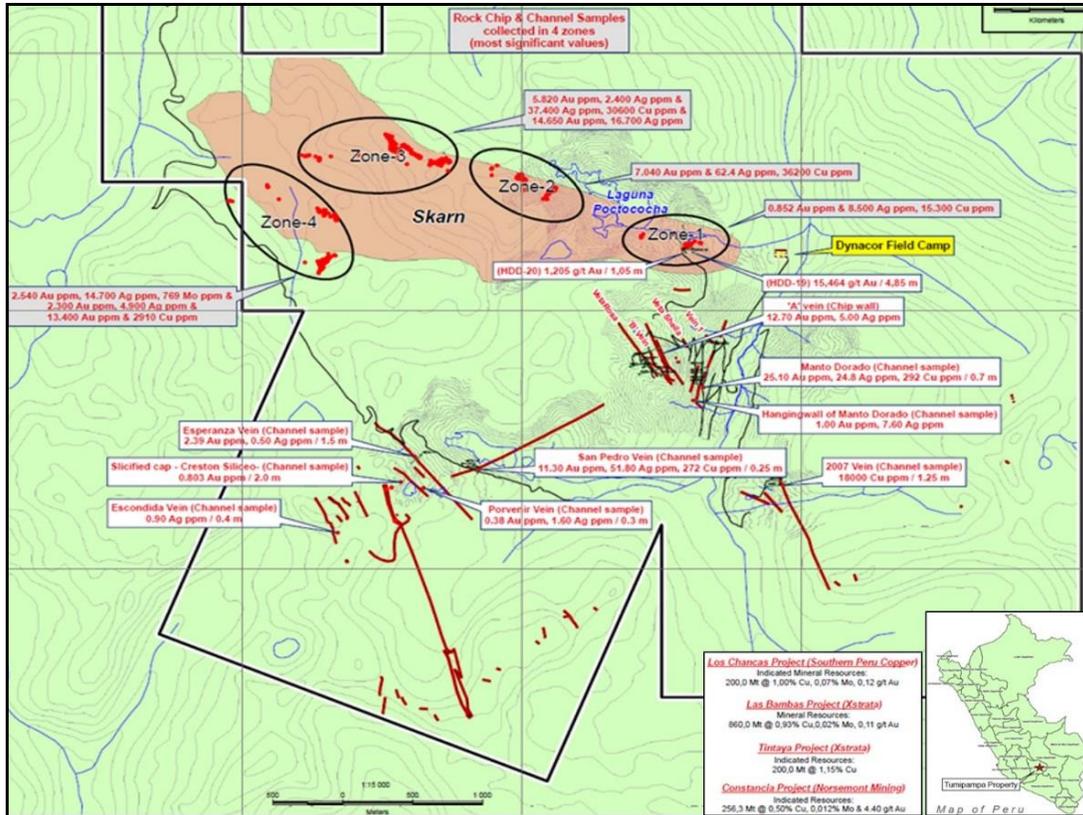


Fig. 2.5. Mapa de mineralización y reportes analíticos del proyecto Tumipampa y comparación con otros proyectos mineros (tomado de Dynacor Gold Mines Inc, 2010)

III. GEOLOGÍA LOCAL

3.1. Litología

En el área del ANAP Huyahuya afloran rocas intrusivas y se caracterizan por presentar cuatro facies, las cuales han sido definidas mediante estudios de petrografía como:

1. Monzogranito
2. Pórfido Monzodiorita
3. Pórfido Dacítico
4. Pórfido Tonalítico

También se reconocen diques/vetillas de composición aplítica que cortan a los eventos intrusivos así como evidencias de xenolitos en estas rocas intrusivas. Posteriormente a estas intrusiones se habría emplazado dos cuerpos de brechas intrusivas en las que se puede observar clastos de granodiorita y pórfido dacítico.

3.1.1. Monzogranito

Estas facies de rocas intrusivas son de textura granular alotriomórfica. Es una roca leucócrata compuesta principalmente por cuarzo, feldespatos potásicos y plagioclasas (Fig. 3.1). El cuarzo tiene una concentración mayor a 30% y se representa en cristales anhedral y formando texturas de intercrecimiento junto con los feldespatos potásicos y plagioclasas (Fig. 3.2). Los feldespatos están entre 20 y 30 % y se presentan como cristales anhedral y alterados a arcillas. Las plagioclasas se presentan como cristales subhedral y maclados, algunas plagioclasas ocurren alteradas a sericita y arcillas.

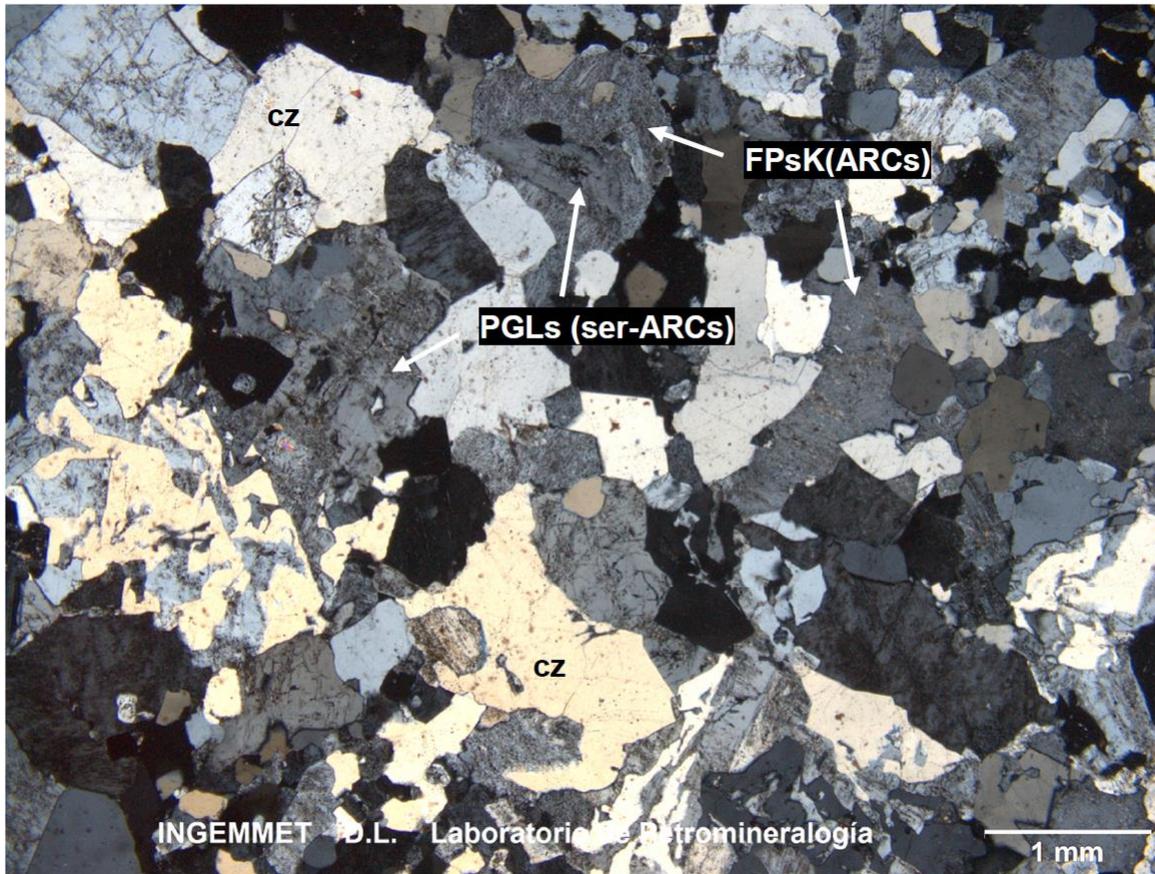


Fig. 3.1. Cristales anhedral y subhedral de plagioclasas alteradas por sericita y arcillas: PGLs (ser-ARCs), feldespatos potásicos alterados a arcillas: FPsK (ARCs) y cristales anhedral de cuarzo: cz, por sectores se encuentra formando textura simplectítica con feldespatos

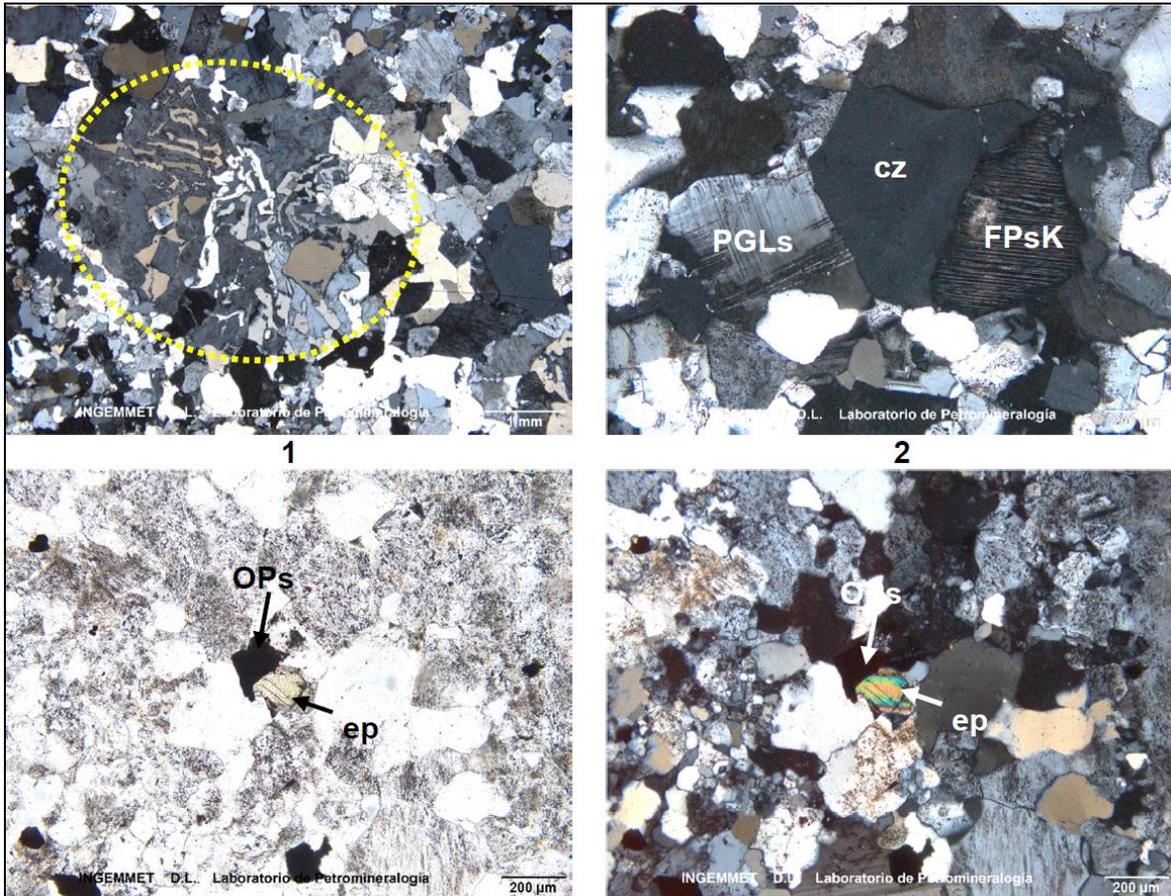


Fig. 3.2.- 1. Presencia de textura de intercrecimiento simplectítica entre cuarzo con feldspatos. 2. Cristales de plagioclasas macladas: PGLs, cuarzo: cz y feldspatos potásicos: FPsK exhibiendo textura peritítica. 3. y 4. Cristales anhedrales de epidota: ep como relleno de intersticios asociada a minerales opacos: OPs.

3.1.2. Pórfido Monzodiorita

Esta facie aflora en el extremo Sur del ANAP Huyahuya y corresponde a una roca ígnea hipabisal de color gris verdoso de textura porfírica. Está conformada por fenocristales de plagioclasa (38%) y cuarzo (8%) principalmente, así como minerales accesorios conformados por anfíboles y biotita. En esta roca es característico encontrar sulfuros diseminados de pirita (Fig. 3.3) que posiblemente sea aurífera. La matriz está compuesta por feldspatos potásicos (19%), plagioclasas (6%) y cuarzo (1%). Esta roca se encuentra alterada a clorita, epidota, óxidos de hierro, sericita y arcillas. La clorita se presenta en agregados microfibrosos los cuales se encuentran como alteración de las plagioclasas. La epidota es de forma anedral y es producto de la alteración de plagioclasas, biotita y anfíboles. La sericita se representa como agregados microescamosos, producto de la alteración de plagioclasas y feldspatos potásicos. Los óxidos de hierro son agregados irregulares que alteran a los minerales opacos (pirita) y biotitas.

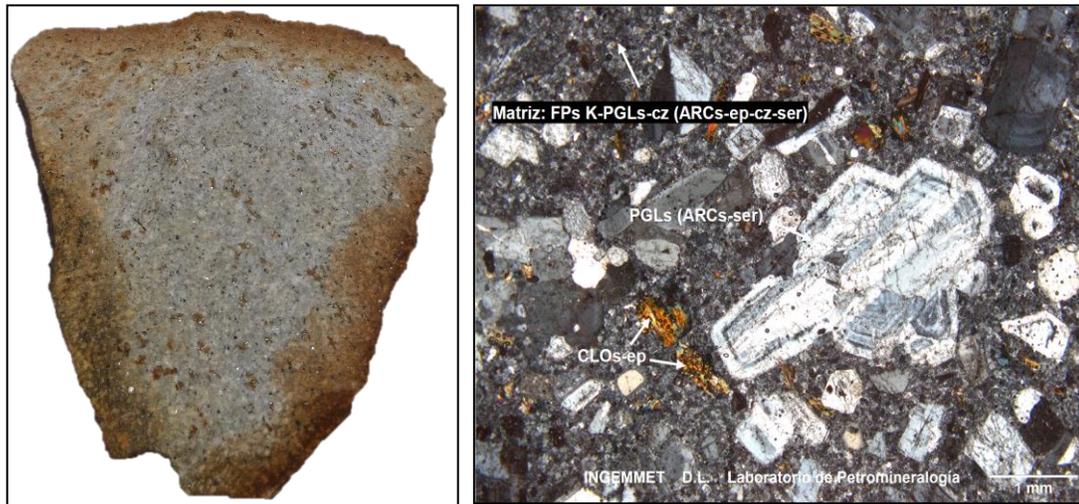


Fig. 3.3.- *Izquierda*, pórfido monzodiorita con sulfuros diseminados de pirita, y presencia de biotita y anfíboles. *Derecha*, Cristales de plagioclasas (PGLs) alterados a arcillas y sericita (ARCs-ser) y moldes de ferromagnesianos reemplazados por cloritas y epidota (CLOs-ep), en una matriz compuesta por feldespatos potásicos, plagioclasas y cuarzo siendo alterados por arcillas, epidota, sericita y reemplazados por cuarzo secundario: FPs K-PGLs-cz (ARCs-ep-cz-ser).

3.1.3. Pórfido Dacítico

Corresponde a una roca subvolcánica de textura porfírica (Fig. 3.4) de color gris claro, presenta fenocristales de plagioclasa (27% y cuarzo (18%), y moldes de ferromagnesianos reemplazados por óxidos de hierro y carbonatos. La matriz esta compuesta por microcristales de cuarzo y plagioclasa. Los carbonatos se presentan como agregados irregulares producto de alteración de las plagioclasas y como reemplazamiento de esfena y ferromagnesianos, asimismo, se presenta como parches reemplazando a la matriz y como relleno de microfracturas con espesor de 0.25mm junto con el cuarzo. Los minerales de alteración, presentes en esta facie ígnea, son sericita y clorita. La sericita se presenta en formas de agregados microescamosos, producto de la alteración de plagioclasas. La clorita se presenta com agregados fibrosos, la cual se encuentra reemplazando a los moldes de ferromagnesianos.

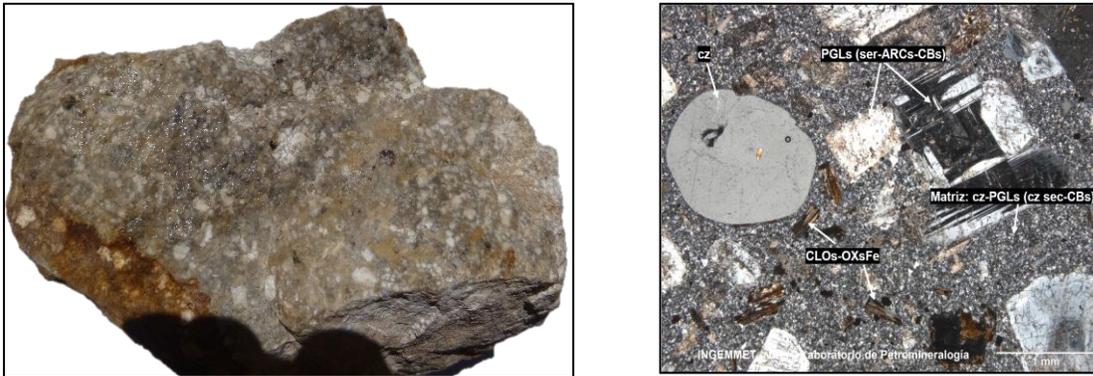


Fig. 3.4.- Izquierda: Dacita porfírica con fenocristales de plagioclasa y cuarzo. Derecha: Cuarzo, y plagioclasas alterados por sericita, arcillas y carbonatos: PGLs (ser-ARCs-CBs). Moldes de ferromagnesianos reemplazados por cloritas y óxidos de hierro: CLOs-OXsFe, en una matriz constituida por microcristales de cuarzo y plagioclasas, reemplazados por cuarzo secundario y carbonatos: cz-PGLs (cz sec-CBs).

3.1.4. Pórfido Tonalita

Esta facie intrusiva aflora en los alrededores del poblado de Pararani, y corresponde a un intrusivo de color gris claro de textura porfírica. Esta constituido por plagioclasas, cuarzo, anfíboles y biotitas en una matriz microcristalina, la misma que se encuentra alterada por cloritas, arcillas, carbonatos, epidota, sericita y oxidos de hierro (Fig.3.5).

3.2. Alteración

En el ANAP Huyahuya no se observan zonas de alteración extensas. Sin embargo, en algunos sectores se ha reconocido argilización, sericitización y silicificación como alteraciones principales. Asimismo los estudios petrográficos han identificado asociaciones mineralógicas de cuarzo-sericita (Fig. 3.5).

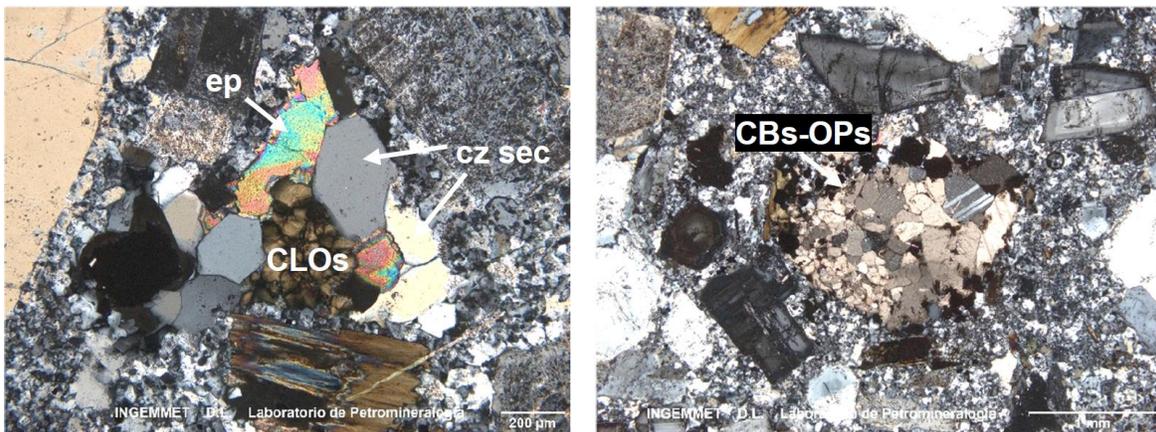


Fig. 3.5. Izquierda: Agregados de cristales de cuarzo secundario (cz sec), agregados de cloritas (CLOs) y epidota (ep). Derecha: Agregados de carbonatos con minerales opacos: CBs-OPs.

3.3. Mineralización

3.3.1. Sector Norte

En el sector Norte se ha identificado mineralización en vetas, venillas y diseminada en los intrusivos. La mineralización probablemente está relacionada con pulsos subvolcánicos de composición dacítica que afloran en la zona de Itahui y cortan a los intrusivos dioríticos y monzoníticos. Asimismo, se ha registrado una brecha con relleno hidrotermal y clastos totalmente argilizados.

3.3.1.1. Vetas

Se han identificado algunas estructuras mineralizadas, principalmente de cuarzo con óxidos de hierro y sulfuros, vetas de cuarzo-galena, cuarzo-especularita y unas estructuras con halo silíceo y sulfuros lixiviados, las cuales se muestran en la Fig 3.6. Estas estructuras tienen una dirección principal de Norte -Sur, a excepción de las vetas de galena que se representan con dirección Este – Oeste.



Fig. 3.6.- (a) Estructura de cuarzo-óxidos de hierro y sulfuros de dirección Norte -Sur. (b) Veta de cuarzo-especularita. (c) y (d) Veta de cuarzo – calcita galena y detalle de la mineralización de plomo.

3.3.1.2. Venillas

En el sector Norte cerca de las lagunas Itahui, se ha indentificado mineralización de sulfuros en venillas. Los sulfuros son principalmente de pirita y en menor cantidad calcopirita (Fig. 3.7). Esta mineralización es intensa y esta asociada a intrusivos de composición monzonítica, cuyos estudios de petrografía los clasifican como monzogranito.



Fig. 3.7.- Venilla de sulfuros (Calcopirita y pirita) que cortan monzonita. Se observan algunos sulfuros oxidados y/o lixiviados.

3.3.2. Sector Sur

Corresponde a los poblados de Parcco y Pararani donde la mineralización se manifiesta diseminada, en vetas y en venillas. Existen vetas de cuarzo-sulfuros, venillas de cuarzo y de sulfuros. Frente al poblado de Parcco existe una labor minera antigua que corresponde a una veta de cuarzo con mineralización de cobre relacionada a un intrusivo subvolcánico de composición dacítica y textura porfírica (Ver anexo de Petrografía III).

