



INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE METALOGENIA

PROYECTO GE-28

PROSPECCIÓN DE ANAP's



Vista panorámica del ANAP Supaura.

EVALUACIÓN GEOLÓGICA-MINERA DEL ANAP SUPARAURA

GEOLOGÍA

Andrés Zuloaga, Joel Otero,
Merly Mendoza & Elmer H. Gómez

GEOFÍSICA

Ronald Yupa, Carlos Valencia,
Rosmery Flores.

Lima – Perú

2013

Contenido

1.	Introducción.....	1
1.1	Objetivo.....	2
1.2	Revisión por otros expertos.....	2
1.3	Ubicación y descripción.....	2
1.3.1	Condiciones Sociales y Comunales	4
1.3.2	Propiedad minera y áreas libres.....	6
1.4	Accesibilidad, clima, fisiografía, recursos locales e infraestructura.....	8
1.4.1	Accesibilidad	8
1.4.2	Clima	9
1.4.3	Fisiografía	9
1.5	Historia.....	11
2.	Entorno y contexto geológico.....	12
2.1	Geología regional	12
2.2	Geología local.....	12
2.2.1	Formación Muñani	15
2.2.2	Rocas Ígneas.....	19
2.3	Contexto estructural	22
3.	Alteraciones hidrotermales y mineralización	23
3.1	Alteración hidrotermal	23
3.1.1	Propilitización.....	23
3.1.2	Sericitización.....	26
3.2	Mineralización.....	27
3.2.1	Mineralización en rocas sedimentarias	27
3.2.2	Mineralización en diques	30
3.3	Discusión	32
4.	Tipos de depósito	33
5.	Prospección geoquímica de rocas.....	36
5.1	Métodos de muestreo y enfoque.....	36
5.1.1	Preparación y control de muestras en el Anap Suparaura	36
5.1.2	Preparación y control de la muestra en gabinete campo.....	36
5.1.3	Verificación de datos	37
5.2	Aseguramiento y control de calidad	37
5.2.1	Análisis de control de calidad del elemento Cu, en blanco grueso y fino.....	39
5.2.2	Análisis de control de calidad para estándares.....	39
5.2.3	Análisis de control de calidad para duplicados.	43
5.3	Interpretación geoquímica de rocas.....	46
5.3.1	Población Estadística de Roca Sedimentaria	46
5.3.2	Población Estadística de Roca Volcánica	49
5.3.3	Población Estadística de Roca Intrusiva	52
5.4	Conclusiones	55
6.	Prospección geofísica	56
6.1	Métodos geofísicos	57
6.1.1	Método de polarización Inducida.....	57
6.1.2	Método de Magnetometría	57
6.2	Trabajos de campo e instrumentación.....	58
6.3	Procesamiento de datos.....	65
6.3.1	Procesamiento de Datos Magnéticos.....	65

6.3.1.1	Corrección Diurna.....	65
6.3.2	Procesamiento de Datos de Polarización Inducida.....	66
6.3.2.1	Compilación de Datos.....	66
6.4	Interpretación.....	66
6.4.1	Interpretación de Datos Magnéticos.....	66
6.4.2	Interpretación de Datos de Polarización Inducida.....	74
6.5	Conclusiones y recomendaciones	77
7.	Marco metalogenético.....	78
7.1	Proyectos y Ocurrencias de Mineralización Adyacentes.....	79
7.1.1	Proyecto La Yegua	79
7.1.1.1	Ubicación	79
7.1.1.2	Geología Regional	79
7.1.1.3	Geología Estructural.....	80
7.1.1.4	Tipo de Yacimiento y Mineralización.....	80
7.1.1.5	Recursos Minerales	80
7.1.2	Proyecto Los Chancas.....	81
7.1.2.1	Ubicación	81
7.1.2.2	Geología Regional	81
7.1.2.3	Geología Estructural.....	83
7.1.2.4	Tipo de Yacimiento y Mineralización.....	83
7.1.2.5	Tipo de Alteración.....	84
7.1.2.6	Recursos Minerales	84
7.1.3	Proyecto Tumipampa.....	85
7.1.3.1	Ubicación	85
7.1.3.2	Geología Regional	85
7.1.3.3	Geología Estructural.....	85
7.1.3.4	Tipo de Yacimiento, mineralización y alteración	85
7.1.3.5	Recursos Minerales	87
8.	Datos relevantes	88
9.	Conclusiones y recomendaciones	89
10.	Referencias bibliográficas.....	90
	Lista de Figuras.....	93
	Lista de Tablas	95
	ANEXOS.....	96

RESUMEN

El marco geológico regional del área investigada lo constituye unas secuencias de rocas sedimentarias marinas y continentales del Cretácico inferior a superior, cortadas por intrusivos paleógenos, los que muestran una serie de diques andesíticos (afaníticos y porfirítico) y dioríticos; depósitos recientes son observados en las laderas de los valles y fondos de quebradas.

La geología local está constituida por areniscas de la Formación Muñani con sus dos miembros, en el inferior se tiene areniscas de grano medio a grueso, color marrón claro variando a tonalidades rojizas, presenta niveles conglomerádicos en la parte media a superior, al techo se observan tobas líticas que serían el límite con el miembro superior. El mismo que está conformado mayormente por areniscas arcósicas de grano fino, intercaladas con limoarcillas color marrón rojizo de tonalidades verdosas, este miembro es muy importante, por la presencia de niveles con materia orgánica (fósil de planta “carbón”) el cual está relacionado a mineralización del Cu. Es importante resaltar que la secuencia sedimentaria está cortada por un enjambre de diques (andesíticos a dioríticos) que en algunos casos alteran la roca caja (areniscas).

La edad de las capas rojas de la Formación Muñani aún no ha sido datada. Sin embargo por su posición estratigráfica sería correlacionable con el Grupo San Jerónimo, de 52 y 30 Ma, datación por trazas de fisión en apatitos (Carlotto, et al., 2006).

Las rocas intrusivas, son parte del batolito Andahuaylas -Yauri, el cual se caracteriza por presentar un magmatismo calco-alcalino, con medio a alto contenido de potasio (Clark et al., 1990), también se ha caracterizado como un ambiente metaluminoso con magmatismo tipo I, relacionado a pórfidos de Cu – Au – Mo (Rivera et al., 2010). En las coordenadas N: 8455532 E: 702215 y altitud: 3204 m.s.n.m. Se ha tomado una muestra para datación del intrusivo en la zona. El Batolito Andahuaylas-Yauri corta una secuencia sedimentaria marina constituida por calizas de la Formación Arcurquina y limoarcillitas de la Formación Ausangate, asimismo capas rojas compuestas por areniscas de la Formación Muñani inferior y superior.

El ANAP Suparaura está ubicado entre las comunidades de Supalla, Pampallacta y Chapimarca perteneciente al distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes, región de Apurímac, 700 km al sureste de Lima, y a 114 km al oeste de Abancay capital de la Apurímac. Se llega al ANAP desde Lima tomando la Panamericana Sur, Lima-Nasca,

luego, se sigue el desvío Nasca-Abancay-Cusco. Geográficamente se ubica al flanco oriental de la Cordillera Occidental de los Andes entre los 2200 m.s.n.m. a 3500 m.s.n.m. de altitud.

Basados en la interpretación de fotografías aéreas, análisis de campo y estilo tectónico se han definido la existencia de tres sistemas estructurales en el ANAP :**(1)** NO – SE, **(2)** E-O, y **(3)** NNO-SSE, los que pueden ser interpretados como fracturamiento y fallas posteriores, cuyo rumbo es de N 10° - 15° O pasando por el extremo nororiental del área de trabajo.

Fueron recolectadas 374 muestras de esquirla de roca (chips) y cuyos resultados analíticos reflejan valores anómalos de Cu en las unidades sedimentarias, destacando los sectores Supaura, Supaccara, Huanchuylo y Supalla, los valores oscilan entre los 1000 ppm a 10,000ppm, valores significativos en una etapa de prospección.

Los trabajos de campo y resultados nos permiten decir que: el estilo de mineralización que se aprecia en el ANAP Supaura, está relacionada a los depósitos del tipo “Sediment Hosted” (Estrato Ligado) alojado en las capas rojas de la Fm. Muñani. En la región se le diferencian dos miembros, superior e inferior.

La mineralización observada está emplazada a los sedimentos del miembro superior, generalmente concordantes y/o levemente discordantes a la estratificación.

La mineralogía en las areniscas, consta de dos tipos y/o estilos; el primer caso, la calcopirita se presenta rellenando espacios intersticiales de la arenisca en venillas que cortan la roca receptora; en el segundo caso, se puede apreciar, malaquita asociado con materia orgánica, que actúa como un agente reductor y controlador de precipitación de cobre.

Las pocas evidencias de mineralización encontrada y resultados obtenidos hacen que esta ANAP tenga poco interés prospectivo.

Cabe resaltar que el ANAP Supaura se ubica $\pm$ 15 kilómetros en línea recta del pórfido Los Chancas (Cu-Mo), asimismo muy cerca a los proyectos, La Yegua (Cu-Mo, Au), al skarn-veta Tumipampa (Cu-Au, Fe-Au). Suponemos que el bajo contenido de Cu, proviene de soluciones que no han permitido generar áreas prospectivas interesantes y que la mineralización tiene control estructural-litológico.