3.3.2.1. Vetas

Las vetas en este sector del ANAP Huyahuya corresponden a estructuras de cuarzo-sulfuros. Una de las principales se ubica en el anexo de Pararani y consiste de cuarzo-sulfuros y óxidos de hierro (Fig. 3.8). Los sulfuros son principalmente pirita y calcopirita; y según los estudios minerográficos, estos sulfuros son reemplazados por covelita y calcosina (Fig.3.9).



Fig. 3.8.- Estructura de cuarzo sulfuros en caja de monzo-diorita.

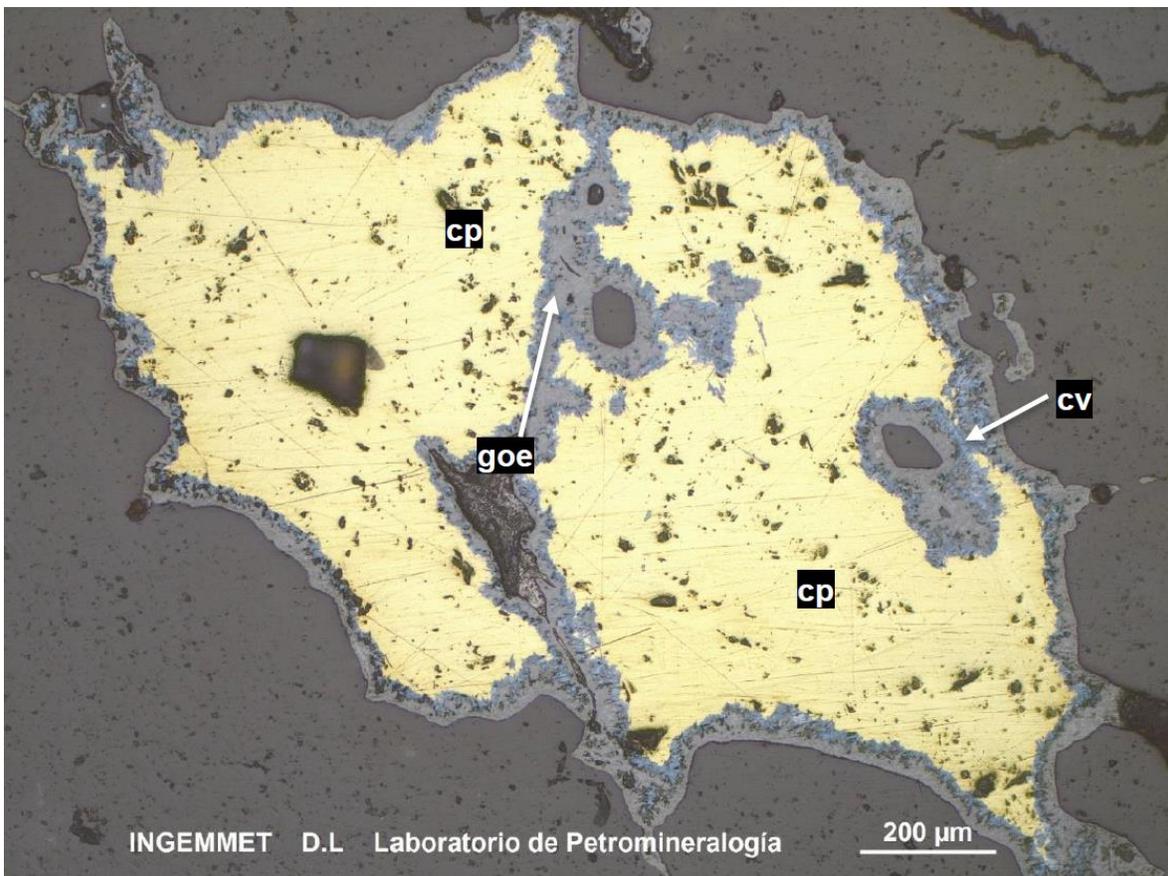


Fig. 3.9.- Fotomicrografía: Reemplazamiento de calcopirita por covelita y gohetita

En la margen izquierda del río que cruza el poblado de Parcco, se ha identificado labores mineras abandonadas, en las cuales se ha reconocido mineralización de sulfuros de cobre (calcopirita). Asimismo, en el poblado de Pararani, algunas estructuras de falla se encuentran rellenos de pirita y calcopirita.

3.4. Tipo de depósito

Por las evidencias geoquímicas, el contexto geológico y metalogenético, la mineralización en el ANAP Huyahuya, posiblemente esté relacionada a un depósito del tipo pórfido de cobre. Sin embargo, como se muestra en el capítulo de geofísica, este depósito se encuentra con un alto nivel de erosión.

IV. MARCO ESTRUCTURAL

4.1. Sistemas estructurales

Estructuralmente el área donde se encuentra el ANAP está controlada por sistemas de fallas y lineamientos mayores con rumbos NO-SE (coincidente con el rumbo andino) y por lineamientos/fallas menores con rumbos NE-SO, N-S y E-O. Afectan por lo general a rocas intrusivas que afloran en el área, lo cual se puede verificar con la interpretación de fotografías aéreas, imágenes Aster y google earth, sobre todo con la cartografía geológica realizada como parte de la evaluación geológica minera del área local (Fig. 4.1).

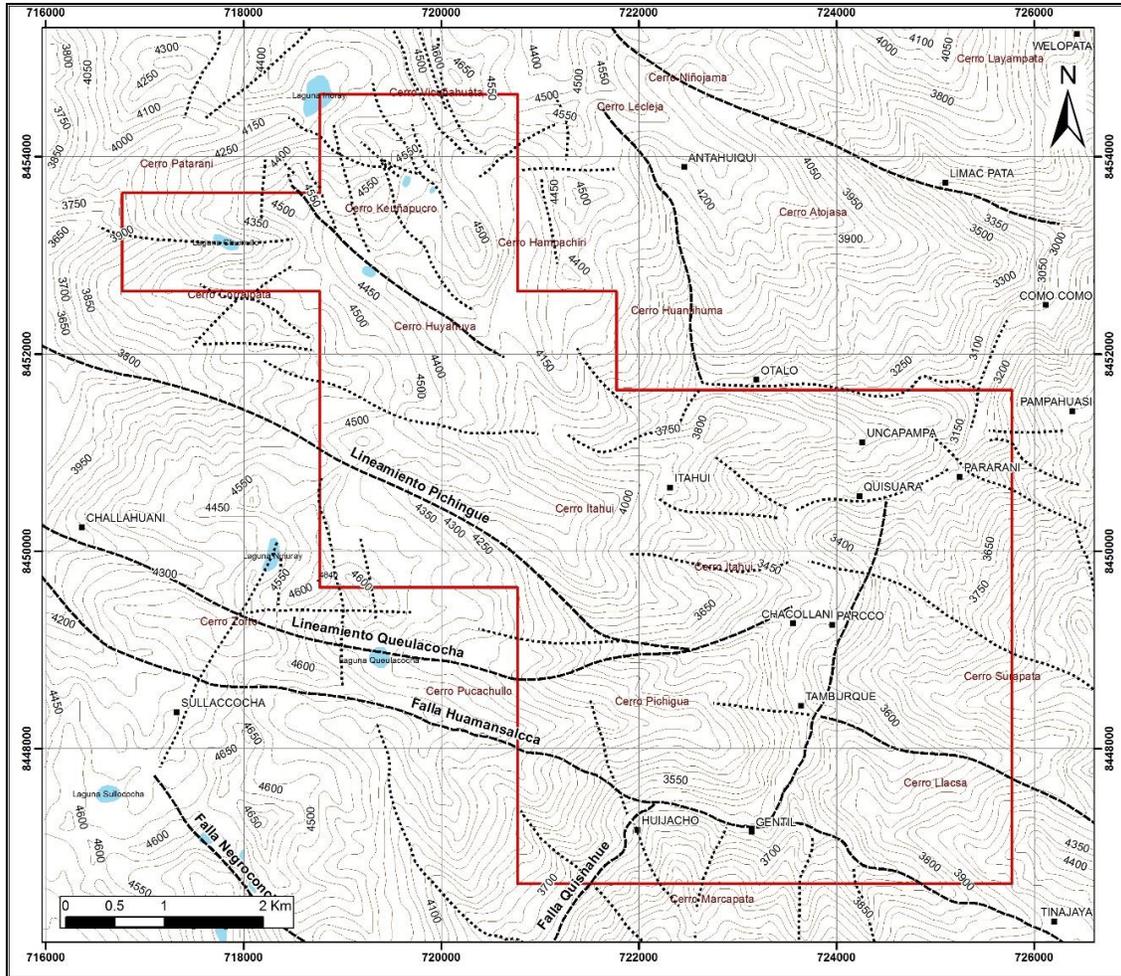


Fig 4.1. Mapa estructural local del ANAP Huyahuya.

4.1.1. Fallas locales

Falla Huamansalcca. Esta estructura ha sido definida en el ANAP Antabamba Bloque 2, y se extiende hacia el ANAP Huyahuya. Se hace evidente por su gran notoriedad en las imágenes Aster y de google earth que cruza el ANAP en el sector sur, a la altura de centro poblado de Parcco. Afecta a la granodiorita/cuarzo monzonita y tiene un rumbo general NO-SE de dirección S55°E, que coincide con el rumbo andino. Además tiene una extensión de 15 Km de longitud aproximadamente, que se extendería hacia el proyecto La Yegua (pórfido Cu-Mo-Au). Se asume que es el principal sistema y con mayor desarrollo en el área, ya que gran parte del ANAP es afectada por lineamientos del mismo rumbo.

V. ESTUDIOS ESPECIALES

Para una mejor interpretación del marco geológico y alteraciones hidrotermales, se han realizado diferentes estudios mineralógicos complementarios de petrografía, mineragrafía de 39 muestras.

5.1. Estudio petrográfico

Para el ANAP Huyahuya se realizaron 37 estudios de sección delgada, con el objetivo de caracterizar las rocas intrusivas emplazadas en el área como diorita, cuarzo diorita, cuarzo monzodiorita, granodiorita, cuarzo monzonita y diques hipoabisales. Asimismo, estas unidades intrusivas presentan importantes alteraciones hidrotermales reconocidas en el campo y confirmadas con estos estudios. De esta manera se estudio su intensidad y los tipos de alteración conocidos como: propilítica, sericitización, argílica, silicificación, puntualmente albitización y potásica (Ver anexo III)

5.2. Estudio minerográfico

En ese contexto, en el ANAP se realizaron 8 estudios de sección pulida con el objetivo de identificar minerales metálicos o no transparentes, sus rasgos morfológicos, tamaños, su modo de ocurrencia, asociaciones entre ellos, reemplazamientos, texturas y porcentajes, seguido de la secuencia de formación probable de los mismos. En estos estudios se han identificado minerales como Magnetita, ilmenita, pirita, molibdenita, calcopirita, hematita, goethita, rutilo. La paragensis de esos se pueden ver en el anexo III.

VI. PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

Como parte de los trabajos de evaluación geológica minera del ANAP Huyahuya, durante el año 2016, se han analizado geoquímicamente 282 muestras, distribuidas de la siguiente manera: 11 muestras de sedimentos de quebrada, 243 muestras de rocas-menas y 28 muestras de control analítico (blancos, estándares y duplicados de campo). Las características de éstas, así como los resultados analíticos se adjuntan en los Anexos I y II.

El total de muestras fueron preparadas y analizadas en el Laboratorio de SGS Perú. Para el caso de las rocas y menas, se empleó el análisis de ensayo al fuego de 50 gramos para el Au y el análisis ICP-MS de digestión multiácida de 50 elementos; mientras que para las muestras de sedimentos se emplearon el análisis multielemental por ICP-MS, de digestión de agua regia de 52 elementos, así como el ensayo al fuego de 50 gramos. Los límites de detección para cada elemento se muestran en la tabla 6.1 y los reportes analíticos en el Anexo II.2.

Tabla 6.1. Límites de detección mínimos y máximos de análisis geoquímicos en el Laboratorio SGS.

Elemento	Lím. Det. Mínima	Lím. Det. Máxima
Au	5 ppb	5 ppm
Al	0.01%	15%
B	5 ppm	1%
Ba	5 ppm	1%
Ca	0.01%	15%
Cr	1 ppm	1%
Cu	0.5 ppm	1%
Fe	0.01%	15%
K	0.01%	15%
Li	1 ppm	5%
Mg	0.01%	15%
Mn	5 ppm	1%
Na	0.01%	15%
P	50 ppm	1%
S	0.01%	5%
Sr	0.5 ppm	1%
Ti	0.01%	15%
V	1 ppm	1%
Zn	1 ppm	1%
Zr	0.5 ppm	1%
Ag	0.02 ppm	10 ppm
As	1 ppm	1%
Be	0.1 ppm	100 ppm
Bi	0.04 ppm	1%
Cd	0.02 ppm	1%
Ce	0.05 ppm	0.10%

Elemento	Lím. Det. Mínima	Lím. Det. Máxima
Co	0.1 ppm	1%
Cs	0.05 ppm	0.10%
Ga	0.1 ppm	500 ppm
Ge	0.1 ppm	1%
Hf	0.02 ppm	500 ppm
Hg	0.01 ppm	1%
In	0.02 ppm	500 ppm
La	0.1 ppm	1%
Lu	0.01 ppm	0.10%
Mo	0.05 ppm	1%
Nb	0.1 ppm	0.10%
Ni	0.5 ppm	1%
Pb	0.5 ppm	1%
Rb	0.2 ppm	1%
Sb	0.05 ppm	1%
Sc	0.1 ppm	1%
Se	2 ppm	0.10%
Sn	3 ppm	0.10%
Ta	0.05 ppm	1%
Tb	0.05 ppm	1%
Te	0.05 ppm	500 ppm
Th	0.2 ppm	1%
U	0.1 ppm	1%
W	0.1 ppm	1%
Y	0.1 ppm	1%
Yb	0.1 ppm	1%

Para los trabajos de muestreo de sedimentos y rocas en el ANAP HUYAHUYA, se implementó un riguroso protocolo de aseguramiento y control de calidad (QA/QC), en donde 10% de muestras analizadas corresponden a muestras de control. Estas se clasifican en blancos de control, para monitorear la contaminación en las etapas de chancado y pulverización, material de estándares de (Au y metales Base) para monitorear la exactitud analítica y asimismo a duplicados de campo para monitorear la representatividad del muestreo.

Los blancos de control, finos y gruesos, corresponden a arena silícea (~0.5mm) y esquirlas de cuarzo (1" de diámetro) respectivamente, adquiridos de un proveedor local. Cabe indicar que estos blancos están certificados.

Los estándares certificados empleados en el ANAP proceden de los laboratorios GEOSTATS PTY LTD, de Australia (ver Anexo II). Los límites mínimos y máximos de tolerancia para los estándares, han sido calculados considerando el promedio certificado ± 1 desviación estándar (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Resumen de valores certificados de los estándares.

	Elemento	Promedio	Desviación Estándar	Límite Mínimo (*)	Límite Máximo(**)
Au bajo GLG 307-4	Au (ppb)	51.80	3.88	47.92	55.68
Cu medio GBM900-2	Cu (ppm)	859.00	41.00	818.00	900.00
Cu medio GBM305-3	Cu (ppm)	451.00	21.00	430.00	472.00
Cu alto GBM313-7	Cu (ppm)	2976.00	81.00	2895.00	3057.00
Cu medio GBM313-4	Cu (ppm)	342.00	9.00	333.00	351.00
Au medio G913-9	Au (ppm)	4.91	0.17	4.74	5.08
Au medio G313-3	Au (ppm)	0.51	0.03	0.48	0.54
Cu Bajo GBM311 – 9	Cu (ppm)	124.00	10.00	114.00	134.00
Cu Alto GBM913 – 9	Cu (ppm)	4542.00	132.00	4410.00	4674.00

* Promedio – Desviación estándar

**Promedio + Desviación estándar

Los duplicados de campo, recolectados para las muestras de rocas, corresponden a la mitad del material recolectado de la roca. Lo empleamos para monitorear la reproducibilidad analítica del laboratorio SGS Perú.

La evaluación de los duplicados ha sido efectuada en base al valor absoluto de la diferencia porcentual relativa (RPD), definida por la fórmula:

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

Dónde:

 \bar{x} = (Valor original + Valor duplicado)/2 x_1 = Valor original

La metodología empleada para el análisis de resultados se inicia con la elaboración de histogramas a fin de evaluar la distribución y contraste de resultados analíticos por cada elemento, derivando en la identificación de elementos con concentraciones anómalas en el ANAP Huyahuya.

El cálculo de los valores de fondo o “background” y de umbral o “threshold” partió del ajuste de los resultados a distribuciones normales o de log-normales dependiendo de cada caso. El background corresponde a la media de la población normalizada para cada elemento, redondeados a un valor entero próximo para facilitar la manipulación y presentación de datos.

El threshold empleado corresponde a la media \pm 2 veces la desviación estándar por elemento, redondeados a un valor entero próximo para facilitar la manipulación y presentación de datos.

Los rangos de anomalías geoquímicas han sido definidos en base a la segmentación natural que describen los resultados analíticos, empleando el total de resultados para cada elemento.

6.1. Prospección geoquímica de rocas

Durante los trabajos de evaluación geológica en el ANAP Huyahuya se han recolectado un total de 243 muestras de rocas y menas cuya distribución se muestra en la Figura 6.22. La descripción y características de estas muestras; así como, los resultados analíticos se presentan en los Anexos II.1 y II.2.

Los resultados geoquímicos, registran valores anómalos de cobre y molibdeno, los cuales estaban asociados a pequeñas estructuras de cuarzo-sulfuros y especlarita-cuarzo.

Valores de oro registrados mayores 200 ppb son muy puntuales y corresponde a estructuras de cuarzo-sulfuros y a un cuerpo pequeño de monzonita.

Como resultado del análisis multielemental de las 243 muestras de roca se han obtenido los siguientes parámetros estadísticos:

Parametro estadístico	Oro (ppb)	Plata (ppm)	Cobre (ppm)	Molibdeno (ppm)	Plomo (ppm)	Zinc (ppm)
Background	5.2	0.06	27	3.17	14	40
Desviación estandar	1	0.56	46	2.99	4	10
Threshold	8.9	1.12	120	9	23	61
Valor mínimo	5	0.02	3.3	0.97	4.3	5.7
Valor Máximo	230	10	10000	774	364	122

6.1.1. Recolección de muestras y método de muestreo y enfoque

Las muestras recolectadas corresponden a esquirlas de roca dentro de un radio promedio de 5 m por punto de muestreo. Con respecto a muestras de vetas, se recolectaron perpendicularmente a la estructura. El material acumulado fue de ~3 kg. Estas muestras han sido tomadas en zonas donde existen ocurrencias minerales, alteración hidrotermal y fracturamiento muy fuerte.

6.1.2. Aseguramiento y control de calidad

Adicional a las 243 muestras de rocas recolectadas en campo, se incluyeron 28 muestras de control analítico consistentes en 10 blancos, 9 estándares y 9 duplicados. El detalle de éstos se muestra en la tabla 6.6 y una copia de los certificados de los estándares en el Anexo III.

Tabla 6.6. Distribución de muestras de control en los reportes analíticos.

N° Reporte Analítico	Total Muestras	Muestras Roca	Muestras Control	Tipo Control	Detalle	N°	Total
GQ1601788	81	73	8	Blancos	Arena sílicea (~0.5mm)	3	3
				Estándares	SRM Au bajo GLG307-4	1	1
					SRM Cu medio GBM900-2	1	1
					SRM Cu bajo GBM305-3	1	1
Duplicados	Campo	2	2				
GQ1602740	121	109	12	Blancos	Arena sílicea (~0.5mm)	4	4
				Estándares	SRM Cu alto GBM313-7	1	1
					SRM Cu bajo GBM313-4	1	1
					SRM Au alto G913-9	1	1
					SRM Au bajo G313-3	1	1
Duplicados	Campo	4	4				
GQ1701077	69	62	7	Blancos	Arena sílicea (~0.5mm)	3	3
				Estándares	SRM Cu medio GBM311-9	1	1
					SRM Au bajo GBM913-9	1	1
				Duplicados	Campo	2	3
Total	271	244	27			27	27

6.1.2.1. Análisis de control de calidad en blancos finos y gruesos

Se procesaron 10 muestras de blancos finos y gruesos, que representan una tasa de inserción de 3.69%. 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 (blancos finos), tal como puede apreciar en la tabla 6.7. Las muestras se ubican por debajo del límite máximo en el caso de la Ag (Fig. 6.8). Los resultados de los elementos analizados en blancos son propios de la muestra.

Tabla 6.7. Resultados analíticos blancos finos y gruesos.

N°	Código	Tipo muestra	Au	As	Ag	Cd	Cu	Mn	Mo	Pb	Sb	Zn
			ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
1	HU-16-R-001	BLK Fino 0.5mm	< 5	< 1	0.05	0.06	7.2	46	8.55	2.5	0.54	7
2	HU-16-R-031	BLK Fino 0.5mm	< 5	< 1	0.06	0.04	0.8	< 5	< 0.05	1.2	0.06	2
3	HU-16-R-060	BLK Fino 0.5mm	< 5	1	0.03	0.06	10.9	71	9.57	2.4	0.51	8
4	HU-16-R-090	BLK Fino 0.5mm	< 5	< 1	0.05	< 0.02	1.1	< 5	< 0.05	3.5	0.09	20
5	HU-16-R-120	BLK Fino 0.5mm	< 5	1	0.04	0.09	4.3	6	0.1	6.1	0.19	12
6	HU-16-R-150	BLK Grueso 1 cm	< 5	< 1	0.02	< 0.02	1.1	< 5	0.05	3.5	0.05	22
7	HU-16-R-180	BLK Fino 0.5mm	< 5	1	0.04	0.03	1.5	5	0.07	3.1	0.12	2
8	HU-16-R-210	BLK Fino 0.5mm	< 5	< 1	0.15	< 0.02	1.6	< 5	< 0.05	2.6	0.11	4
9	HU-16-R-240	BLK Grueso 1 cm	< 5	< 1	0.03	0.04	6.2	60	3.67	2.2	0.51	4
10	HU-16-R-270	BLK Fino 0.5mm	5	< 1	0.04	0.05	7.4	70	2.91	2.4	0.44	4

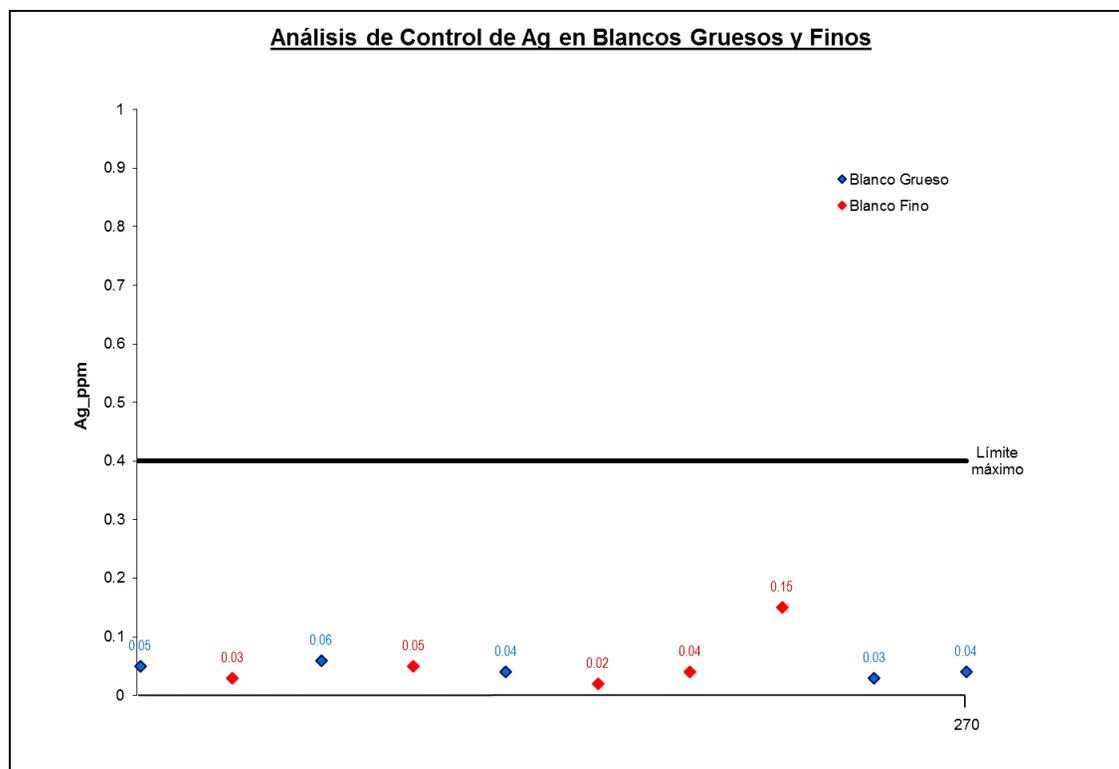


Fig. 6.8. Análisis de control de Ag en blancos.

6.1.2.2. Análisis de control de calidad para estándares

Se ha procesado en total 16 estándares con el que representa una tasa de inserción de 3.7%. Las Figuras de 6.9 al 6.17 muestran los resultados analíticos para el Au, Cu, Ag, Pb y Zn. Estos resultados se encuentran entre los límites de detección certificados para cada elemento, a excepción de 3 muestras que dan concentraciones de 1453 ppm Cu, 247.6 ppm Pb y 249 ppm Zn (Fig. 6.10, Fig. 6.15 y Fig. 6.17) que son ligeramente bajas de su límite de tolerancia inferior (1470 ppm Cu, 265 ppm Pb y 254 ppm Zn), valor que sin embargo no tiene significancia interpretativa, porque se determinó para estos elementos niveles de anomalías > 100 ppm Cu y Zn > 90 ppm.

Por consiguiente, se concluye que los niveles de exactitud analítica para el Au, Cu, Ag, Zn y Pb son aceptables, siendo confiables los resultados remitidos por el laboratorio SGS Perú para estos elementos, el cual se demuestran en las siguientes figuras.