1. Introducción

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico basado en interpretaciones geológicas, ubicación metalogenéticas y otros, identificó como área prospectiva el ANAP Supaura, la misma que fue solicitada al Ministerio de Energía y Minas, para ser prospectada por depósitos del tipo pórfido de Cu-Mo-Au, y/o cobre sedimentario, de interés que incremente el potencial minero del país y despierte el interés de la inversión privada.

Durante el 2013 se iniciaron los trabajos de campo en esta ANAP cubriéndose una extensión de 2000 ha, ubicada en la región Apurímac. El presente informe describe las características geológicas, geofísicas y geoquímicas, enfocadas a determinar la importancia económica de las anomalías identificadas, sustentadas con los análisis de aseguramiento de control de calidad, cuadros y gráficos, los cuales fueron realizados por geólogos de INGEMMET.

La evaluación económica se basa también en informaciones publicadas por expertos en depósitos similares a los ubicados en las provincias de Cusco y Sicuani. En la franja metalogénica se tiene otras minas y prospectos del tipo pórfido de cobre, molibdeno - oro como Los Chancas (Southern Perú Copper Corporation) y La Yegua (Bear Creek Mining Company), así como el yacimiento de Au-Cu (veta-skarn) del Proyecto Tumipampa (Dynacor Gold Mines)

1.1 Objetivo

El principal objetivo del ANAP Suparaura, fue identificar prospectos del tipo pórfido de Cu-Au-Mo u otros, con potencial económico de interés comercial.

1.2 Revisión por otros expertos

Las evidencias del tipo cobre sedimentario ubicadas en las regiones Apurímac, Cusco y Junín han sido materia de múltiples investigaciones por parte de especialistas en este tipo de yacimientos, habiéndose publicado una serie de artículos, así como tesis de grado (Loza, M., 2004).

De acuerdo a la información obtenida del campo, se realizó el aseguramiento y control de calidad requerido para la toma de muestras y certeza de las leyes obtenidas de los laboratorios, lo que nos permite tener un sustento razonable para confiar en la fidelidad de la información plasmada en el informe.

Este informe también se basa en los datos confiables del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) con el apoyo del área de Concesiones y Catastro Minero. Asimismo, datos publicados en internet por importantes empresas mineras en exploración, explotación y profesionales de la minería ligados a ellas.

1.3 Ubicación y descripción

El ANAP Suparaura tiene una extensión de 2,000 hectáreas y se ubica en las comunidades de Supalla, Pampallacta y Chapimarca pertenecientes al distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes, región de Apurímac, hoja topográfica 28-p (Andahuaylas). Geográficamente se ubica en la Cordillera Occidental al sureste del Perú (Fig. 1.1).

Está delimitada por las siguientes coordenadas geográficas:

Meridianos:	73° 06' 15"	a	73° 09' 05"	Longitud Oeste.
Paralelos:	13° 56' 35"	a	13° 59' 25"	Longitud Sur.

1.3.1 Condiciones Sociales y Comunes

Previo a los trabajos de prospección se realizaron charlas y un taller explicativo en las comunidades Chapimarca y Pampallacta. El taller se realizó dentro de los meses de Marzo y Julio del 2013; antes y durante la segunda campaña de campo, se expuso ante los comuneros y autoridades presentes, los objetivos, actividades a realizar y se presentó al equipo de trabajo de INGEMMET.

De esta manera, se coordinó con los presidentes de las comunidades de Chapimarca y Pampallacta las acciones a tomar y así poder realizar los trabajos de campo sin mayor contratiempo. (Fig. 1.2)

El ANAP Suparaura está comprendido entre las comunidades de Pampallacta, Supalla y Chapimarca. (Fig. 1.3).



Fig. 1.2 Charla informativa en la Comunidad de Pampallacta.

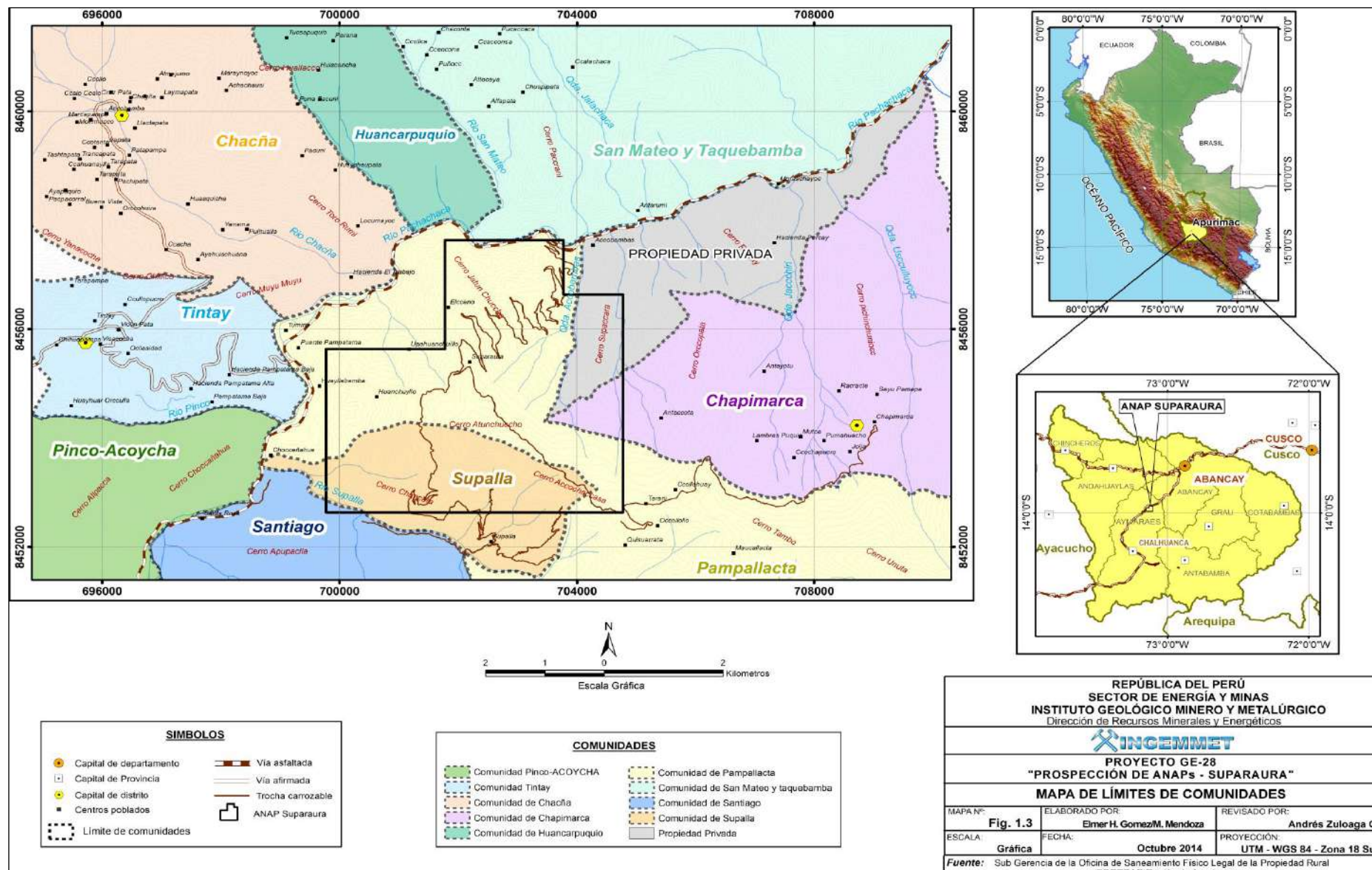


Fig. 1.3 Mapa de Comunidades ANAP Supaura.

1.3.2 Propiedad minera y áreas libres

El ANAP Supaurara le fue otorgada al INGEMMET el año 2013 hasta por un período de cinco años y comprende 2,000 has (Fig.1.4), las coordenadas en sus 8 vértices se muestran en la Tabla 1.1:

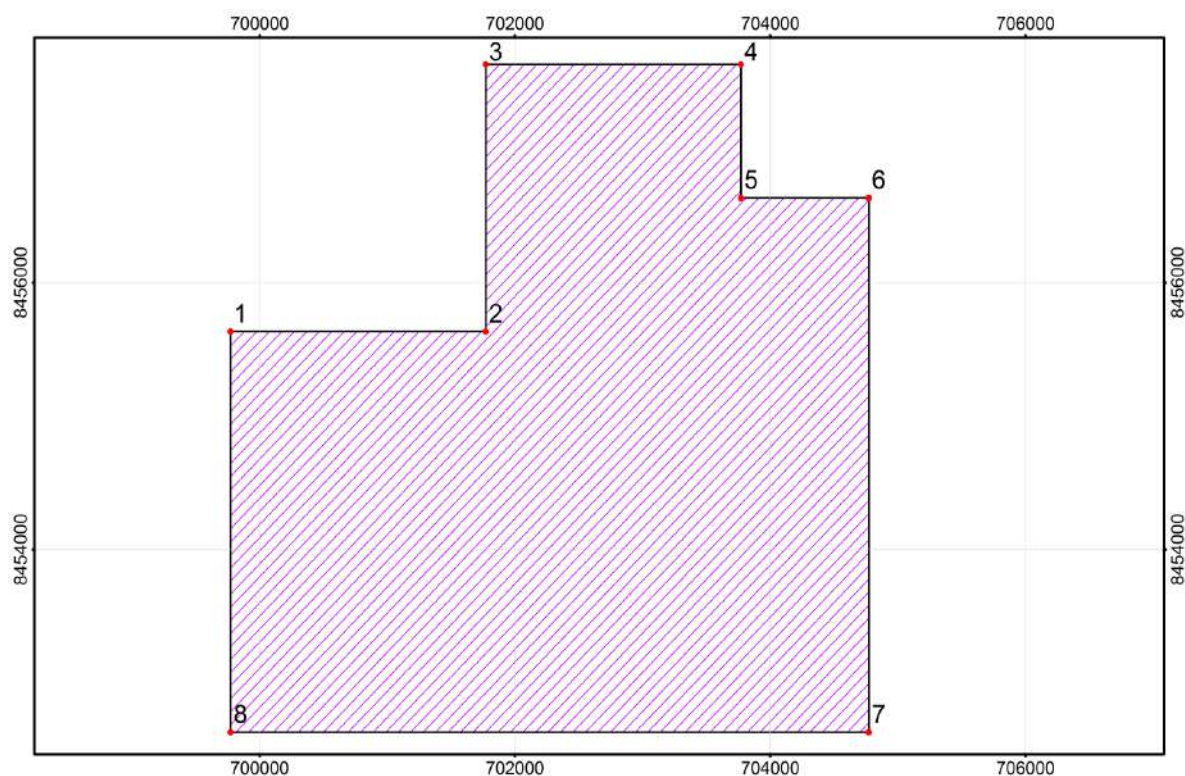


Fig. 1.4 Vértices ANAP Supaurara (UTM WGS 1984-Zona 18)

El ANAP Supaurara en su mayor parte está rodeada por concesiones de terceros (Fig. 1.5).

Tabla 1.1 Coordenadas UTM de vértices ANAP Supaurara: WGS 84 y PSAD 56 (zona 18s)

VERTICES	WGS 84 UTM Zona 18S		UTM PSAD 56 Zona 18 S	
	Este	Norte	Norte	Este
1	699772.66	8455634.69	8457000	705000
2	701772.63	8455634.69	8453000	705000
3	701772.63	8457634.65	8453000	700000
4	703772.60	8457634.65	8456000	700000
5	703772.60	8456634.67	8458000	702000
6	704772.58	8456634.66	8458000	702000
7	704772.57	8452634.73	8458000	704000
8	699772.65	8452634.74	8457000	704000