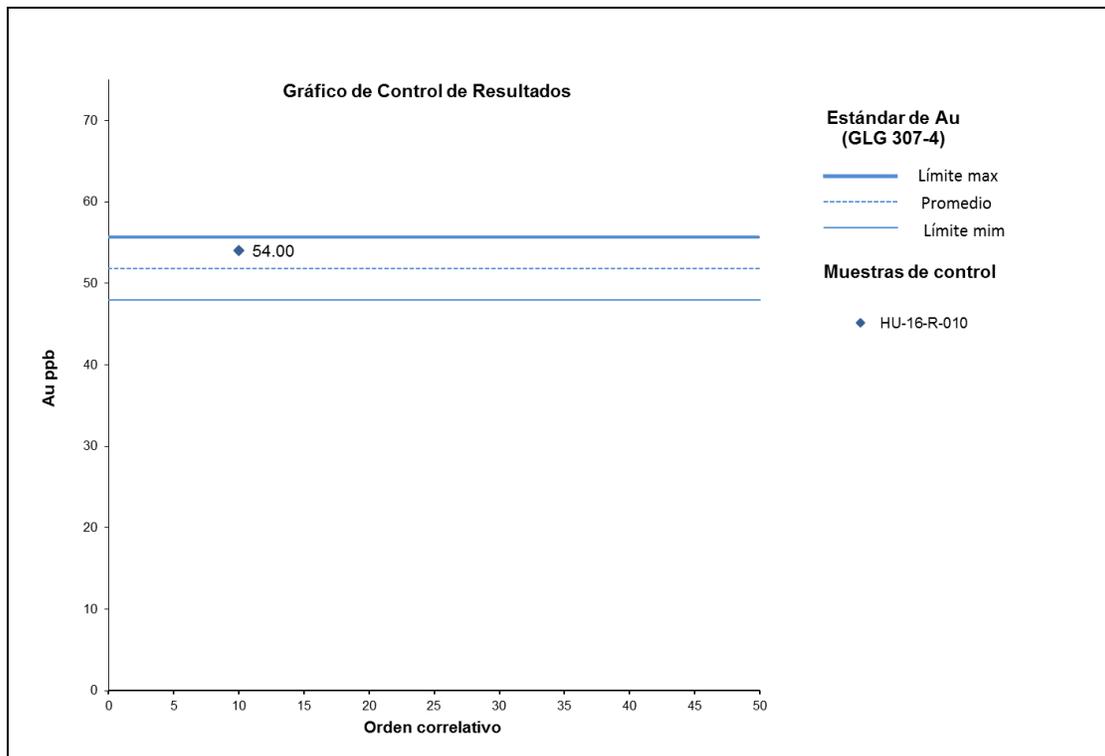


Fig. 6.9.- Estandar GLG307-4

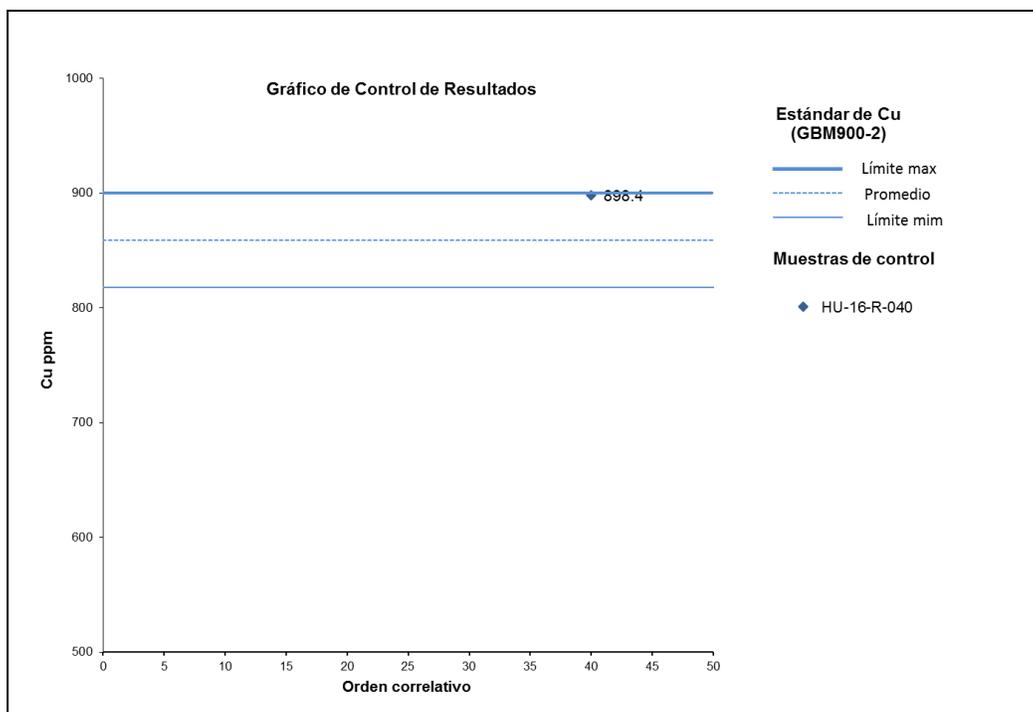


Fig. 6.10.- Estandar GBM900-2

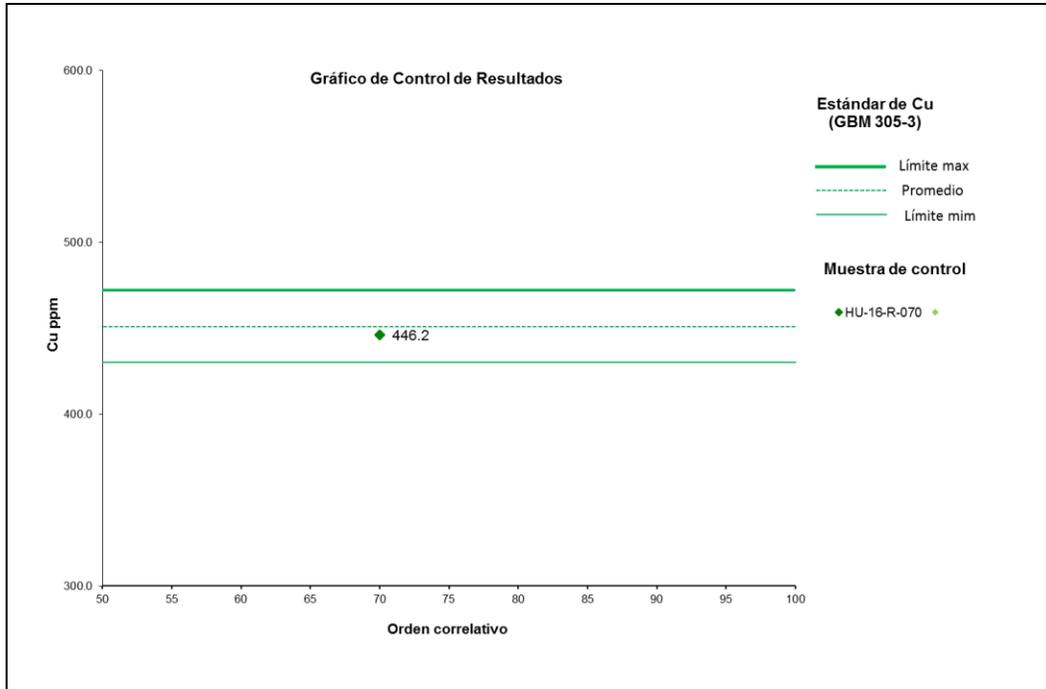


Fig. 6.11.- Estandar de Cu GBM305-3

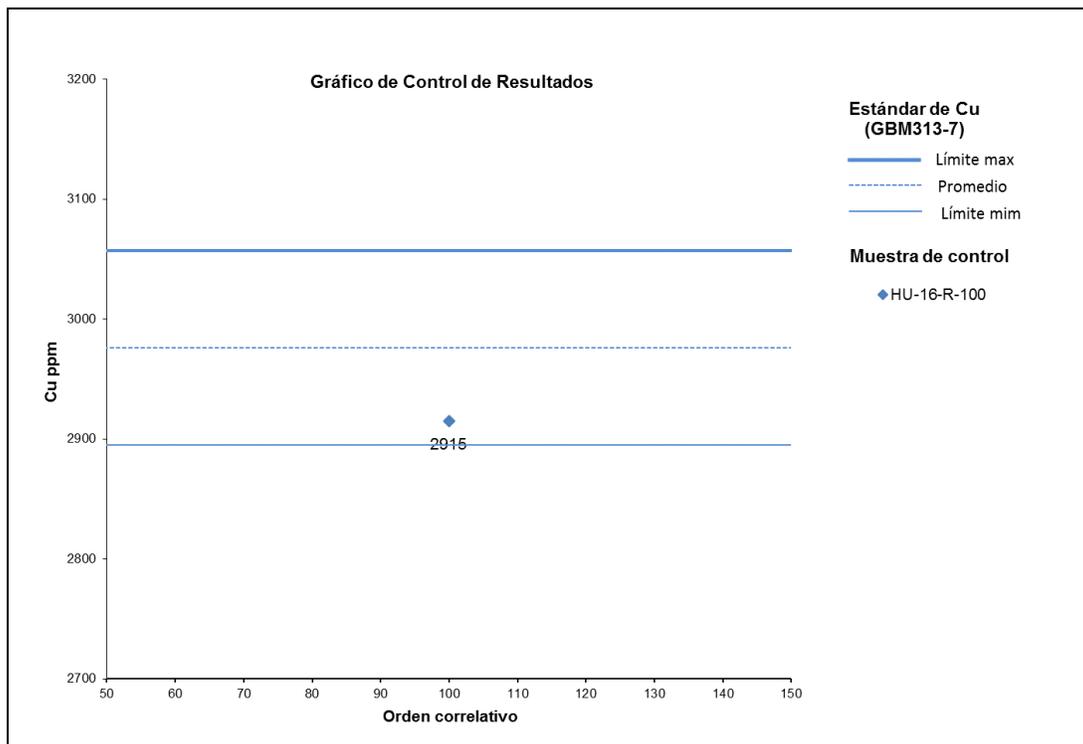


Fig. 6.12.- Estandar de Cu GBM313-7

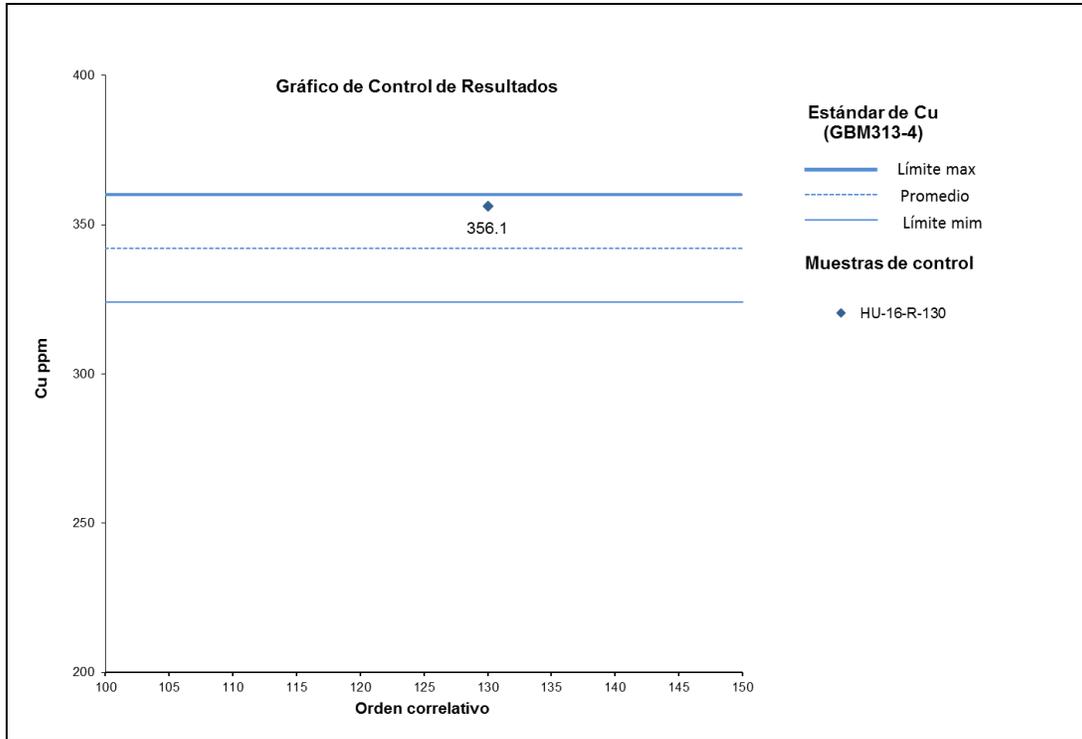


Fig. 6.13.- Estandar de Cu GBM313-4

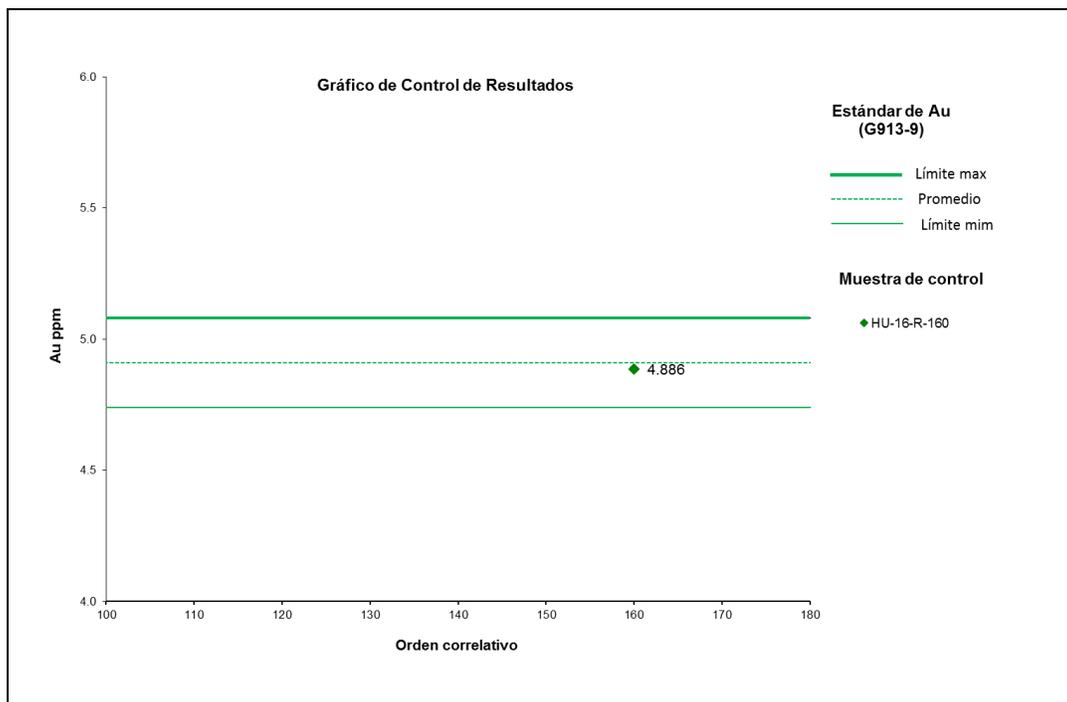


Fig. 6.13.- Estandar de Cu GBM313-4

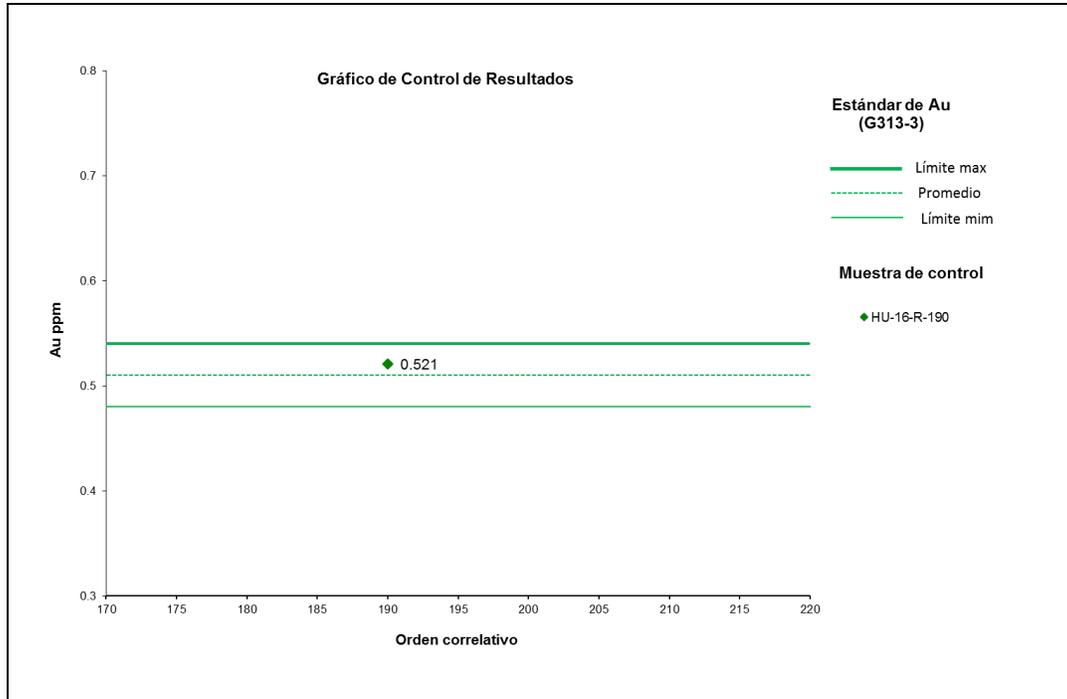


Fig. 6.15.- Estandar de Au G313-3

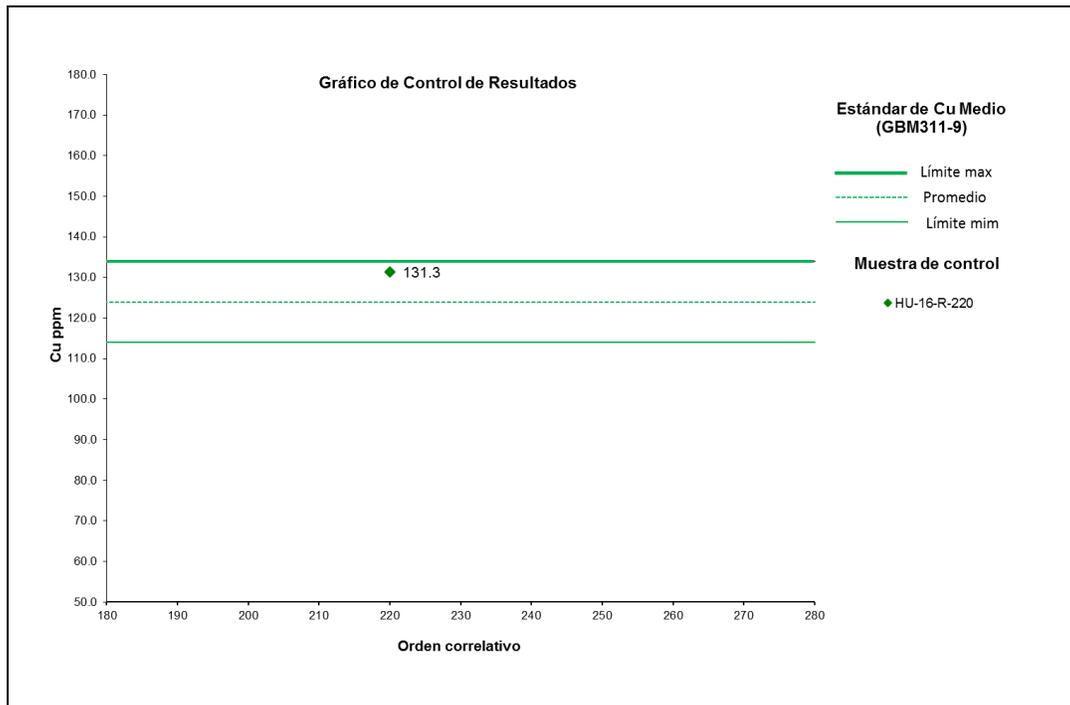


Fig. 6.16.- Estandar de Cu GBM311-9

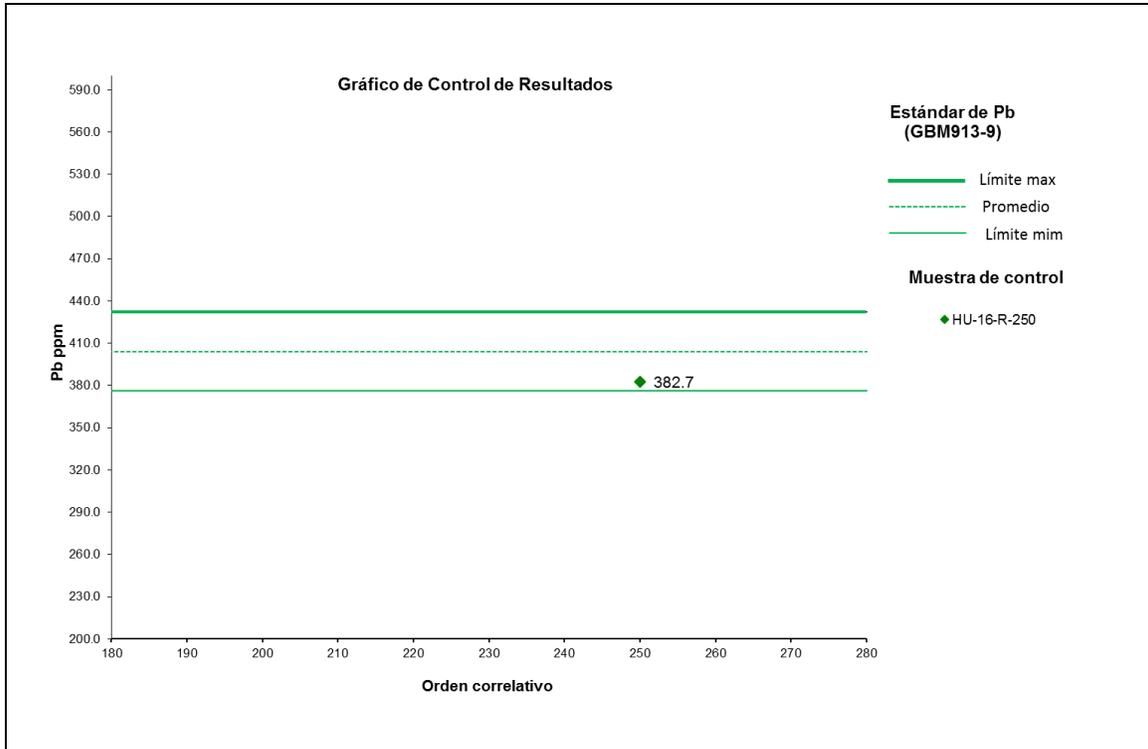


Fig. 6.17.- Estandar de Pb GBM913-9

6.1.2.3. Análisis de control de calidad para duplicados

Los resultados analíticos de las muestras originales y sus duplicados así como los valores de RPD (Diferencia Relativa Porcentual) se muestran en la tabla 6.8. Los análisis de duplicado de Au, Cu, Pb y Zn se muestran en las figuras 6.18 al 6.21.

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

Dónde:

\bar{x} = (Valor original + Valor duplicado)/2.
 x_1 = Valor original.

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

Tabla 6.8. Resultados analíticos de muestras duplicadas.

MUESTRAS	CONTROL	ZN	RPD ZN	AG	RPD AG	MO	RPD MO	PB	RPD PB
HU-16-R-019	Original	94	1.05	0.02	0.00	0.97	3.00	15.9	2.75
HU-16-R-020	Duplicado campo	96		0.02		1.03		16.8	
HU-16-R-050	Original	14	6.67	0.02	85.71	2.55	26.83	8.4	-10.53
HU-16-R-080	Duplicado campo	16		0.26		4.42		6.8	
HU-16-R-109	Original	36	4.00	0.06	-50.00	1.64	1.50	12.2	0.41
HU-16-R-110	Duplicado campo	39		0.02		1.69		12.3	
HU-16-R-139	Original	47	-3.30	0.28	48.62	27.6	40.33	17.4	-18.37
HU-16-R-140	Duplicado campo	44		0.81		64.9		12	
HU-16-R-169	Original	46	2.13	0.02	0.00	4.35	1.36	18.4	1.34
HU-16-R-170	Duplicado campo	48		0.02		4.47		18.9	
HU-16-R-199	Original	41	0.00	0.11	-15.79	3.26	4.12	14.7	4.23
HU-16-R-200	Duplicado campo	41		0.08		3.54		16	
HU-16-R-230	Original	43	-3.61	0.04	-14.29	2.00	7.19	9.6	3.52
HU-16-R-232	Duplicado campo	40		0.03		2.31		10.3	
HU-16-R-259	Original	44	3.30	0.03	-20.00	1.16	11.11	16.7	4.02
HU-16-R-260	Duplicado campo	47		0.02		1.45		18.1	

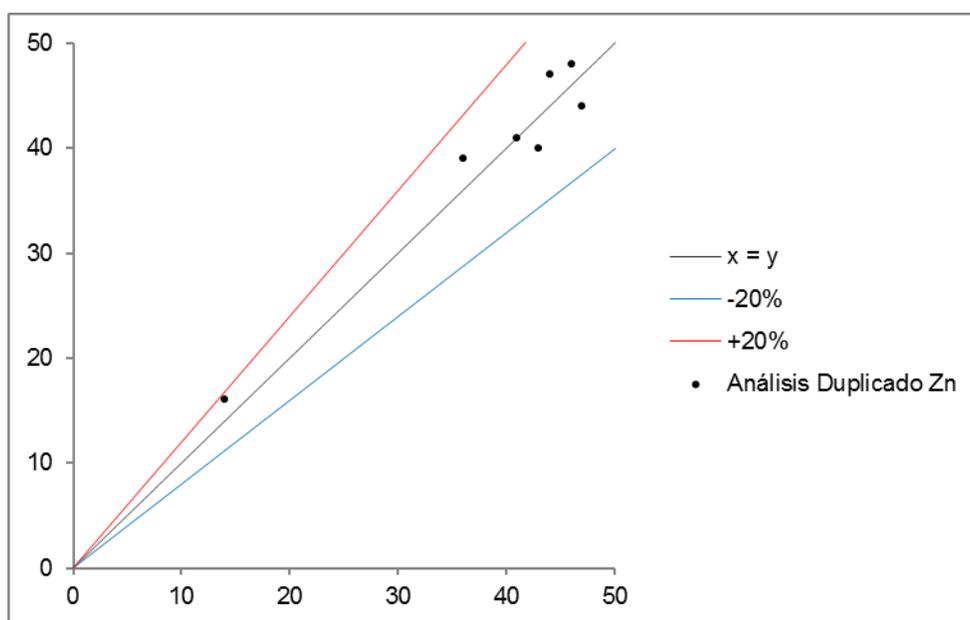


Fig. 6.18.- Análisis del duplicado de muestra para el Zn

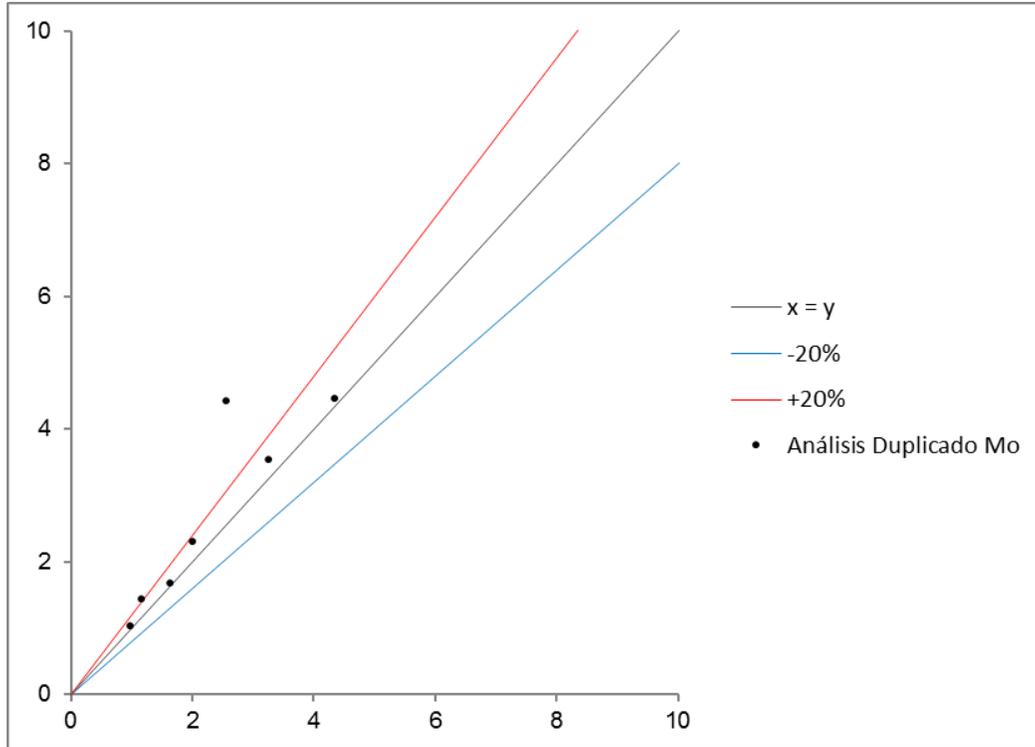


Fig. 6.19.- Análisis del duplicado de muestra para el Mo

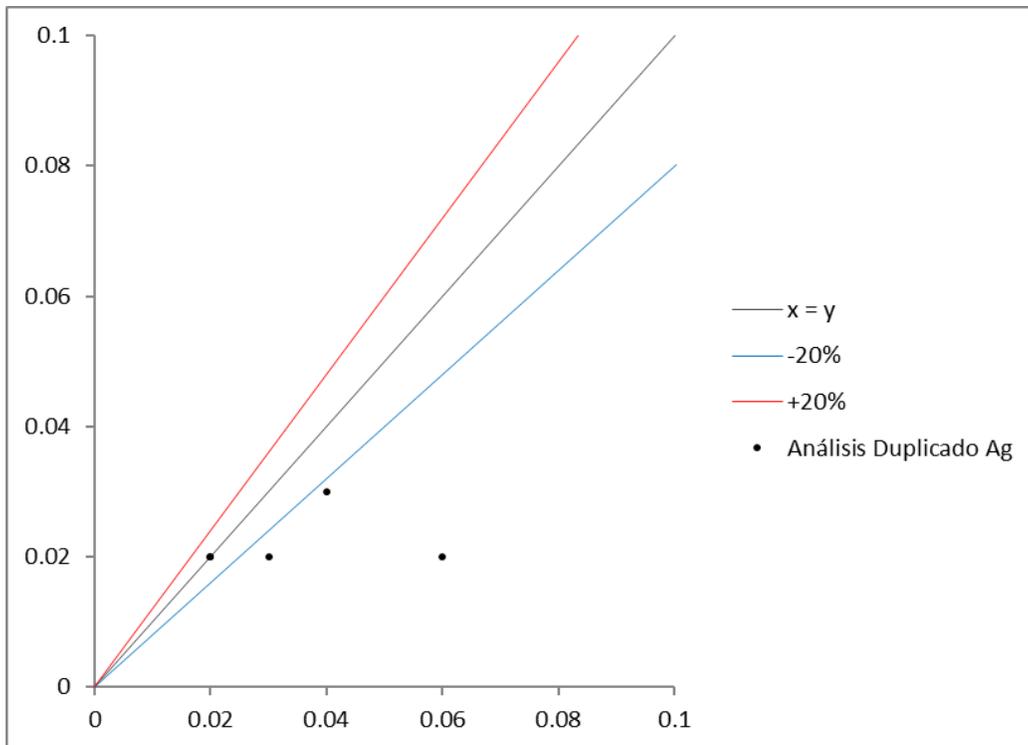


Fig. 6.20.- Análisis del duplicado de muestra para la Ag.

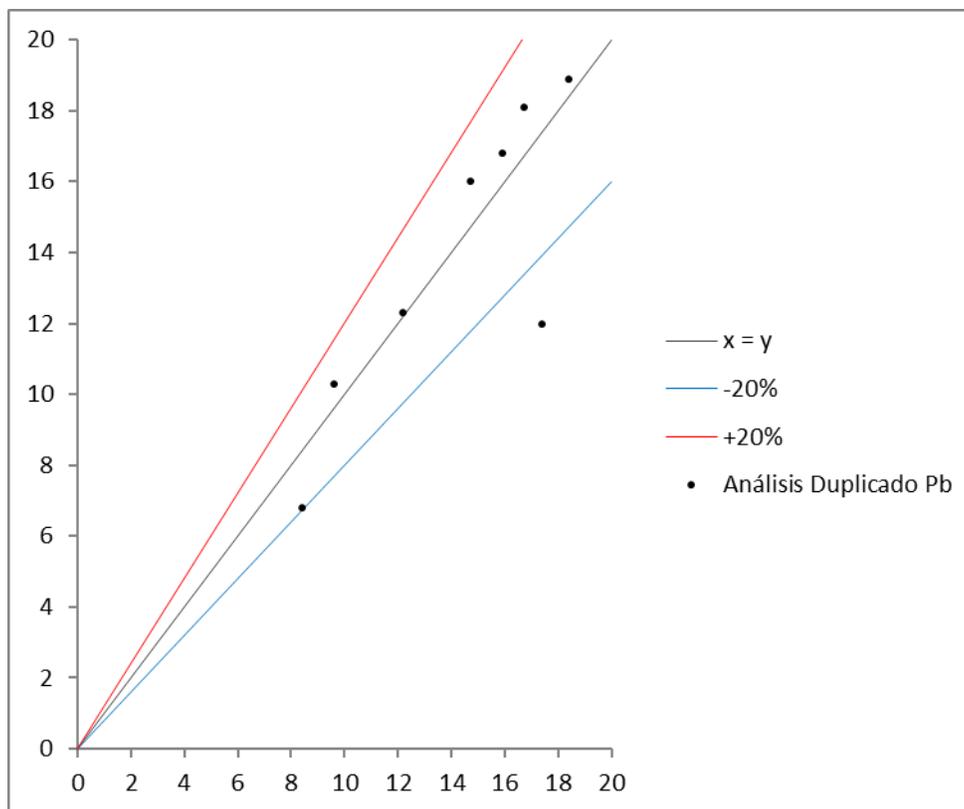


Fig. 6.21.- Análisis del duplicado de muestra para el Pb.

6.1.3. Conclusiones

Se concluye que los resultados correspondientes a los reportes analíticos de GQ1601788, GQ1602740 y GQ1701077 (271 muestras de roca, menas y de control) son confiables, con niveles de exactitud analítica aceptables y carentes de contaminación y pueden ser utilizadas para fines de procesamiento estadístico.

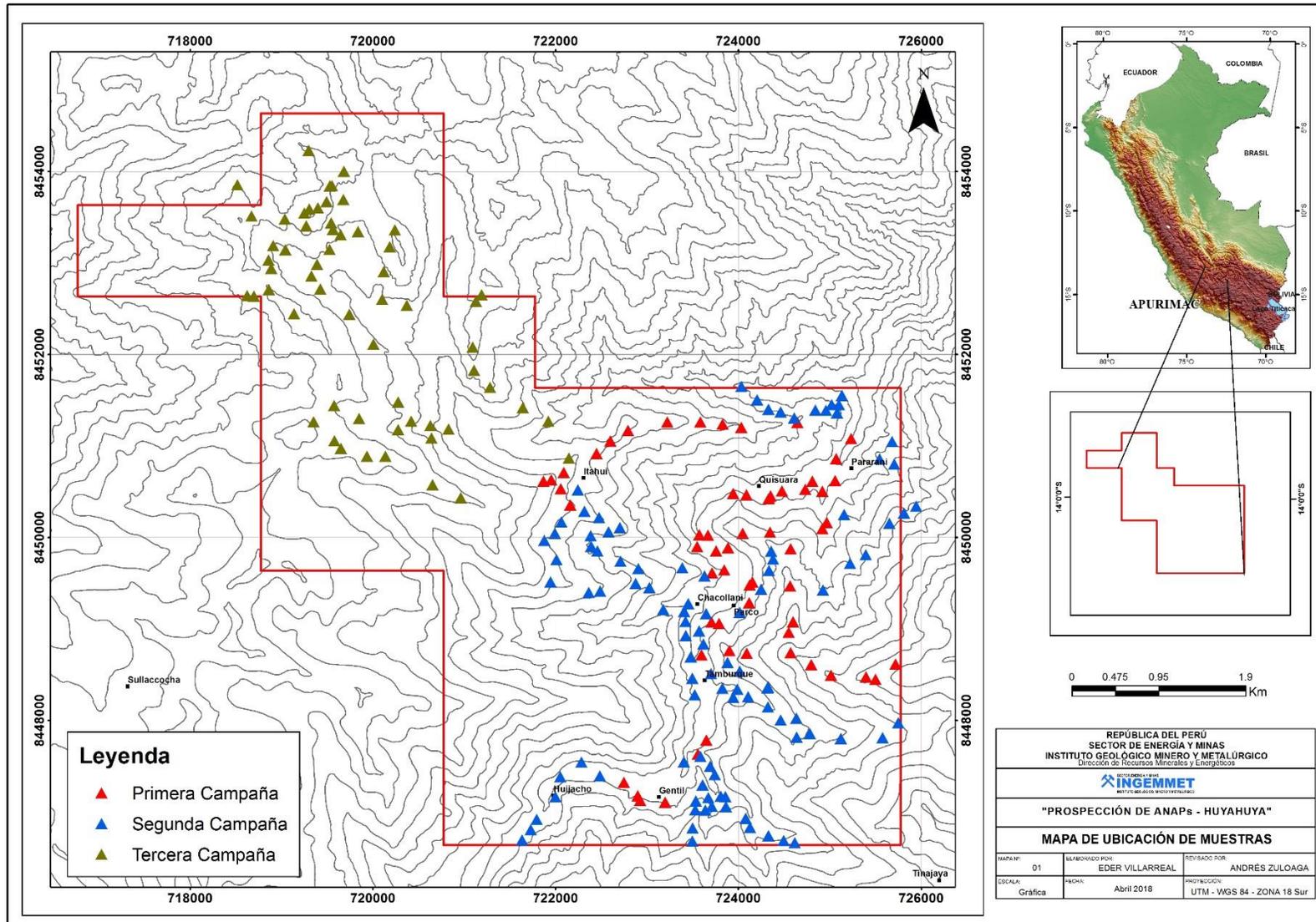


Fig. 6.22. Ubicación de muestras de rocas y menas recolectadas en el ANAP HUYAHUYA.

6.1.4. Procesamiento geoquímico de rocas y estructuras

Para este presente estudio, del total de muestras analizadas (271) se ha considerado 243 datos que corresponden a resultados analíticos de muestras de rocas y estructuras vetiformes que se han recolectado dentro del límite del ANAP y zonas adyacentes. La totalidad de las muestras recolectadas, corresponden a rocas intrusivas de diferentes facies; por lo tanto, los resultados se han procesado como una sola población estadística.

6.1.4.1. Población intrusiva

El estudio del ANAP está orientado a la búsqueda de depósitos de cobre, por lo que los elementos que han sido tomados en cuenta para el análisis estadístico de datos son aquellos que presentan una importancia como indicadores de este tipo de depósito. Estos elementos corresponden a Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Zn, entre otros; los mapas geoquímicos de estos elementos se pueden ver en el anexo IV.

6.1.5. Distribución geoquímica de rocas y estructuras

6.1.5.1. Oro

Los valores de anomalos de oro son muy puntuales, y corresponden a muestras de estructuras mineralizadas con cuarzo y sulfuros que se ubican en la parte alta del centro poblado de Pararani, estos valores llegan hasta los 200 ppb.

Hacia el poblado de Parcco, se tiene un valor de 230 ppb que corresponde a un pórfido monzodiorita con sulfuros diseminados de pirita.

6.1.5.2. Plata

Los valores anomalos de plata se registran en los alrededores de los poblados de Parcco y Pararani. Estos valores son mayores a 1.2 ppm, siendo el valor mas alto registrado de 10 ppm, y corresponde a los intrusivos cuarzo-monzonita que afloran en este sector del ANAP.

6.1.5.3. Cobre

El cobre se muestra anómalo en el sector sur del ANAP, se tiene una anomalía de entre 300 y 450 ppm de cobre en una extensión de 2 Km² aproximadamente, que se extiende en los poblados de Parcco y Pararani. Asimismo, se tienen anomalías puntuales de cobre con valores superiores a los 450 ppm que sobrepasan los 1000 ppm.

Hacia el norte del ANAP (Itahui), se tienen valores de cobre mayores a 500 y 1000 ppm, estos valores estan asociadas con pequeñas estructuras de cuarzo-sulfuros y especularia-cuarzo; asi como a venillas de calcopirita que cortan el intrusivo monzonita en este sector.

6.1.5.4. Molibdeno

Los valores anómalos de molibdeno son mayores a 20 ppm y corresponden al intrusivo cuarzo-monzonita que aflora en los alrededores de los poblados de Parcco y Pararani.

Al igual que el cobre, los valores altos de molibdeno que se registran en el sector norte del ANAP Huyahuya, corresponden a pequeñas estructuras de cuarzo sulfuros.

VII. PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

Se realizó la recolección de datos geofísicos por los métodos de magnetometría y polarización inducida (IP2D y IP3D). El estudio de IP2D fue realizado con un arreglo convencional polo dipolo con una separación entre dipolos de 100m y entre líneas cada 200m. El registro de datos tuvo una orientación lineal NorEste-SurOeste, con un total de 15.8 Km lineales. El estudio de IP3D fue realizado con un arreglo Off-set polo dipolo 3D con la misma característica técnica descritas para el 2D, realizando un total de 9.5 km lineales. Del mismo modo, el estudio de magnetometría completó la recolección de datos en 56.0 Km en el sector de Parcco-Pararani y de 55.0 km en el sector de Itahui, siguiendo la misma orientación del estudio de IP2D e IP3D.

Los trabajos de recolección y procesamiento de datos geofísicos de magnetometría terrestre y polarización inducida fueron conducidos por personal de la Actividad Prospección Geofísica, y se muestran en el presente reporte. Se describe los parámetros y procedimientos del procesamiento e interpretación de datos geofísicos. Para el presente estudio se utilizó la geología local del ANAP Huyahuya, proporcionada por la Actividad ANAP's. El estudio geofísico fue configurado para identificar anomalías medianas a grandes asociadas a un sistema de depósito tipo pórfido. De la recolección de datos, se ha podido identificar tres parámetros físicos, tales como: la intensidad del campo magnético, la resistividad y cargabilidad. Para una interpretación más certera se ha utilizado algoritmos de inversión, los que se representan en secciones y mapas a diferentes niveles de profundidad.

7.1. METODOS GEOFÍSICOS

7.1.1. Método Magnético

El uso de datos magnéticos de alta resolución es una excelente herramienta en identificar estructuras geológicas de un área y a menudo muestra contrastes que reflejan diferencias en la composición litológica, estructuras de la corteza y zonas de alteración. Siendo el método más antiguo utilizado en la exploración minera, la efectividad del método magnético depende de la presencia de magnetita y otros minerales con altos valores de susceptibilidad magnética.

La magnetometría tiene un doble papel en la exploración, en primer lugar, sirve como una herramienta para guiar el mapeo geológico y en segundo lugar es una herramienta de detección directa para depósitos con propiedades magnéticas. Como una herramienta de

mapeo, la magnetometría tiene el potencial de mejorar en gran medida la cobertura y la calidad de un mapa geológico estándar en todas las áreas, excepto en los afloramientos extensos y sin meteorización. Por lo tanto, el uso de datos magnéticos aerotransportados detallados ha avanzado de tal manera que se ha convertido en un proceso estándar en la exploración regional en áreas de exploración.

Los efectos físico-magnéticos contrastados por un modelo de pórfido incluyen aquellos relacionados con la actividad intrusiva, ya que muchos de los complejos intrusivos que conducen la mineralización de un pórfido serán en cierta medida magnéticos y contrastarán positivamente con rocas hospedantes volcánicas y sedimentarias, o negativamente con rocas hospedantes volcánicas altamente magnéticas. La alteración hidrotermal en sistemas de pórfidos puede proporcionar firmas distintas, por ejemplo, magnetita en zonas de alteración potásica en el núcleo del sistema, reemplazo intenso de magnetita en skarns periféricos y alteración o destrucción de magnetita en rocas volcánicas adyacentes a intrusiones.

7.1.2. Método de Polarización Inducida (IP)

La técnica de polarización inducida (IP/RES) 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 IP/RES son 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 se encuentran las 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, 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 calculada de la corriente de entrada y el voltaje primario medido.

En depósitos tipo pórfido, en general, los sulfuros de Cu y Fe (pirita, calcopirita, calcosina y bornita) se encuentran en todas las zonas de mena y alteración. No obstante, las anomalías más altas en efecto de polarización inducida a menudo se relacionan con la presencia de alteración tipo cuarzo-sericita-pirita. En pórfidos cupríferos, el núcleo de alteración potásica presenta generalmente una concentración baja de sulfuros, que se relaciona a su vez con altas resistividades debido a silicificación y ausencia de alteración fílica-argílica. Más en la periferia, la zona de alteración sericítica contiene una alta concentración de sulfuros a diferencia de la zona de alteración propilítica la cual presenta un bajo contenido en pirita. Por lo tanto, la zona de alteración sericítica es un blanco importante para mediciones de polarización inducida en pórfidos cupríferos (John et al., 2010). De esta forma, este método

puede emplearse con el fin de mapear zonas de alteración y localizar los rasgos estructurales que controlen el depósito (Pelton, 1976). Por otra parte, la naturaleza dispersa de estos minerales sulfurados propicia el empleo del método de polarización inducida, sobre todo en casos donde la presencia de pirita diseminada implique una proximidad al sistema mineralizado, acorde a un modelo geológico previo. Al respecto, el tamaño de grano de los minerales metálicos es relevante para la cargabilidad medida, en virtud que la diseminación conlleva a una mayor superficie de contacto y por ende a un incremento en la cargabilidad medida (Wong, 1979). Los minerales más relevantes para exploración geofísica son pirita, calcopirita, calcosina.

7.2. TRABAJOS DE CAMPO E INSTRUMENTACIÓN

Los trabajos de prospección geofísica programados para el ANAP Huyahuya se llevaron a cabo en dos Sectores:

- a) Sector Parcco - Pararani: del 02 al 31 de octubre del 2017, desarrollándose los métodos de magnetometría terrestre y polarización inducida 3D.
- b) Sector Itahui: se realizaron dos campañas.
Primera campaña del 08 al 30 de abril del 2017, desarrollándose el método de magnetometría terrestre.
Segunda campaña del 23 de mayo al 21 de junio del 2018, desarrollándose el método de polarización inducida 2D.

En los estudios de prospección geofísica participó el siguiente personal; Ing. Darwin Calla Pilco, Ing. Rosmery Jacobo Flores, Ing. Carlos Valencia Miraval y el Bach. José Huillca Chuctaya, mientras que el procesamiento e interpretación de datos estuvo a cargo del Ing. Ronald Yupa Paredes.

7.2.1. Estudios de Magnetometría terrestre

El estudio de magnetometría en los sectores de Parcco-Parani e Itahui han proporcionado información de anomalías de bajos y altos magnéticos (mapa de reducción al Polo). La respuesta de los bajos magnéticos es consistente en relación al control estructural asociadas a fallas existentes en los sectores donde los minerales ferromagnéticos han sido destruidos, probablemente causados por la presencia de fluidos hidrotermales que fueron transportados a través de estas fallas y/o fracturas desde una cámara en profundidad.

Los instrumentos usados en este trabajo de prospección fueron tres (3) magnetómetros modelo GEM System GSM-19W Overhauser, las lecturas del GPS y de la intensidad del campo magnético fueron tomadas cada 2 segundos y su sistema Datum de recolección fue en WGS 84 18S. Los equipos fueron distribuidos de la siguiente manera:

- a) Un (01) magnetómetro base.
- b) Dos (02) magnetómetros móviles.

En el sector de Itahui se tuvo una cobertura de 17 líneas longitudinales con una separación de 200 m entre cada línea, mientras que en el sector de Parcco – Pararani se tuvo una cobertura de 9 líneas con rumbo suroeste-noreste y una separación variable entre cada línea. Las longitudes de cada línea, en ambos sectores, comprendieron un rango que varía desde 1 km a 4.2 km de largo aproximadamente (Fig. 3).

Como parte inicial del trabajo de prospección magnética, se procedió a determinar la ubicación de una Base Magnética (ubicación del magnetómetro base) en un lugar apropiado el cual se encuentre aislado de cualquier ruido cultural y donde el gradiente magnético no sea afectado por efectos geológicos-magnéticos y los datos sean estables y confiables. Del mismo modo, se ubicó un punto de control con la finalidad de calibrar los dos (2) magnetómetros móviles y poder observar la deriva instrumental de cada equipo llevándolos a un mismo punto de referencia (Datum magnético).

Tabla 7.1.- Ubicación de la base magnética y el punto de control

Sector	Estación	Coordenadas WGS 84 - 18S		
		Este	Norte	Elevación
Itahui	Base Magnética	722370.01	8450627.04	3744.00
	Punto Control	722366.01	8450657.93	3848.00
Parcco - Pararani	Base Magnética	725363.94	8451064.09	3160.13
	Punto Control	725370.26	8451082.19	3161.58



Fig. 7.1.- Preparación e instalación del magnetómetro base.
 A) Registro del punto de control. B) Sincronización de los magnetómetros.

Tabla 7.2.- Parámetros de recolección de datos magnéticos

Parámetros	Modo de Recolección
Datum de referencia - Sector Itahui	24100 nT
Datum de referencia – Sector Parcco - Pararani	24300 nT
Intervalo de lecturas del equipo móvil	Cada 2 segundos
Intervalo de lecturas del equipo base	Cada 2 segundos
Altura sensor (móvil y base)	~ 02 m
Sistema Datum de recolección	WGS 84 18S

Los trabajos de campo se realizaron con el apoyo de personal de la comunidad, propios de la zona de estudio, cuya labor principal fue de guías en la adquisición de datos a través de las líneas propuestas, vigilancia del magnetómetro usado como estación base, con el objetivo que no se acerquen personas del lugar y puedan perjudicar nuestra adquisición de campo.

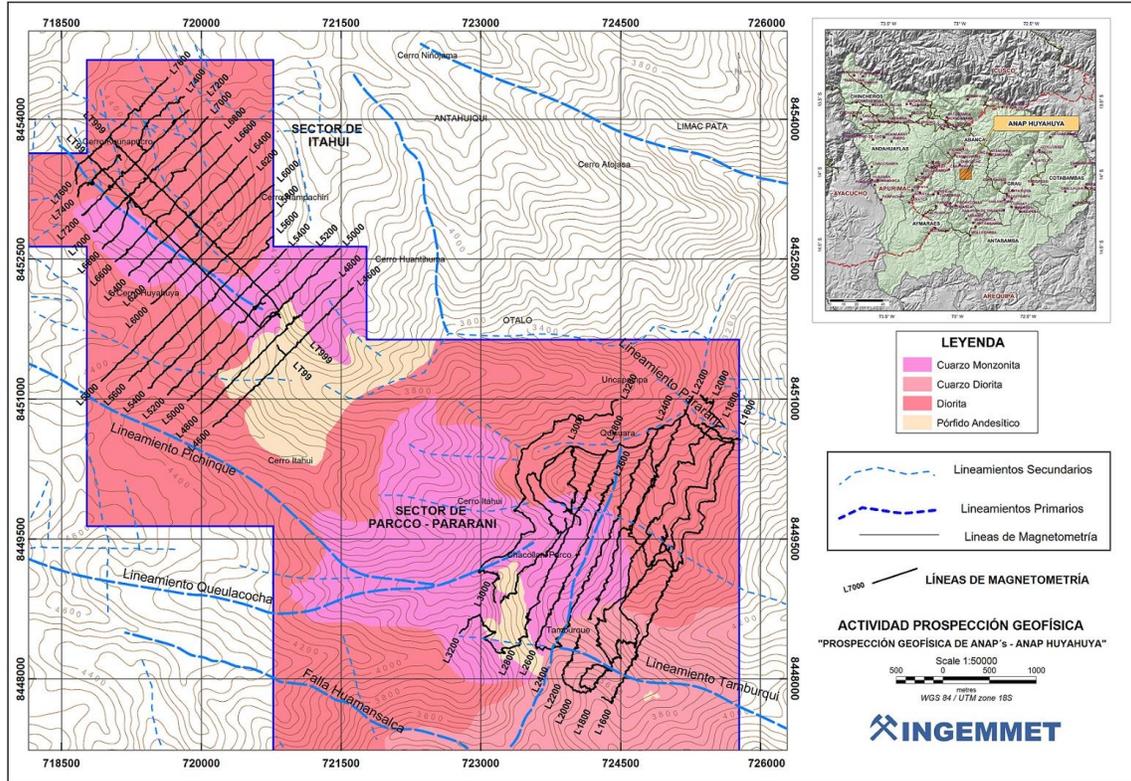


Fig. 7.2.- Mapa de cobertura de Prospección Magnética

Tabla 7.3.- Registro de datos de prospección magnética. Sector Parcco - Pararani

Líneas de Magnetometría Terrestre					
Datum WGS 84 UTM 18S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (Km)
	Este	Norte	Este	Norte	
L3400	722972.78	8448820.19	724468.76	8450989.63	4.40
L3000	723888.81	8449768.83	724032.62	8450490.02	1.63
L3200	723214.14	8448811.82	723919.37	8449722.13	1.81
L2800	722769.38	8448272.97	724354.8	8450449.94	6.00
L2600	723584.88	8448344.92	724411.01	8450099.15	3.00
L2400	723797.34	8448339.46	724963.68	8450695.64	4.27
L2200 ₍₁₎	724583.97	8449444.96	725277.03	8451030.34	2.70
L2200 ₍₂₎	723870.66	8447848.03	724183.07	8448468.46	1.03
L2200 ₍₃₎	724152.85	8448637.79	724903.49	8450502.49	2.90
L2000 ₍₁₎	724733.62	8449444.59	725609.82	8450987.12	2.94
L2000 ₍₂₎	724060.24	8447876.3	724751.11	8449464.42	3.11

L1800 ⁽¹⁾	724734.28	8449200.73	725784.32	8450577.79	2.79
L1800 ⁽²⁾	724177.23	8447861.35	724993.14	8449640.28	3.92
L1600 ⁽¹⁾	724730.49	8449155.12	725718.45	8450881.28	3.84
L1600 ⁽²⁾	724297.58	8447735.28	725071.71	8449649.05	3.64
LT01	725358.77	8450949.17	725495.88	8451041.16	1.50
LT02	725370.36	8450565.69	725709.2	8450741.55	1.30
LT03	723592.65	8448304.89	723801.69	8448342.61	0.34
LT04	723489.79	8449553.97	724052.49	8450497.19	2.02
LT05	723636.65	8449652.21	725192.72	8450862.57	2.86
				Total	56.00

Tabla 7.4.- Registro de datos de prospección magnética. Sector Itahui

Líneas de Magnetometría Terrestre					
Datum WGS 84 UTM 18S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (Km)
	Este	Norte	Este	Norte	
L7600	718648.27	8453305.48	719637.06	8454445.91	2.10
L7400 ⁽¹⁾	718675.03	8453170.59	719139.03	8453619.31	1.30
L7400 ⁽²⁾	719319.52	8453666.67	719815.96	8454240.25	1.20
L7200 ⁽¹⁾	718721.99	8452970.83	719868.02	8454095.01	2.56
L7200 ⁽²⁾	719873.63	8454058.84	720029.43	8454216.48	0.36
L7000 ⁽¹⁾	718843.05	8452795.08	719879.27	8453812.58	1.96
L7000 ⁽²⁾	719883.56	8453812.33	720070.89	8454019.98	0.37
L6800 ⁽¹⁾	718939.70	8452611.00	719649.51	8453310.67	1.48
L6800 ⁽²⁾	719648.10	8453307.75	720209.00	8453862.23	0.99
L6600 ⁽¹⁾	719075.56	8452473.68	719839.01	8453229.74	1.00
L6600 ⁽²⁾	719782.40	8453163.74	720326.24	8453721.60	0.83
L6400 ⁽¹⁾	719222.90	8452320.83	719922.45	8453025.47	1.13
L6400 ⁽²⁾	719864.66	8452954.70	720487.53	8453597.70	1.00
L6200 ⁽¹⁾	719431.31	8452254.05	719964.95	8452763.35	0.92
L6200 ⁽²⁾	719944.18	8452761.54	720564.82	8453408.48	1.20
L6000 ⁽¹⁾	719459.80	8452020.05	719977.08	8452514.07	0.79
L6000 ⁽²⁾	719933.49	8452469.71	720779.69	8453294.60	1.00
L5800 ⁽¹⁾	718926.52	8451193.13	720133.31	8452388.26	2.00
L5800 ⁽²⁾	720067.40	8452326.06	720774.63	8453025.43	1.21
L5600	719221.40	8451193.92	720774.29	8452744.25	1.02
L5400 ⁽¹⁾	719429.60	8451118.86	720531.77	8452217.49	1.00
L5400 ⁽²⁾	720528.05	8452193.77	720908.91	8452605.59	0.59
L5200 ⁽¹⁾	719640.06	8451046.36	720685.86	8452030.96	1.85
L5200 ⁽²⁾	720552.62	8451956.58	721197.71	8452603.00	1.08
L5000 ⁽¹⁾	719852.16	8450981.62	720849.00	8451915.14	1.68
L5000 ⁽²⁾	720727.05	8451841.78	721483.58	8452610.34	1.20

L4800 ⁽¹⁾	719994.62	8450848.50	720789.35	8451645.23	1.43
L4800 ⁽²⁾	720767.11	8451616.91	721441.91	8452278.41	1.33
L4600 ⁽¹⁾	720127.43	8450704.01	720909.10	8451467.58	1.32
L4600 ⁽²⁾	720815.46	8451472.25	721629.11	8452193.32	1.50
LT01	721198.56	8452600.36	721465.37	8452625.02	0.30
LT02	719644.92	8450978.83	719853.89	8451042.21	0.22
LT03	719230.22	8451117.22	719430.13	8451189.43	0.23
LT04	720488.82	8453412.16	720565.97	8453597.35	0.22
LT05	719227.17	8452252.43	719429.95	8452321.60	0.26
LT06	718939.59	8452471.40	719074.79	8452608.59	1.00
LT07	720215.00	8453728.38	720326.93	8453862.86	0.18
LT08	720024.51	8454022.60	720072.34	8454212.87	0.26
LT09	718720.75	8452795.95	718840.20	8452968.94	0.25
LT10	718647.62	8453167.77	718803.53	8453463.30	0.80
LT11	719138.64	8453454.76	719222.47	8453560.24	0.16
LT12	719819.43	8453796.57	719934.77	8454240.61	0.53
LT13	718785.00	8452716.12	719923.47	8453696.15	1.50
LT14	719009.70	8452800.89	720047.51	8453909.47	2.00
LT15	718927.91	8451196.80	719458.20	8452057.25	1.20
LT16	720775.81	8453029.76	720788.44	8453299.13	0.28
LT17	719925.47	8451895.74	720718.02	8452891.90	1.50
LT18	719995.47	8450705.46	720123.83	8450845.74	0.20
LT99 ⁽¹⁾	718786.85	8452612.10	719786.74	8453605.50	1.60
LT99 ⁽²⁾	719722.74	8451772.92	720720.30	8452664.65	1.50
LT999 ⁽¹⁾	719005.90	8452809.09	720004.83	8453812.01	1.70
LT999 ⁽²⁾	719925.60	8451881.52	720835.48	8452889.08	1.70
TOTAL					55.00

7.2.2. Estudios de Polarización inducida

En referencia a la polarización inducida, en el sector de Parcco – Parani, los resultados de inversión de cargabilidad presentan un rango de 12 mV/V~ 16 mV/V, asociado a un halo de bajo contenido de material polarizable que van desde los niveles superficiales hasta una profundidad aproximada de 100m. Los resultados de cargabilidad se superponen con altos y bajos valores de resistividad con rangos de 300 ohm-m~ 1000 ohm-m., identificando sectores con alto contenido porcentual de sílice, así como sectores probablemente con alto grado de fracturamiento. En el sector de Itahui, la respuesta de cargabilidad presenta rangos de 20 mV/V~ 40 mV/V, valores que limitan un sector con contenido moderado de material polarizable formando un halo de 0.6km x 0.6km a niveles superficiales de 100m cuya anomalía se atenúa a profundidad.

Los instrumentos usados en este trabajo de prospección fueron un receptor GDD modelo GRx8-32 y un transmisor GDD modelo TxII-5000 W, la fuente de alimentación fue un motor generador eléctrico marca Honda modelo EG6500CXS de 6500 Kw. Para los trabajos de Polarización Inducida en el Sector de Parcco–Pararani, se utilizó el arreglo off-set polo dipolo 3D utilizando electrodos denominados "potenciales o Rx" configurados con un dipolo de 100 m (distancia entre electrodos), estos electrodos consistieron en varillas de acero de 3/8" con una longitud aproximada de 0.5 m. Los electrodos de emisión denominados de "transmisión o Tx" fueron ubicados en ambos lados paralelos a las líneas de recepción - Rx, a una distancia de 200 m. Para la emisión de energía se empleó 5 varillas de acero de 5/8" de 1 m de longitud aproximada colocada cada 100 m a lo largo de cada línea de transmisión, Tx.