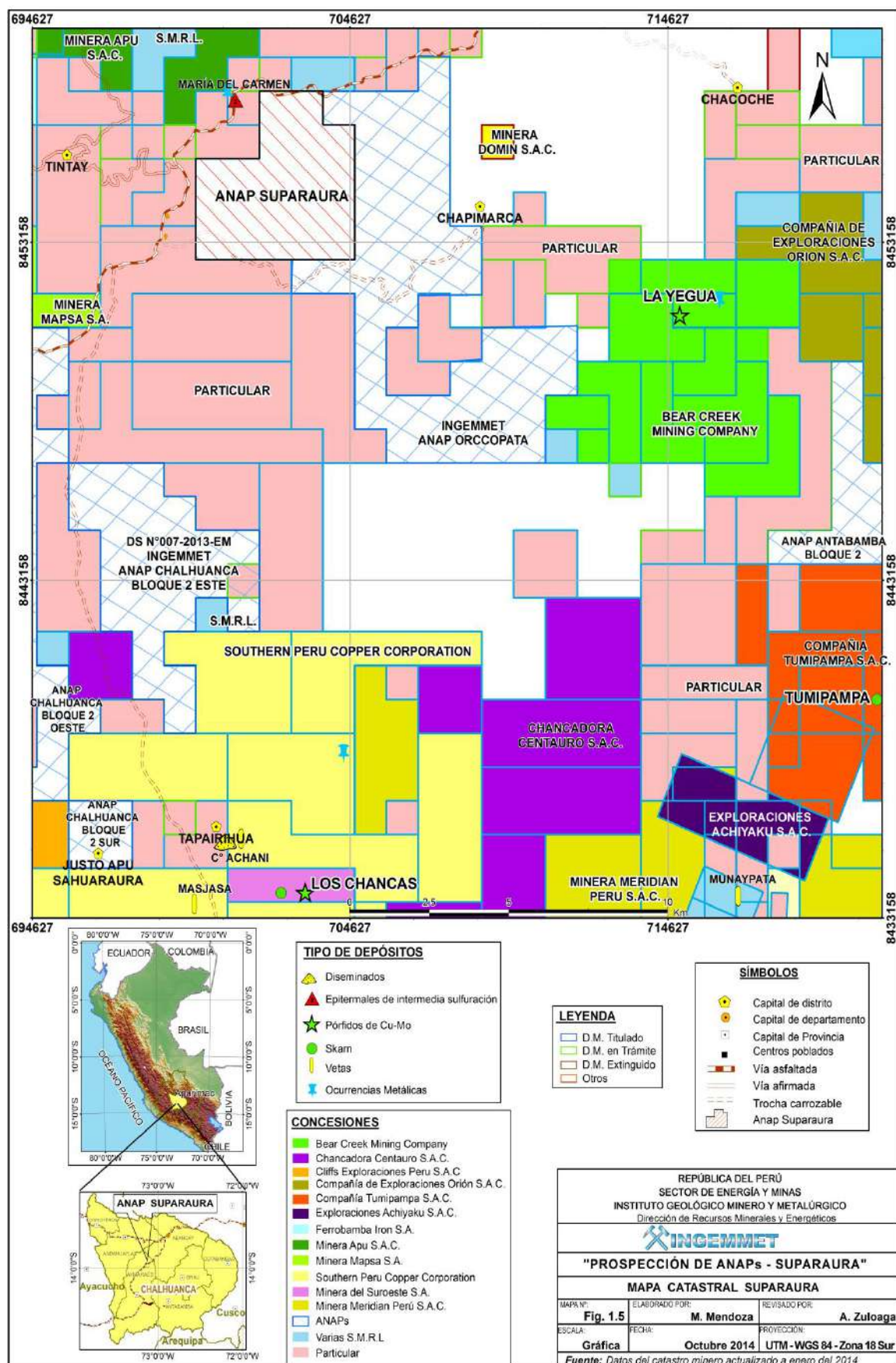


Fig. 1.5 Mapa catastral del ANAP Suparaura.

1.4 Accesibilidad, clima, fisiografía, recursos locales e infraestructura

1.4.1 Accesibilidad

El acceso al área de estudio se realizó mediante las rutas:

a. Ruta 1.- (Tabla 1.2 y Fig. 1.6)

Tabla 1.2 Acceso ANAP Suparaura - Ruta 1

Ruta	Distancia	Vía de acceso	Tiempo
Vía Aérea			
Lima - Cusco	586 Km.	Aérea	1 h.
Vía Terrestre			
Cusco - Abancay	198 Km.	Carretera asfaltada	5 h.
Abancay - Suparaura	114 Km.	Carretera asfaltada	1 y ½ h.

b. Ruta 2. (Tabla 1.3).

Tabla 1.3 Acceso ANAP Suparaura - Ruta 2

Ruta	Distancia	Vía de acceso	Tiempo
Vía Terrestre			
Lima – Nasca	460 Km.	Carretera asfaltada	6 h.
Nasca – Chalhuanca	363 Km.	Carretera asfaltada	5 h.
Chalhuanca – Suparaura	150 Km.	Carretera asfaltada	1½ h.

En ambos casos la carretera asfaltada Nasca-Cusco, pasa por el borde septentrional del ANAP, de allí existen trochas carrozables que facilitan su acceso a las zonas de trabajo.



Fig. 1.6 Imagen donde se muestra el desvío e inicio del ANAP Supaura, Panamericana Sur Nazca - Chalhuanca-Abancay-Cusco.

1.4.2 Clima

El clima en la región es muy variado con temperaturas anuales que van de -5°C a 25°C , con estaciones bastante marcadas, el período de lluvias abarca generalmente desde el mes de Octubre a Marzo y puede ir hasta Abril iniciándose luego el periodo de estiaje hasta Setiembre.

1.4.3 Fisiografía

La topografía es muy accidentada típica de la cordillera de los andes, se caracteriza por presentar un relieve montañoso, con laderas de pendientes muy variables desde empinadas a extremadamente empinadas las elevaciones, que van desde 2200 m.s.n.m. a 3500 m.s.n.m., es abrupto con abismos, cañones y cumbres, presenta drenajes que corren de sur a norte que nacen en las laderas del Cerro Jatun Chuccho, Accochaccasa y Chancara, tributarios del río Pachachaca.

Estos ambientes fisiográficos se encuentran cubiertos por una vegetación natural, pastizales, matorrales, que en algunos lugares están dedicadas a una agricultura de consumo local.