En la Fig. 7.3 se observa la cobertura de polarización inducida en el ANAP Huyahuya teniendo un rumbo suroeste – noreste. En el sector de Itahui se realizó trabajos de IP/RES 2D y se tuvo una cobertura de 10 líneas longitudinales con una separación de 200 m entre cada línea, mientras que en el sector de Parcco – Pararani se tuvo una cobertura de 05 líneas longitudinales con una separación entre líneas de 200 m. Las longitudes de cada línea, en ambos sectores, comprendieron un rango que varía desde 1 km a 2 km de largo

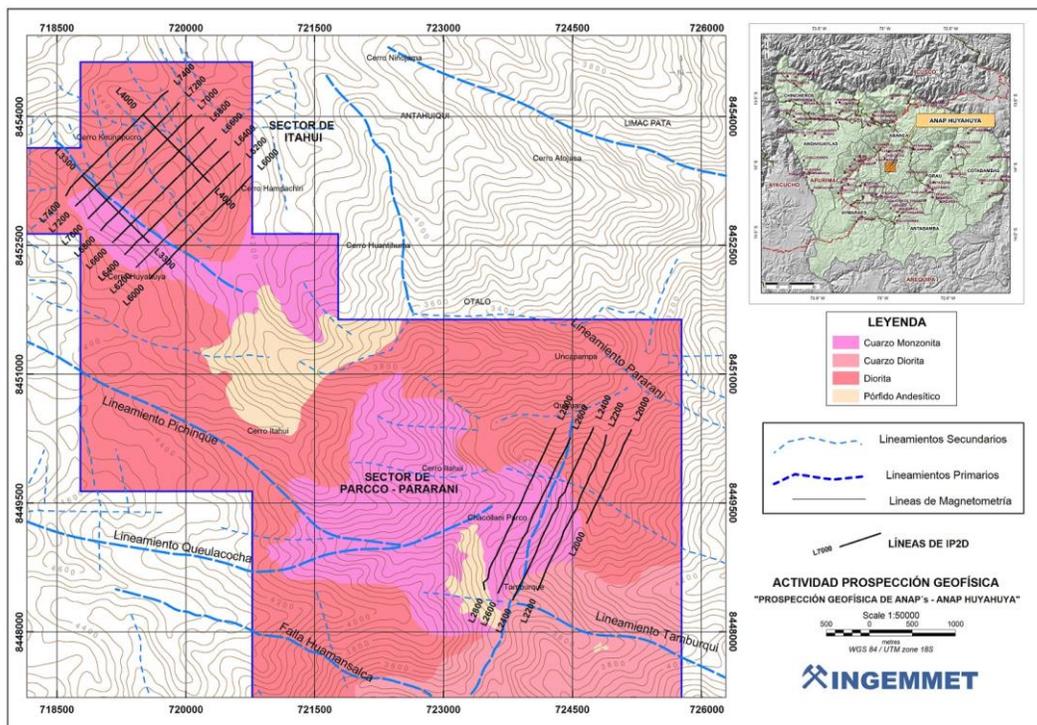


Fig. 7.3.- Mapa de cobertura de Polarización Inducida, IP3D -Sector Parcco-Pararani e IP/RES 2D en el Sector de Itahui.

Como parte inicial del trabajo de polarización inducida, se procedió a la instalación del *punto infinito*, Fig.7.4, el cual es un punto fijo que se instala a una distancia no menor de 10 veces la longitud del dipolo a utilizar (para el presente estudio fue de 100 m), de esta manera el punto infinito se ubicó 10*100 m haciendo un mínimo de 1000 m del área a prospectar y consta de 4 láminas de zinc enterradas a 50 cm de profundidad aproximadamente.

Tabla 7.5. Ubicación del punto infinito

Sector	Coordenadas UTM WGS 84 – 18S		
	Este	Norte	Elevación
Parcco – Pararani	725362.57	8451091.99	3160.59
Itahui	718519.43	8451808.85	4258.00



Fig. 7.4. Preparación e instalación del punto infinito

Tabla 7.6. Parámetros de recolección de datos de polarización inducida

Parámetros	Modo de Recolección
Mediciones	Dominio de tiempo
Configuración de electrodos	
Sector Parcco – Pararani	Off-set polo dipolo 3D
Sector Itahui	Polo – dipole 2D
Distancia del dipolo	100 m
Espaciamiento entre líneas	200m
Nro. de repeticiones	02/03 lecturas por punto

Los trabajos de campo se realizaron con el apoyo de 18 ayudantes de campo propios de la zona de estudio cuya labor principal (Figura 7.5):

- 08 Ayudantes para el tendido de 2 km lineales de cable aproximadamente.
- 03 Ayudante para hacer huecos en el terreno y acarreo de agua con sal para mejorar la conductividad en los puntos de corriente.
- 07 Ayudantes de campo para la instalación de electrodos de potencial y acarreo de 5 km de cable.

Tabla 7.7. Registro de datos de polarización inducida - Sector Parcco – Pararani

Líneas de Polarización Inducida					
Datum WGS 84 UTM 18S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (Km)
	Este	Norte	Este	Norte	
L2800	723466.55	8448491.67	724304.55	8450366.79	2.07
L2600	723633.15	8448450.15	724474.75	8450256.62	2.00
L2400	723806.51	8448370.28	724743.77	8450374.89	2.23
L2200	724093.97	8448486.17	724894.72	8450288.12	1.98

L2000	724667.11	8449263.78	725186.39	8450351.84	1.73
				Total	9.50

Tabla 7.8. Registro de datos de polarización inducida - Sector Itahui

Líneas de Polarización					
Datum WGS 84 UTM 18S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (Km)
	Este	Norte	Este	Norte	
L3300	718790.00	8452532.68	719569.00	8453311.90	1.10
L4000	719499.00	8453236.22	720273.00	8454022.72	1.10
L6000	719577.78	8452110.87	720767.73	8453309.43	1.70
L6200	719424.52	8452246.42	720629.43	8453449.84	1.70
L6400	719288.87	8452394.32	720497.20	8453593.74	1.70
L6600	719147.54	8452534.86	720348.75	8453736.56	1.70
L6800	719009.34	8452675.59	720207.19	8453875.33	1.70
L7000	718862.58	8452813.19	720066.95	8454018.41	1.70
L7200	718715.78	8452958.86	719920.67	8454161.65	1.70
L7400	718602.90	8453078.46	719789.89	8454298.67	1.70
				Total	15.80



Fig. 7.5.- Trabajos de campo de polarización Inducida. A) Personal de apoyo realizando el tendido de cable en las líneas geofísicas. B) Personal geofísico operando el equipo Receptor GDD. C) Personal de apoyo realizando la instalación de las varillas de acero utilizadas para la inyección de corriente. D) Personal geofísico operando el equipo Trasmisor GDD

7.3. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

7.3.1. Procesamiento de los datos magnéticos terrestres

Los datos fueron transferidos diariamente desde los magnetómetros a un computador portable vía un puerto USB. Los archivos fueron descargados con nombres consecuentes con la fecha de recolección, como **ddmmyy** seguidas de prefijos de acuerdo al magnetómetro, “_BAS” para el magnetómetro de la estación base y “_MOV” para magnetómetros móviles. La corrección diurna se realizó a toda la base de datos del proyecto para su posterior proceso y generación de imágenes en Oasis Montaj. Los valores del datum para el sector de Itahui fue de 24100 nT mientras que 24300 nT para el sector de Parcco – Pararani. La interpolación de los datos (gridding) se realizó con el algoritmo *RANGRID* de Geosoft con un tamaño de celda de 50 m, para los registros magnéticos. 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.

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. 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. En la Fig. 7.6 se puede observar una gráfica de la base magnética del día 9 de octubre del 2017 perteneciente al sector de Parcco – Pararani. 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.

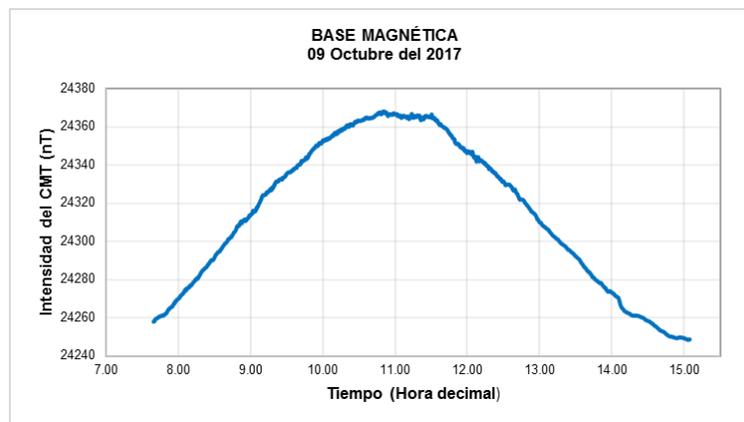


Fig. 7.6. Grafica de la Base Magnética

Corrección Campo Geomagnética de Referencia Internacional - IGRF

El campo geomagnético de referencia internacional (IGRF), es una longitud de onda larga del campo magnético regional calculado de datos de observatorios magnéticos permanentes recolectados alrededor del mundo, Thébault et al. 2015. El IGRF es actualizado y determinado por un comité internacional de geofísicos cada 5 años. Los valores del IGRF fueron calculados utilizando el modelo del año 2015.

Reducción al Polo

Simplifica la interpretación de anomalías removiendo la asimetría introducida debido a su inducción del campo principal inclinado. El campo principal es vertical (y las anomalías inducidas simétricas) al norte y sur de los polos magnéticos. Como el nombre sugiere “Reducción al Polo” este transforma los datos que deberían ser medidos en los polos magnéticos y simplifica las anomalías centrándola sobre el cuerpo magnético que esta irradia en lugar de desplazarla hacia un lado Prabhakar & Mathew (1998).

Inversión magnética 3D

Con la finalidad de obtener un modelo en profundidad que pueda explicar las observaciones de los datos geofísicos medidos en superficie se realizó este proceso matemático, utilizando para el caso de magnetometría terrestre un modelo de susceptibilidad magnética. Las unidades empleadas son en el Sistema Internacional (SI). Es preciso señalar que las estructuras geofísicas de inversión pueden desarrollar, a pesar de las limitaciones de la inversión 3D, ensanchamientos en sus dimensiones, MacLeod & Ellis (2013).

Para el proceso de inversión se ha usado el modelo VOXI Earth Modelling desarrollado por MacLeod & Ellis (2013), un servicio de algoritmo de inversión geofísica que genera modelos de susceptibilidad de las rocas a profundidad. Todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en 3D

7.3.2. Procesamiento de datos de polarización inducida

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 utilizó el módulo de IP que es parte del Oasis Montaj de Geosoft, para mostrar los datos y sus parámetros, (módulo de QC IP Data, 2017). Después de una inspección visual, los datos con una alta correspondencia de señal/ruido fueron filtrados y separados. Posteriormente se exportó en los formatos dat, con el cual se procedió a utilizar el algoritmo de inversión RES3DINV para inversiones en 3 dimensiones y el RES2DINV para inversiones en 2 dimensiones, todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en profundidad.

Esta información fue procesada y luego importada al programa Oasis Montaj para su posterior generación de imágenes e interpretación final. Los resultados pudieron ser integrados en modelos en 2D y 3D creados en la plataforma de Geosoft. Los datos de topografía usados en

el modelo de inversión fueron extraídos de los GPS Garmin - Montana 600 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 de Geosoft generó secciones verticales en profundidad para ambos, cargabilidad y resistividad, permitiendo una comparación directa entre las variaciones de los valores entre estos. Las secciones verticales a profundidad representan una distribución en perfiles de los materiales polarizable y su resistividad.

7.3.3. Programas de inversión

Los programas de Inversión nos permiten una interpretación más definitiva, a pesar que el procesamiento es referido como subjetivo. El propósito del proceso de inversión de datos es de convertir las medidas superficiales de IP/RES a una aproximación más cercana de una sección a profundidad interpretada. La utilización de las rutinas de inversión es subjetiva debido al ingreso dentro de las rutinas de inversión que requiere un número de variables seleccionables por el usuario cuyo ajuste puede influir enormemente en el resultado.

El resultado de las rutinas de inversión proporciona una interpretación más confiable de los datos de IP/RES. Los programas de inversión generalmente se aplican de forma iterativa para: 1) evaluar el resultado con respecto a lo que se conoce geológicamente, 2) estimar la profundidad de detección, y 3) determinar la viabilidad de mediciones específicas. El Programa de Inversión (DCINV2D) utilizado fue desarrollado por un consorcio de importantes compañías mineras bajo los auspicios de UBC-Geophysical Inversion Facility.

Los potenciales se invierten primero para recuperar la distribución espacial de las resistividades eléctricas y, en segundo lugar, los datos de cargabilidad se invierten para recuperar la distribución espacial de las partículas polarizables en las rocas. Los mapas y secciones a profundidad interpretadas representarían la distribución transversal de materiales polarizables, en el caso del efecto IP, y la distribución transversal de las resistividades aparentes, en el caso del parámetro de resistividad.

Para el caso de la inversión de datos magnéticos, con la finalidad de obtener un modelo en profundidad que pueda explicar las observaciones de los datos geofísicos medidos en superficie se realizó este proceso matemático, utilizando un modelo de susceptibilidad magnética. Las unidades empleadas son en el Sistema Internacional (SI) y es preciso señalar que las estructuras geofísicas de inversión pueden desarrollarse a pesar de las limitaciones de la inversión 3D, ensanchamientos en sus dimensiones, MacLeod & Ellis (2013).

7.4. INTERPRETACION

7.4.1. Interpretación de datos magnéticos

Durante el procesamiento de datos se ha generado mapas de reducción al polo, la primera y segunda derivada vertical, la señal analítica y lineamientos magnéticos utilizando la transformada de Fourier FFT. La intensidad del campo magnético ha sido corregida en relación al IGRF obteniendo una variación aproximada de -649.21 a 622.32 nT. El proceso de reducción al polo trata de proveer una imagen donde la inclinación del campo magnético se observe de modo vertical, y así observar anomalías positivas sobre cuerpos de alta susceptibilidad magnética, si se presentasen, Hinze et al., 2013.

El mapa de la reducción al polo, como se muestra en la Fig. 7.7, ha proporcionado información de la intensidad del campo magnético en el ANAP Huyahuya, se define para el sector de Parcco – Pararani tres anomalías de bajo magnético (BM). BM1, ubicado en la parte norte con un área aproximada de 1400 m X 520 m. BM2, ubicado en la parte central con un área aproximada de 1500 m X 990 m. BM3, ubicado en la parte sur con un área aproximada de 1300 m X 440 m. Así mismo en el sector de Itahui se define dos anomalías de bajo magnético. BM4, ubicado en la parte norte con un área aproximada de 1100 m X 400 m. BM5 con un área aproximada de 900 m X 2100 m, ambas anomalías permanecen abiertas en sus extremos.

Lo bajos magnéticos se extienden hacia el Oeste en el sector Parcco-Pararani y en el sector Itahui se extienden Este-Oeste, observando contrastes en la señal magnética limitando los eventos magmáticos entre el cuarzo-diorita y el cuarzo-monzonita diferenciado claramente por el contenido de ferromagnesianos en su composición (hornblenda, biotita, magnetita). Adicionalmente estos bajos magnéticos podrían asociarse a la destrucción de los minerales ferromagnéticos, posiblemente causados por fluidos que han sido transportados a través de fallas y/o fracturas desde el interior de la tierra y han destruido aquellos minerales tales como la magnetita.

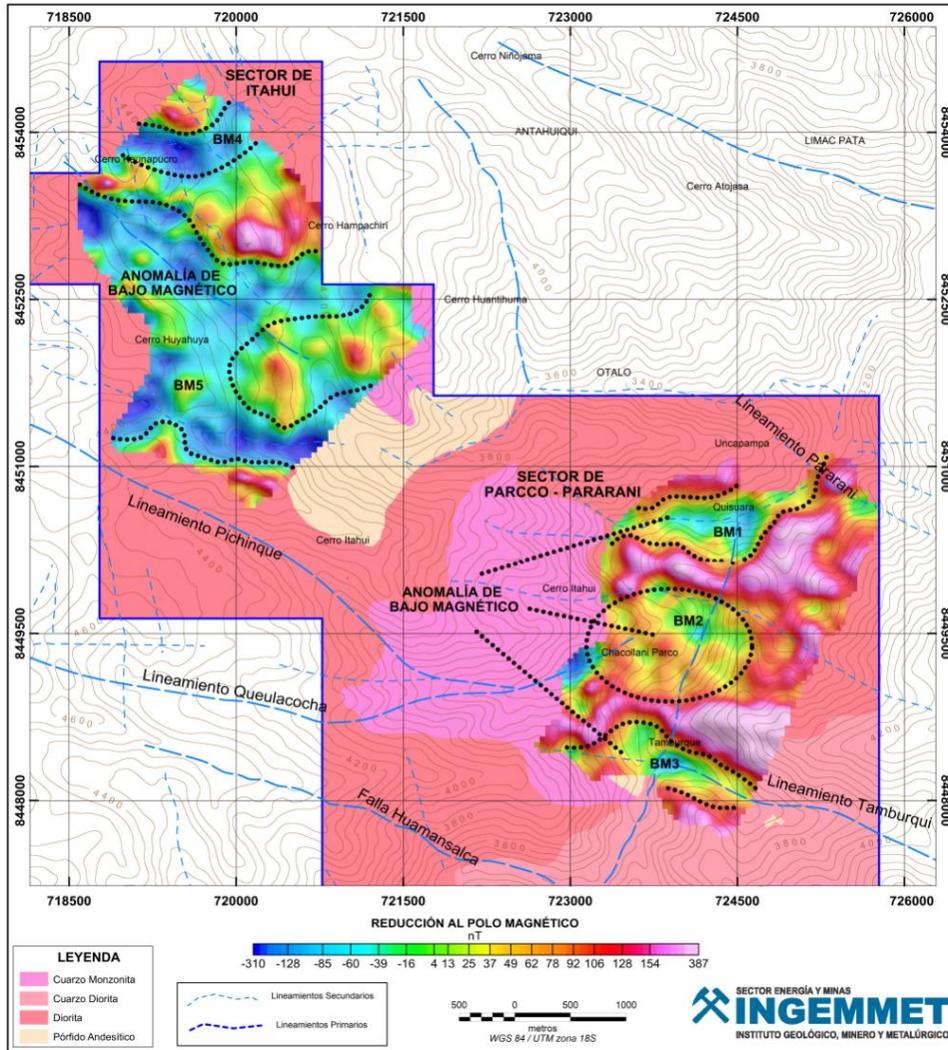


Fig. 7.7. Mapa de la reducción al polo. ANAP Huyahuya

7.4.2. Interpretacion de Polarización Inducida

Del proceso de inversión de datos utilizando el algoritmo de RES2DIV para inversiones en 2D y RES3DINV para inversiones en 3D, se pudo generar secciones y mapas de inversión a diferentes niveles de profundidad tanto para la respuesta de resistividad y la cargabilidad. Los resultados de polarización inducida muestran cambios en las características de las propiedades físicas de las rocas desde niveles superficiales hasta una profundidad de los 350 m aproximadamente.

SECTOR PARCCO - PARARANI

En los mapas de inversión de polarización inducida a profundidades desde los 25 m hasta 350 m (Fig. 7.8 y 7.9) se tiene dos anomalías poco significativas con valores máximos de

cargabilidad con un rango de 12 y 16 mV/V, la primera con un área de longitud 0.45 km x 0.4 km y la segunda 0.3km x 0.3km aproximadamente, valores que limitan sectores con bajo contenido porcentual de material polarizable. Estas anomalías se ven atenuadas y limitadas a niveles superficiales teniendo un rango de los 200m por debajo de esta de profundidad no se observa material polarizable.

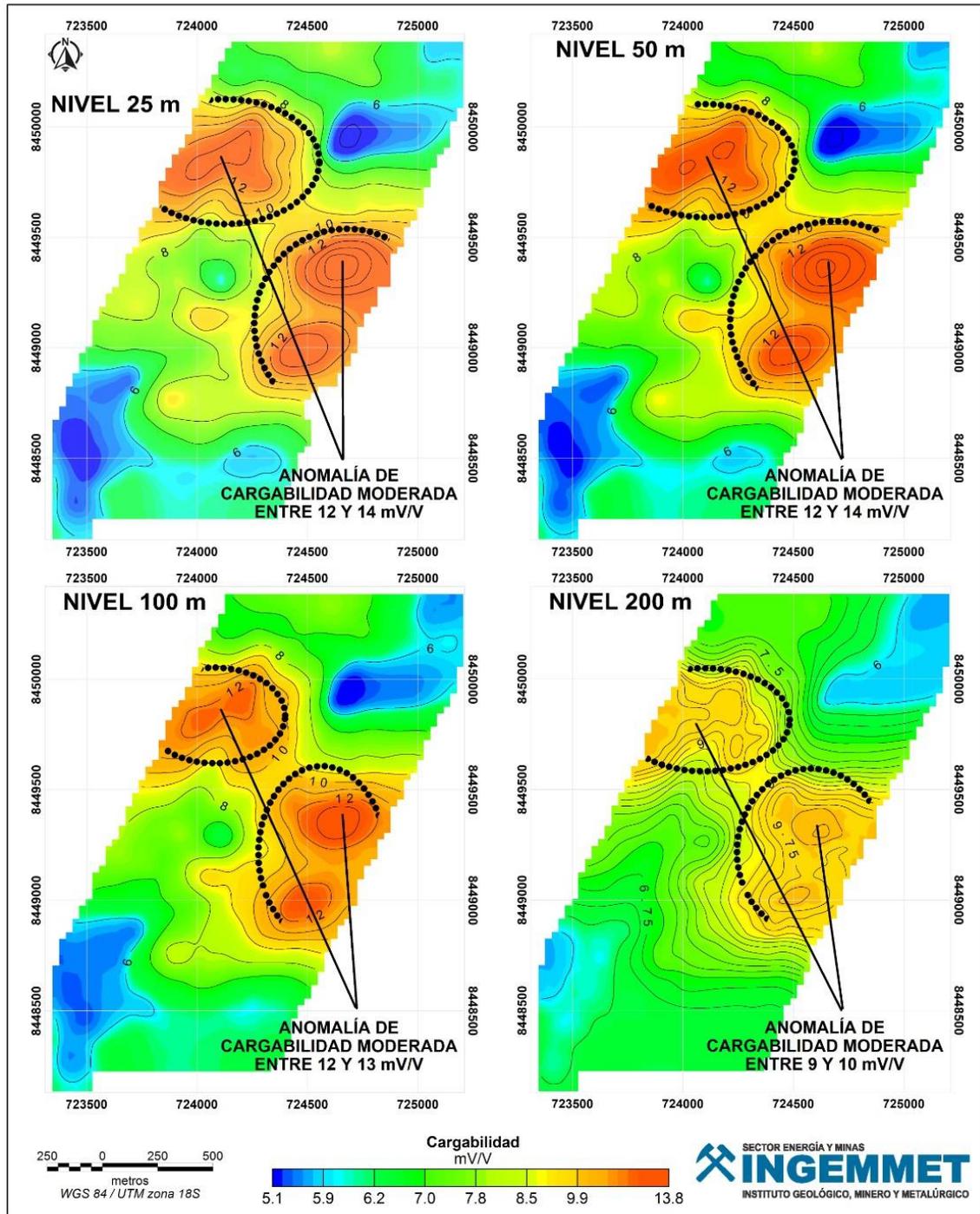


Fig. 7.8. Planos de cargabilidad a diferentes profundidades. Sector Parcco – Pararani. Información de la inversión de datos de cargabilidad representadas a diferentes niveles de profundidad que van desde los 25 m hasta los 200 m, la

distribución de colores es como sigue; cargabilidades Moderadas a bajas de color Amarillo-Naranja, cargabilidades bajas de color verde a azul.