1.4.4 Recursos Locales e Infraestructura

El ANAP Suparaura cuenta con infraestructura pública (capital de departamento, pueblos, hidroeléctricas, zonas de cultivo, etc.). Tienen como acceso inmediato la carretera asfaltada Nasca-Abancay-Cusco. El recorrido desde la zona de estudio, hasta Abancay como ciudad más importante, es de 114 Km.

En la zona de estudio la comunidad está dedicada a la agricultura (se cultiva maíz, papa, cebada, etc.) y ganadería (crianza de ganado vacuno). Como recurso energético, se tiene a la Central Hidroeléctrica de Abancay, que emplean aguas del río Pachacaca.

La capital de departamento, Abancay, cuenta con facilidades de hospedaje, para realizar las coordinaciones logísticas, almacenamiento de materiales, agencias de viaje, envíos y recepción de muestras y otros requerimientos, así como, para el transporte del personal de trabajo. También se debe tener en cuenta que en el distrito de Chapimarca, se consigue mano de obra, tanto para la etapa de prospección como de exploración y sirve como punto de apoyo al personal de trabajo.

En la fase de prospección, así como en la siguiente fase de exploración, se dispone de recursos e infraestructura a la mano.

El transporte de insumos, materiales y personal en las etapas de preparación y construcción del proyecto, exigirá una demanda adicional a la existente, en el uso de las vías de acceso al proyecto. Estas se llevarán a cabo principalmente utilizando la carretera Lima-Nasca-Abancay. El equipo especializado en minería se trasladaría desde Lima e Ica.

1.5 Historia

En los alrededores del ANAP Suparaura, existen varias ocurrencias de mineralización tipo vetas de metales base, que corresponden a informes Técnico-Económicos del ex-Banco Minero del Perú (1960), las estructuras vetiformes han sido muestreadas por metales base con concentraciones de Cu, Au y Ag. Asimismo, los titulares mineros de la concesiones en ese entonces, realizaron trincheras y galerías de poca dimensión.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), mediante la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos firmó un convenio de Cooperación Internacional con el Servicio Geológico de Corea, Titulado “Evaluación del Potencial de los Depósitos Minerales en el Batolito Andahuaylas - Yauri”. Esta investigación formó parte del proyecto GE-24 considerado en el plan Operativo Institucional del 2010.

El Área de No Admisión de Petitorios (ANAP) SUPARAURA, fue solicitada por INGEMMET al Ministerio de Energía y Minas, el 13 setiembre del 2012, con una extensión de 2,000 has, concedido con el Expediente N° 2069908 y Decreto Supremo 007-2013-EM.

Actualmente, el proyecto pórfido Cu-Mo, más próximo e importante es La Yegua, de Bear Creek Mining Company Sucursal del Perú, está ubicada al SE de Suparaura, en el Batolito Andahuaylas–Yauri, el mismo que alberga numerosos proyectos mineros en etapas de exploración y construcción.

En el 2013, se realizó la evaluación geológica económica del ANAP Suparaura abarcando el 100% (2000 has), ubicado en las comunidades de Pampallacta, Supalla y Chapimarca del distrito de Chapimarca, provincia de Aymaraes y región de Apurímac.

También se cuentan con estudios regionales de prospección geoquímica de la franja 3 (INGEMMET, 2003), donde se determinaron anomalías geoquímicas de As, Ag y Hg, 5 Km al noroeste del poblado de Tintay, al noreste del ANAP Suparaura.

2. Entorno y contexto geológico

2.1 Geología regional

La geología regional la constituyen secuencias sedimentarias marinas y continentales del Cretácico inferior y superior, cortadas por intrusivos paleógenos y cubierto por depósitos eluviales en las laderas de los valles y quebradas.

Las rocas intrusivas constituyen parte del Batolito Yauri -Andahuaylas, el cual se caracteriza por presentar un magmatismo calcoalcalino con medio a alto contenido de potasio (Clark et al., 1990); También se le ha caracterizado como un ambiente metaluminoso con magmatismo tipo I, relacionado a pórfidos de Cu – Au - Mo (Rivera et al., 2010). El Batolito, corta una secuencia sedimentaria marina constituida por calizas de la Formación Arcurquina y limoarcillitas de la Formación Ausangate, asimismo, capas rojas compuestas por areniscas de la Formación Muñani. Estas rocas están cubiertas hacia el noreste por depósitos eluviales (holoceno) en las depresiones de quebradas y laderas de valles (Lipa y Zuloaga, 2003).

2.2 Geología local

En el área del ANAP Suparaura, afloran rocas sedimentarias de la Formación Arcurquina, Ausangate, Muñani y rocas intrusivas, volcánicas (diques) cenozoicas pertenecientes al Batolito Andahuaylas-Yauri (Fig.2.1).