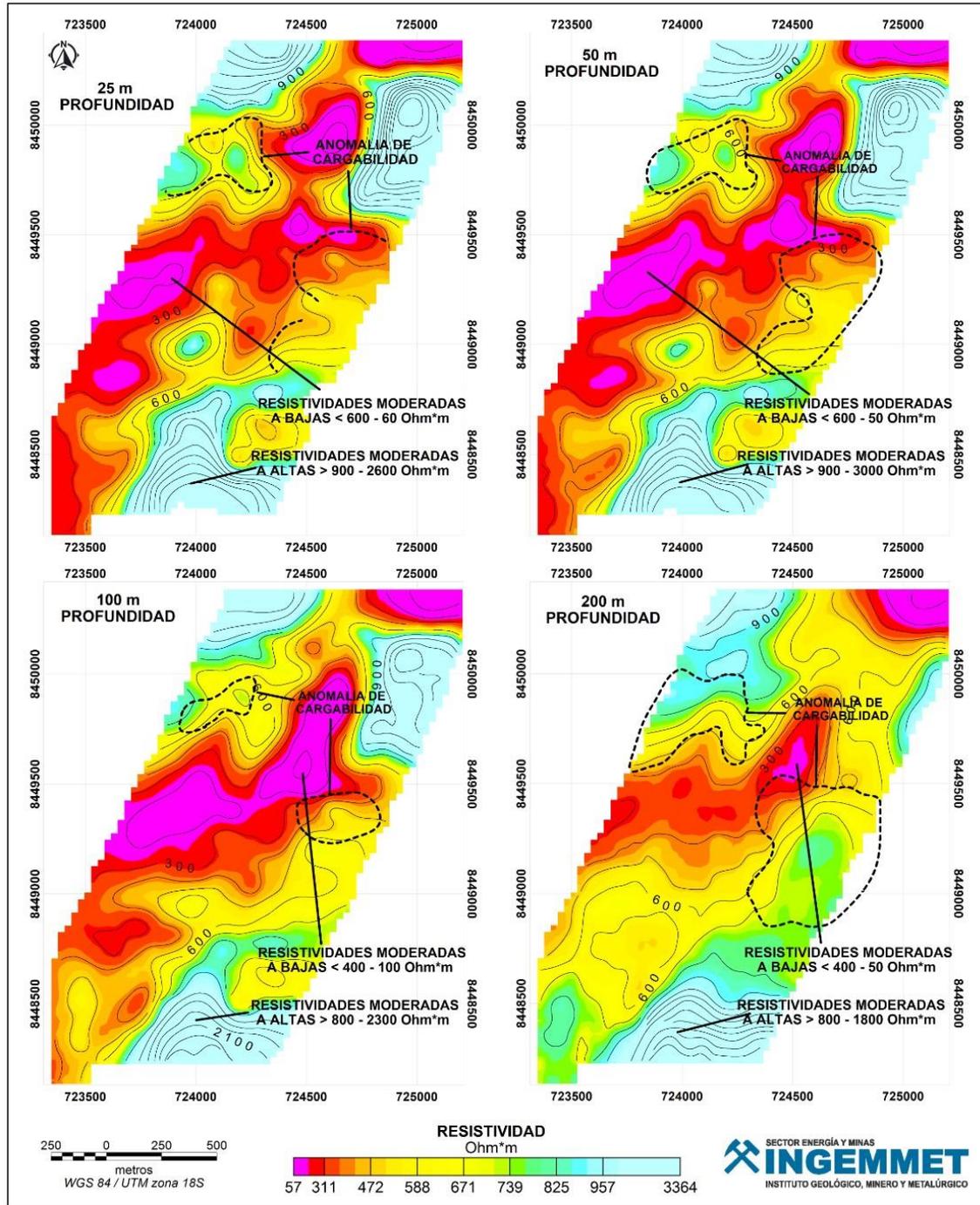


Fig. 7.9. Planos de resistividad a diferentes profundidades. Sector Parcco – Pararani. Información de la inversión de datos de resistividad representadas a diferentes niveles de profundidad que van desde los 25 m hasta los 300 m, la distribución de colores es; resistividades altas de color celeste-blanco, resistividades moderadas de color amarillo a verde y resistividades bajas de color naranja-magenta

Sección L2000

En la parte superior se presenta el contraste de la intensidad del campo magnético observado (cuadrados rojos) y el calculado (línea azul continua), diferenciando el cambio lateral de la señal magnética producido por efectos geológicos, en este sentido una disminución en la longitud de onda en la señal (Fig 7.10)

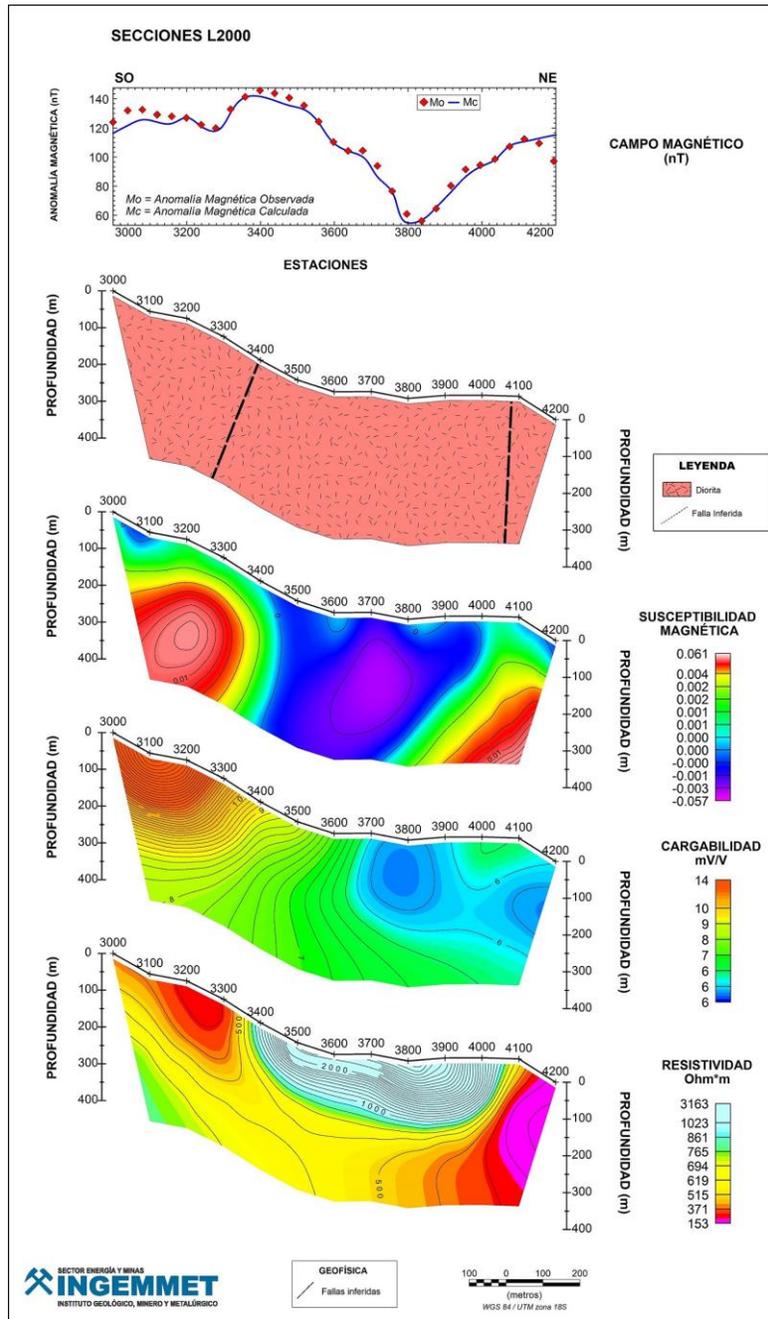


Fig. 7.10. Interpretación de la línea L2000. Sector Parcco – Pararani. Secciones de Susceptibilidad magnética, Cargabilidad y Resistividad, comportamiento físico de las rocas. Esta imagen muestra la información de inversión de datos hasta los 400m de profundidad.

En la parte inferior se observa la representación de la sección geológica a profundidad, interpretado en base a los contrastes en la respuesta magnética y de resistividad, infiriéndose fallas y la diorita.

Seguidamente, se observa la representación cualitativa de la susceptibilidad magnética como resultado de la inversión de datos de la intensidad del campo magnético, la resistividad y cargabilidad. Se visualiza anomalías e baja y alta susceptibilidad magnética, los que podrían ser asociados a un sector donde se ha producido la pérdida de los minerales ferromagnéticos, posiblemente causados por fluidos que han sido transportados a través de fallas y/o fracturas, en el mapa magnético se observó un lineamiento estructural causado por una falla local con rumbo NorEste-SurOeste. Así mismo, al contenido de ferromagnéticos en su composición tales como la hornblenda, biotitas y magnetita.

Los contrastes de resistividades bajas con valores de 50 Ohm*m – 423 Ohm*m indican una zona poco conductiva y otros sectores con resistividades moderadas a altas < 500 Ohm*m – 3300 Ohm*m indican un mayor contenido de sílice en su composición mineralógica.

Finalmente, la siguiente imagen es la representación de los valores de cargabilidad presentes en la sección, esta sección tiene como rango límite de 14 mV/V y una longitud de 0.3km de largo y está siendo limitada desde los primeros 25m hasta un aproximado de los 150m de profundidad.

En base a estos resultados, y teniendo en cuenta la diferencia de cotas podemos inferir la presencia de un posible cuerpo intrusivo porfirítico que ha sido erosionado, quedando evidencia de una mineralización primaria por la presencia de los sulfuros, los que muestran valores moderados de molibdeno y cobre producto de la calcopirita primaria en superficie provenientes del pórfido.

Sección L2800

En la parte superior se presenta el contraste de la intensidad del campo magnético observado (cuadrados rojos) y el calculado (línea azul continua), diferenciando el cambio lateral de la señal magnética producido por efectos geológicos, en este sentido una disminución en la longitud de onda en la señal.

En la parte inferior se observa la sección geológica a profundidad, interpretado en base a los contrastes de la respuesta magnética y de resistividad, infiriéndose fallas y el contacto entre los intrusivos cuarzo-monzonita y la diorita.

Seguidamente, se observa la representación cualitativa de la susceptibilidad magnética como resultado de la inversión de datos de la intensidad del campo magnético, donde el contraste de anomalía de baja susceptibilidad es posiblemente causado por la presencia de fluidos hidrotermales que han sido transportados a través de fallas y/o fracturas desde la profundidad.

Se observa una capa resistiva sub-horizontal desde los niveles superficiales hasta una profundidad aproximada de los 150m. La anomalía de cargabilidad tiene un rango de los 12 mV/V y una longitud de 0.4km de largo. Es observada desde los primeros 25m hasta un aproximado de los 200m de profundidad. Del mismo modo, esta anomalía estaría asociada a la presencia de una mineralización primaria por el contenido de sulfuros (Fig.7.11)

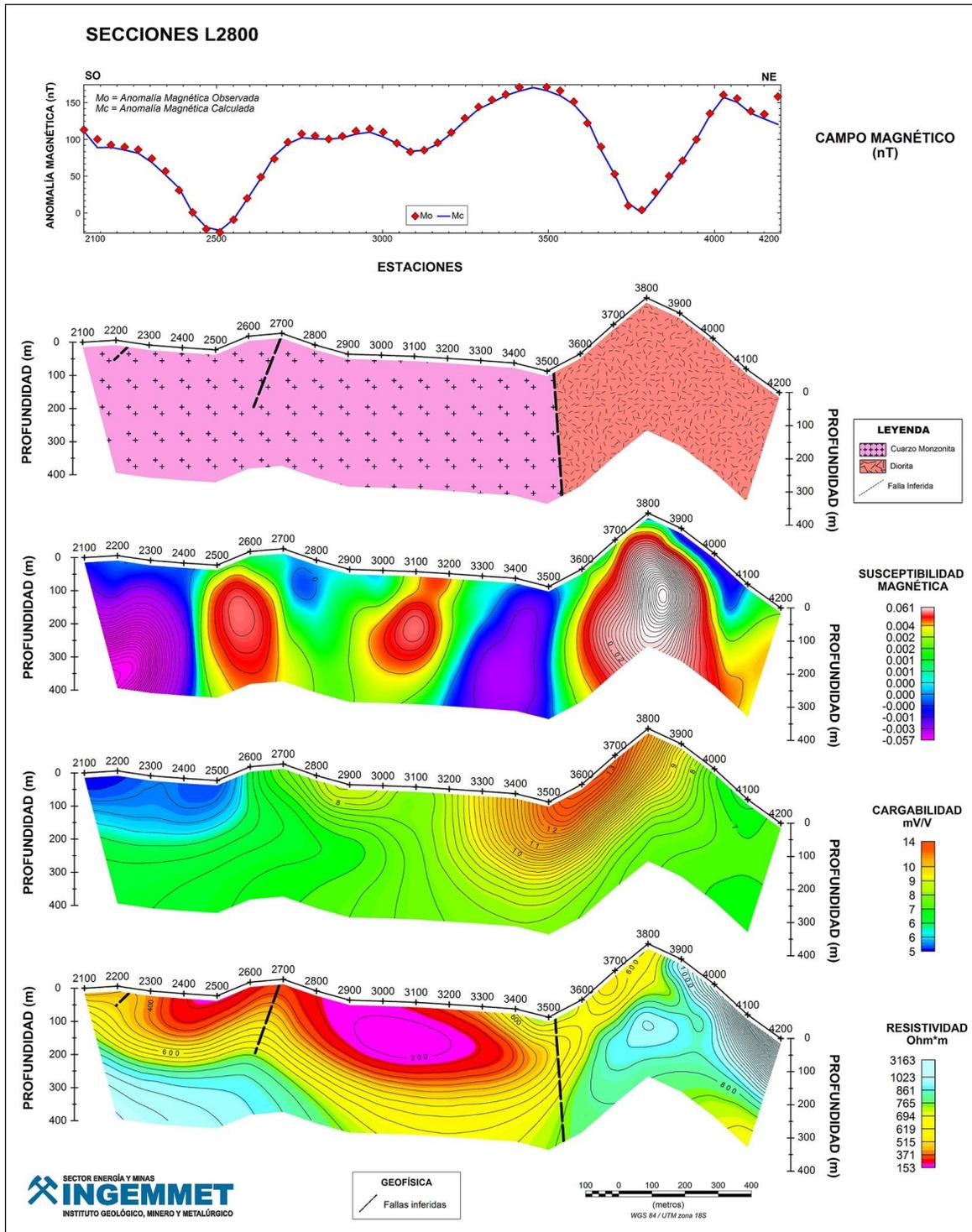


Fig. 7.11. Interpretación de la línea L2800. Sector Parcco – Pararani. Esta imagen muestra la información de inversión de datos hasta los 400m de profundidad. Se observa el campo magnético, la sección geológica, secciones de susceptibilidad magnética, Cargabilidad y Resistividad, comportamiento físico de las rocas.

SECTOR ITAHUI

Del análisis hecho a los mapas de inversión de cargabilidad, en el sector de Itahui, se presentan valores intermedios a altos en el contenido porcentual de material polarizable, esta respuesta corroboraría al sector de la presencia de un posible pórfido a profundidad. Se observa un halo de cargabilidad que se encuentra limitado entre un rango de 25-40 mV/V como se presenta en la Fig. 7.12. Los niveles de profundidad se observan desde los 100m hasta los 300m aproximados siguiendo el relieve topográfico. En estos mapas a profundidad se han delimitado dos sectores importantes donde se observa un halo de alta cargabilidad cuyos valores abarcan un área de 0.6km x 0.4 km. Esta anomalía es consistente desde los primeros 50m hasta los 200m. Es muy probable que el entorno geológico haya atenuado la señal eléctrica no pudiendo lograr penetrar a mayor profundidad o no exista material polarizable por debajo de esta.

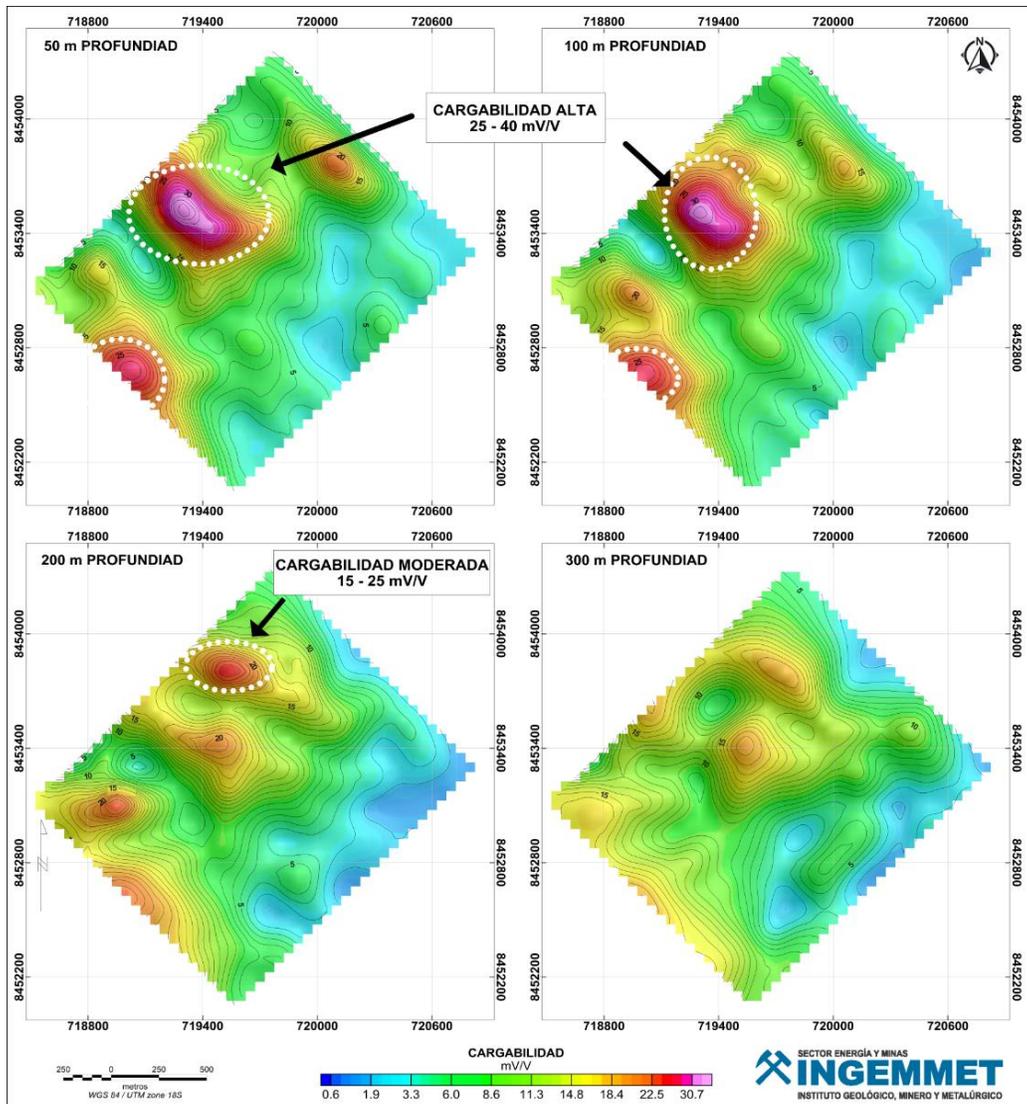


Fig. 7.12. Planos de cargabilidad a diferentes profundidades - Sector Itahui. Información de la inversión de datos de cargabilidad representadas a diferentes niveles de profundidad que van desde los 50 m hasta los 300 m, la distribución de colores es como sigue; cargabilidades moderadas a altas de color anaranjado a magenta, cargabilidades bajas de color amarillo a azul.

En base a estos resultados, y teniendo en cuenta la diferencia de cotas podemos inferir la presencia de un posible cuerpo intrusivo porfirítico que ha sido erosionado, quedando evidencia de una mineralización primaria por la presencia de los sulfuros, los que muestran valores moderados de cobre producto de la calcopirita primaria en superficie provenientes del pórfido.

Se ha realizado el análisis de las secciones y mapas de inversión de resistividad, y se puede inferir lo siguiente; valores con un moderado a alto contenido porcentual de sílice, representada como una capa resistiva sub-horizontal (límites de sílice), los que se encuentran como respuesta desde los primeros 50m y profundiza a un poco más de los 300m aproximadamente y superpone al halo de cargabilidad (Fig. 7.13).

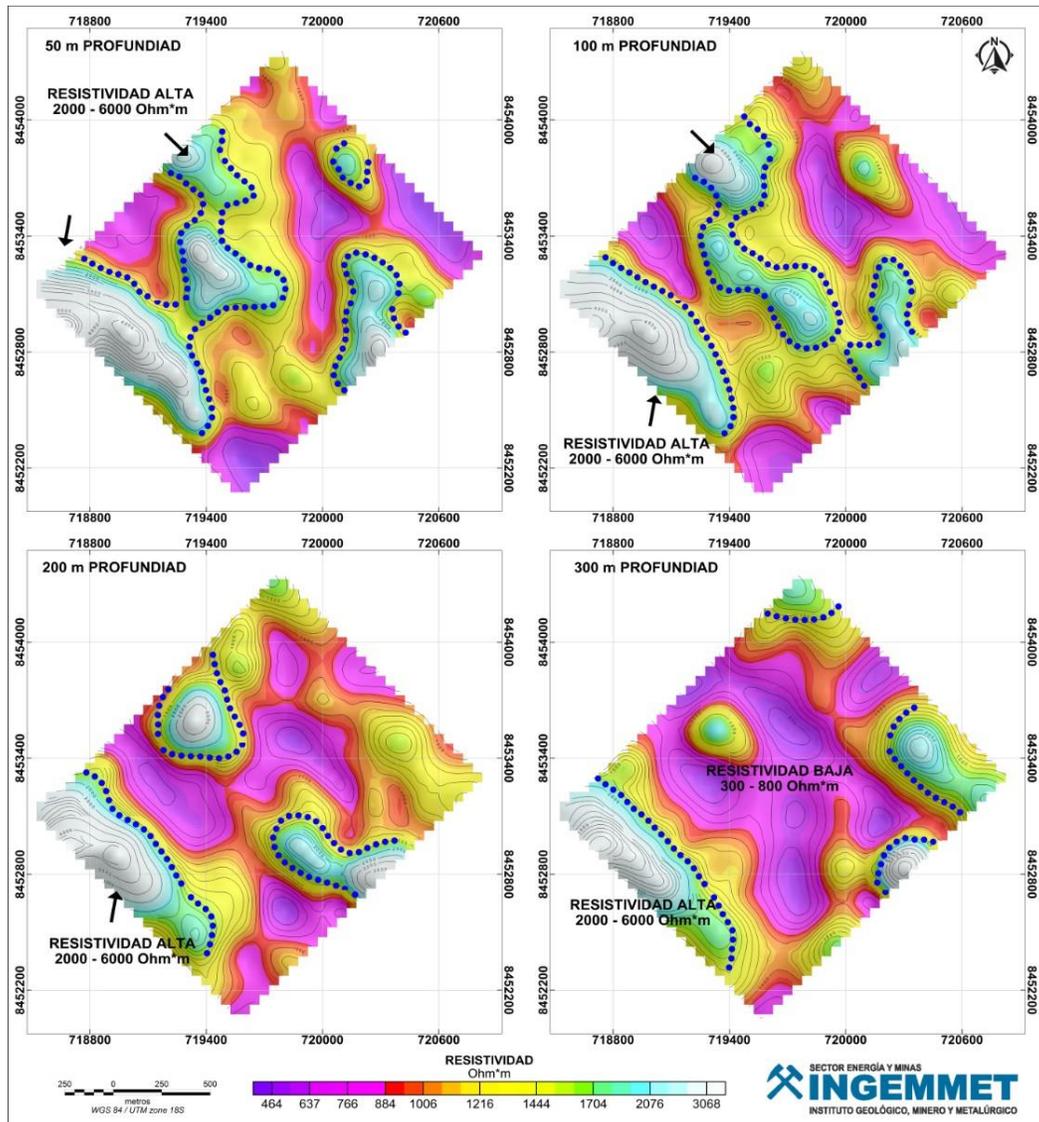


Fig. 7.13. Planos de resistividad a diferentes profundidades - Sector Itahui. Información de la inversión de datos de resistividad representadas a diferentes niveles de profundidad que van desde los 50 m hasta los 300 m, la distribución de colores es; resistividades altas de color celeste-blanco, resistividades moderadas de color amarillo a verde y resistividades bajas de color naranja a magenta.

Se tienen resistividades bajas las que probablemente estarían asociadas a un alto fracturamiento y deformación que conllevan a una razón de porosidad/permeabilidad que permitan el transporte de fluidos mineralizante, Sumner (1976). La representación de la escala de colores para las secciones y mapas de resistividad se muestra; de color naranja-amarillo-verde-celeste-blanco para resistividades altas ($>1000 \text{ Ohm}^*m$), de color magenta-rojo para resistividades intermedias ($>500 \text{ Ohm}^*m < 1000 \text{ Ohm}^*m$) y de color morado para resistividades bajas ($<500 \text{ Ohm}^*m$).

Sección L7000

Esta sección se encuentra ubicada en la parte Norte de Itahui a lo largo del halo de cargabilidad con un contenido moderado de material polarizable. En la parte superior se presenta los contrastes de la intensidad del campo magnético observado (cuadrados rojos) y el calculado (línea azul continua), diferenciando el cambio lateral de la señal magnética producido por efectos geológicos, en este sentido una disminución en la longitud de onda en la señal (Fig.7.14).

En la parte inferior se observa la sección geológica a profundidad, interpretado en base a los contrastes de la respuesta magnética, la susceptibilidad, cargabilidad y la resistividad, infiriéndose una falla y el dique porfirítico ubicado entre las estaciones 3400 – 3700, así mismo de los intrusivos cuarzo-monzonita y la diorita.

Seguidamente, se observa la representación cualitativa de la susceptibilidad magnética como resultado de la inversión de datos de la intensidad del campo magnético, del mismo modo se observa la respuesta directa de una anomalía sub-vertical de alta susceptibilidad asociada a alto contenido ferromagnéticos en su composición tales como la hornblenda, biotitas y magnetita.

La siguiente imagen es la representación de los valores de cargabilidad presentes en la sección, y tiene como rango entre los 20 mV/V - 35 mV/V y una longitud de 0.4km de largo y está siendo limitada desde los primeros 50m hasta un aproximado de los 120m de profundidad atenuándose por debajo de esta.

Los contrastes de resistividades moderadas con valores de 50 Ohm*m – 800 Ohm*m indican una zona conductiva y/o altamente fracturada, sectores con resistividades moderadas a altas 2000 Ohm*m – 6000 Ohm*m indican un mayor contenido de sílice en su composición mineralógica.

En base a estos resultados, y teniendo en cuenta la diferencia de cotas podemos inferir la presencia de un posible cuerpo intrusivo porfirítico que ha sido erosionado, quedando evidencia de una mineralización primaria por la presencia de los sulfuros, los que muestran valores moderados de cobre producto de la calcopirita primaria en superficie provenientes del pórfido.

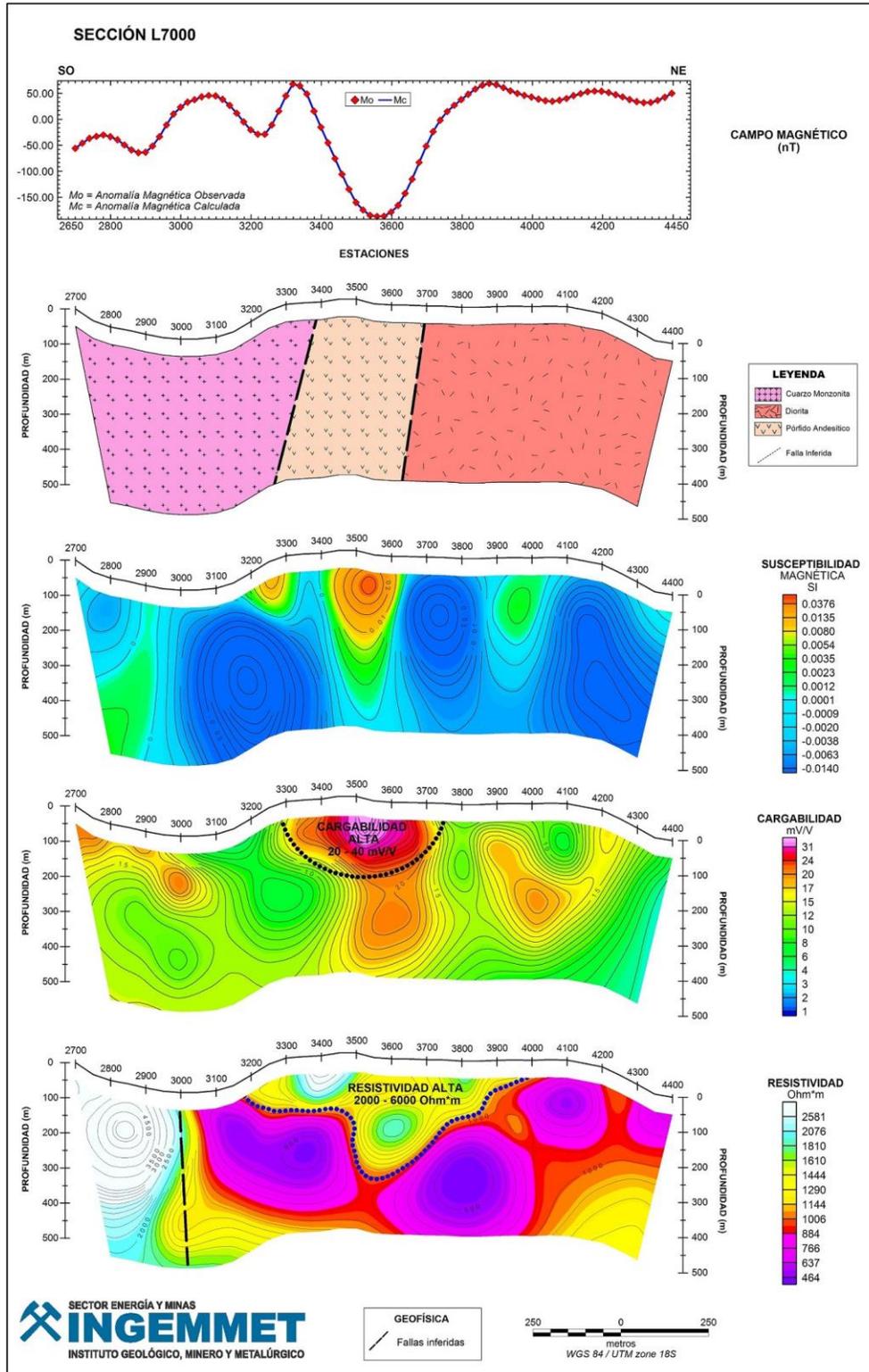


Fig. 7.14. Interpretación de la línea L7000. Sector Itahui. Secciones de Susceptibilidad magnética, Cargabilidad y Resistividad. Esta imagen muestra la información de inversión de datos hasta los 500 m de profundidad

VIII. CONCLUSIONES

- Los trabajos geológicos realizados en el ANAP Huyahuya que comprende las comunidades de Itahui y Parcco-Pararani, han permitido afinar el cartografiado y el reconocimiento de los diferentes tipos de roca que existen en la zona mencionada. Es así que según los estudios petrográficos se han reconocido tres tipos de roca diferentes.
- La interpretación realizada en la imagen satelital de estos sectores muestra por lo menos a sistemas de estructuras que corresponden a fallas, vetillas, venillas y/o estructuras que deberían ser revisadas y muestreadas.
- Los estudios minerográficos indican presencia de minerales de cobre y hierro asociados a pequeñas estructuras y venillas de corto alcance.
- Se han interpretado anomalías geoquímicas de cobre en el sector Parcco – Pararani, con valores de cobre mayores a 300 ppm; sin embargo,
- En el Sector Parcco – Pararani, la respuesta magnética mostro anomalías de bajos y altos magnéticos. La respuesta del bajo magnético es consistente en relación al control estructural de las fallas existentes en el sector donde se presenta la mineralización. El estudio de polarización inducida tuvo como respuesta dos anomalías poco significativas con valores de cargabilidad entre 12 y 16 mV/V, valores que limitan sectores con bajo contenido porcentual de material polarizable y que son observados en los primeros 25m hasta un aproximado de los 180m atenuándose a una mayor profundidad donde no hay información de material polarizable.
- La respuesta de cargabilidad y resistividad son presentados en mapas y secciones de inversión. Así mismo, los contrastes de resistividades bajas con valores de 50 Ohm*m – 423 Ohm*m indican una zona conductiva y otros sectores con resistividades moderadas a altas entre 500 Ohm*m – 3300 Ohm*m indican un mayor contenido de sílice en su composición mineralógica.
- En el Sector Itahui, el estudio de magnetometría mostró anomalías de bajo y alto magnético. El bajo magnético muestra una anomalía débil en contenido magnético, y podría explicarse debido al ascenso de soluciones mineralizadas que se desplazan a través de la roca hospedante y destruyen los minerales magnéticos adyacentes al entorno. El estudio de polarización inducida tuvo como respuesta una anomalía de cargabilidades moderadas-altas con valores entre 20 y 40 mV/V, valores que limitan un halo de material polarizable algo puntual con un área de 0.6 km x 0.4km.
- La respuesta de cargabilidad y resistividad son presentados en mapas y secciones de inversión. Así mismo, los contrastes de resistividades moderadas con valores de 300 Ohm*m – 800 Ohm*m indican una zona conductiva y/o una zona altamente fracturada,

otros sectores con resistividades altas entre 2000 Ohm*m – 6000 Ohm*m indican un mayor contenido de sílice en su composición mineralógica.

- En base a los resultados de prospección geofísica, no se han encontrado anomalías geofísicas importantes que estén directamente relacionadas a los objetivos iniciales planteados. En el sector de Parcco – Pararani se puede inferir la presencia de un posible cuerpo intrusivo porfirítico que ha sido erosionado, quedando evidencia de una mineralización primaria por la presencia de los sulfuros, los que muestran valores moderados de molibdeno y cobre producto de la calcopirita primaria en superficie provenientes del pórfido. En el sector de Itahui, las anomalías son asociadas a estructuras sub-verticales (vetas y diques?) las mismas que están controladas por la tectónica andina.

IX. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados de prospección geoquímica y geofísica, y siendo estos poco prometedores para asegurar la existencia de un yacimiento importante en el ANAP Huyahuya, se recomienda no continuar con los estudios de prospección y exploración. Asimismo, se recomienda dejar el área de no admisión de petitorios a libre denunciabilidad.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Quispe, J., Rivera, R., Valencia, M., Chirif, H., Huanacuni, D., Rodríguez, I., Villareal, E., Paico, D., & Santisteban, A. (2010) Mapa metalogenético del Perú. En Geología Económica y Metalogenia del Perú, Estudios de Geología Económica, Serie B.
- Beer Creek, (2004). Proyecto la Yegua. Ver en: <http://www.bearcreekmining.com/s/la-yegua.asp>
- Bendezú, A., (2007) Mineralización Tipo Pórfido de Cu-Mo Asociadas a Venas Cordilleranas de Metales Base: Toromocho-Morococha, Distrito de Morococha, Perú. Tesis de titulación. 131 pág.
- Bonhomme, M.G., Carlier, G. (1990) Relations entre magmatisme et minéralisations dans le Batholite d'Andahuaylas-Yauri (Sud Pérou): Données géochronologiques: 2nd International Symposium on Andean Geodynamics, Grenoble, France, psg. 329-331.
- Carlier, G., Carlotto, V., Ligarda, R., Manrique, E. (1989) Estudio metalogenético de la subprovincia cuproaurífera Tintaya – Bambas, conveio de cooperación científica UNI-ORSTOM, Informe final 1984-1988, Lima, Perú, pag. 143-248.
- Carlier, G., Lorand, J.P., Bonhomme, M., Carlotto, V. (1996) A reappraisal of the Cenozoic Inner Arc magmatism in southern Peru: Consequences for the evolution of the Central andes For the past 50Ma: Third International Symposium on Andean Geodynamics, St. Malo, Frande, Extended Abstracts volume, pag. 551-554.
- Carlotto, V. (1998) Évolution Andine at Raccourcissement au niveau de Cusco (13-16°S) Pérou: Enregistrement sedimentary, chronologie, controles paléogéographiques, evolution cinématique: Unpublished Phd. Thesis, Grenoble, France, Université Joseph Fourier, 159 pag.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, M., Díaz, E., Jaimes, F., Valverde. (2009) Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. 1 Bol. Soc. Geol. Perú 103: 42-46p.
- Clark, A., Farrar, E., Kontak, D., Langridge, R., Arenas, M., France, L., McBride, S., Woodman, P., Wasteneys, H., Sandeman, H., Archibald, D., (1990) Geologic and Geochronologic Constraints on the Metallogenic Evolution of the Andes of Southeastern Peru: Economic Geology, v. 85, n. 7, p. 1520-1583.
- 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
- Dynacor Gold Mines Inc. (2010) NI 43-101 Technical Evaluation Report on the Tumipampa Property, pág.487-489.
<http://www.sedar.com/GetFile.do?lang=EN&docClass=24&issuerNo=00025731&issuerType=03&projectNo=01746701&docId=2891515>.

- Einaudi, M.T., (1982) General features and Origin of Skarn Associated with Porphyry Copper Plutons, southwestern North America; in *Advances in Geology of the Porphyry Copper Deposits Southwestern U.S.*, Tittley, S.R., Editor, University of Arizona Press. P. 185-209.
- Einaudi, MT, Hedenquist, JW., Inan, EE. (2003) Sulfidation state of fluids in active and extinct hydrothermal systems: transitions from porphyry to epithermal environments. *Society of Economic Geologists. Special Publication 10*: 285-314.
- Ellis R. G., de Wet B., Macleod I. N. (2013) Inversion of Magnetic Data from Remanent and Induced Sources, 22nd International Geophysical Conference and Exhibition, 26-29 February 2012 - Brisbane, Australia. Disponible en: http://www.geosoft.com/media/uploads/resources/technical-papers/magnetization_vector_inversion_mvi.pdf
- GEM Systems Advance (2014). Gemlink Ver.5.3.1.8. Disponible en: www.gemsys.ca
- Guilbert, J., Parck, Ch., (1986) *The Geology of Ore Deposits*. W.H. Freeman and Company/New York, 191-197 pág.
- Hinze W. J., Von Frese R. & Saad, A. H. (2013) - *Principles, Practices, and Applications. Gravity and Magnetic Exploration*, Cambridge University Press.
- JOHN, D.A. 2010. Porphyry Copper Deposit Model. En: *Mineral deposit Models for Resource Assessment. Scientific Investigations Report 2010-5070-B*. U.S. Geological Survey.
- Lang, J.R., Eastoe, C.J., (1989) Stable isotope studies of sulfates and sulfides in the Mineral Park porphyry Cu-Mo system, Arizona. *Economic Geology*, v. 84, p. 650-662.
- Lowell y Guilbert (1970) Modelo clásico de depósitos tipo pórfido de cobre. *Economic Geology* V.65, p. 373-407.
- MacLeod I., Ellis R., (2013) Magnetic Vector Inversion, a simple approach to the challenge of varying direction of rock magnetization
- Nash, J.T. (1976) Fluid inclusion petrology-data from porphyry copper deposits and applications to exploration. *U.S.G.S. Professional Paper 907D*, 16 pág.
- PELTON, W.H. SMITH, P.K. 1976. Mapping Porphyry Cooper Deposits in The Philippines with IP. *Geophysics*, Vol. 41, No. 1, pp.106-122.
- Perello, J., Carlotto, V., Zárate, A., Ramos, P., Posso, H., Neyra, C., Caballero, A. (2003) Porphyry-Style alteration and mineralization of the middle Eocene to Early Oligocene Andahuaylas – Yauri Belt, Cuzco región, Peru. In: *Economic Geology*, V. 98, pag. 1575-1605
- Perelló, J., Posso, H., Zárate, A., Ramos, P., Caballero, A., Martini, R., Fuster, N. & Muhr, R., (2004). Cotabambas: Late Eocene Porphyry Copper-Gold Mineralization Southwest of Cuzco, Perú. *Special Publication 11*, 2004. Pp. 213-230.

- Prabhakar S. Naidu and M.P. Mathew, (1998) - Analysis of Geophysical Potential Fields, A *Digital Signal Processing Approach*. Advances in Exploration Geophysics 5.
- Rivera, R., Bustamante, A., Acosta, J., Santisteban, A., (2010) GE-24 Project "Evaluation of Ore Deposits Potential in the Andahuaylas – Yauri Batholith" Technical Scientific Report, Mineral Resources And Energetic Direction, Metallogeny Program. 100 pág.
- Sánchez, A., Mendoza, C., Mendoza, N., Cosme Pérez Puig O., (2014) Nuevas Tipologías de Yacimientos con Interés Económico en el Departamento de Apurímac Asociados al Batolito Andahuaylas-Yauri: Caso Tumipampa. XVII Congreso Peruano de Geología "Alberto Benavides de la Quintana".
- Sempere, T. Jacay, 1., Pino, A., Bertrand, H., Carlotto, V., Fornari, M., Garcia, R., Jimenez, N., Marzoli, A., Meyer, c., Rosas, S. y Soler, P. (2004). Estiramiento litosférico del Paleozoico superior al Cretáceo Medio, en el Perú y Bolivia. Sociedad Geológica del Perú. Publicación especial. No. 5. pp. 45-79
- Sillitoe, R.H. (1973) The tops y bottoms off porphyry copper deposits.-Econ. Geol., vol. 68, pagina 799-815.
- Sumner, J. S. (1976) - Principles of induced polarization for geophysical exploration, Elsevier Publishing, Amsterdam, 277p.
- Suni, R., (1998) Prospección Geoquímica de Rocas y Sedimentos de Quebrada en la Zona Huayllura-Cotahuasi-Arequipa. pág 55-56.
- Telford W. M., Geldar L.P., Sheriff R.E., (1990) - Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- Valdivia y La Torre, 2003. Memoria Descriptiva de Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Antabamba (29q). Escala 1:50 000. INGEMMET. 19 pág.
- Velasco, F. (2004) Introducción al Estudio de las Inclusiones Fluidas. Curso Latinoamericano de Metalogenia.UNESCO-SEG 2004 CRICYT, Mendoza, Argentina del 17 al 28 Agosto de 2004.
- White R.M.S., Collins S. y Loke M.H. (2003) Resistivity and IP arrays, optimised for data collection and inversion. Exploration Geophysics 34, p. 229–232.
- William J. Hinze, Ralph R.B. Von Frese and Afif H. Saad, (2013) - Principles, Practices, and Applications. Gravity and Magnetic Exploration, Cambridge University Press.
- Wilkinson, J.J. (2001) Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits: Lithos, v. 55, p. 229-272.
- WONG, J. 1979. An electrochemical model of the induced-polarization phenomenon in disseminated sulfide ores. Geophysics 44 (7): 1245-1265.
- Applying filters with montaj Geophysics (2013). Disponible en:
<http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Applying_Filters_with_montaj_Geophysics.pdf

ANEXOS

ANEXO I .- Base de datos de muestras del ANAP Huyahuya

ANEXO II.- Resultados de geoquímica del ANAP Huyahuya

1. Resultados Geoquimicos
2. Blancos Certificados
3. Certificado de estándares

ANEXO III.- Estudios Petrograficos y Mineragráficos del ANAP Huyahuya

1. Estudios Petrográficos
2. Estudios Mineragráficos

ANEXO IV.- Mapas Geoquimicos del ANAP Huyahuya

1. Mapa Geoquimico del Oro
2. Mapa Geoquimico de la Plata
3. Mapa Geoquímico del Cobre
4. Mapa Geoquímico del Molibdeno

ANEXO V.- Mapas

1. Mapa de Ubicación
2. Mapa de Catastro
3. Mapa de Comunidades
4. Mapa Geológico
5. Mapa de Estructuras
6. Mapa de operaciones y proyectos mineros
7. Mapa de distriucion de muestras