La Formación Arcurquina, aflora hacia el extremo suroeste, compuesta por calizas de color gris en estratos delgados, con venillas de calcita de 1cm, en algunos sectores plegada (Fig.2.2) dentro del ANAP tiene una potencia aproximada de 400 m, con un rumbo general de 40°NO y buzamiento 30°NE.

La Formación Ausangate, aflora hacia el extremo suroeste del ANAP, se trata de intercalaciones de lutitas, limolitas laminares, limoarcillas color marrón rojizo (Fig.2.3), en campo se identificó un nivel de yeso cerca al contacto con las calizas de la Formación Arcurquina. (Fig.2.4). Huellas de dinosaurios encontradas en esta formación y debido a su no determinación de tipo de especie, es que se le asigna un amplio rango en edad que comprendería al Cretáceo, sin embargo, de acuerdo a su posición estratigráfica se le asigna una edad Cretácica superior (Lipa, V. & Zuloaga, A., 2003).

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	ROCA ÍGNEA
CENOZOICA	PALEÓGENO	PALEOCENA	DEPÓSITO CUATERNARIO		Material fragmentado heterogéneo, transportado por el curso de los ríos.	
			Formación Mufiani	Miembro superior	Areniscas con mineralización de malaquita. Minerales de Cu en areniscas de grano fino a medio. (mtq.cv.cc??). Limolitas con contenido de materia orgánica (fósil de planta). Areniscas de grano fino color pardo y gris verdoso, presencia de materia orgánica. Areniscas arcóscas de grano fino.	Dique andesítico Dique diorítico
				Miembro inferior	Tobas lílicas Conglomerados	
			Formación Ausangate		Areniscas de grano medio a grueso, color marrón claro con niveles de limoarcillitas rojas. Contacto erosional Limolitas calcáreas color gris amarillentas intercaladas con lutitas y niveles de yeso. Limoarcillita (Lutita). Areniscas de grano fino con niveles de yeso.	
MESOZOICA	CRETÁCEO	Superior	Formación Arcurquina		Niveles de yeso. Contacto erosional Calizas de color gris en estratos delgados, bien estratificados.	

Fuente: Estudio Geológico ANAP Supauraura

Fig. 2.1 Representación idealizada de la litoestratigrafía del ANAP Supauraura.



Fig. 2. 2 Exposición de la Formación Arcurquina, en capas plegadas y delgadas, a la parte inferior se tiene a las capas rojas de la Formación Ausangate.



Fig. 2.3 Muestra Sup-097, coordenadas 700264E/8453532N. a) Limolitas color marrón rojizo de la Formación Ausangate, b) Limolitas con presencia de yeso.



Fig. 2.4 Imagen mirando al sur a) sector ubicado con coordenadas 700118 E – 8483508 N – 2459 m.s.n.m. donde se puede apreciar calizas de la formación Arcurquina con presencia de yeso, al norte del área en mención se encuentran las limoarcillas de la Formación Ausangate, b) y c) se aprecia el yeso que representa un área de 200x100m.

2.2.1 Formación Muñani

En la zona de estudio la formación Muñani consiste de un potente estrato de areniscas y lutitas pardo rojizas. Localmente se ha podido diferenciar niveles de limoarcillas color gris con tonalidades verdosas las cuales podrían estar relacionadas a la mineralización. Se ha diferenciado dos unidades en base a sus características litológicas:

Esta formación fue definida por Newell et al 1949 (en Sempere et al 2004), asignándole Paleoceno-Eoceno, también fue estudiada en la falda norte del cerro Alcamarine situado entre Putina y Muñani. En correlación estratigráfica sería equivalente al grupo San Jerónimo cuya datación por trazas de fisión en apatitos precisa la edad de las capas rojas en 52 y 30 Ma. (Carlotto et al 2006). El contacto inferior con la formación Ausangate es gradacional.

- **Miembro inferior**

Compuesto predominantemente de areniscas color marrón claro con tonalidades rojizas de grano medio a grueso que se alternan con limoarcillitas rojas (Fig.2.5), presenta un nivel conglomerádico con clastos de hasta 0.5 cm de diámetro, subangulosos a subredondeados (Fig.2.6 y Fig.2.7). Según los datos de campo este miembro tendría una potencia de 400 m y rumbo general de N35°O buzando 40°E, se presenta en paquetes gruesos que llegan a medir hasta 1m de espesor.

Su mejor exposición dentro del ANAP Suparaaura, se presenta a lo largo del río Pachachaca, entre las localidades de Hacienda el Trabajo, Huanchuylo y se extiende hacia el SE de la comunidad de Supalla.

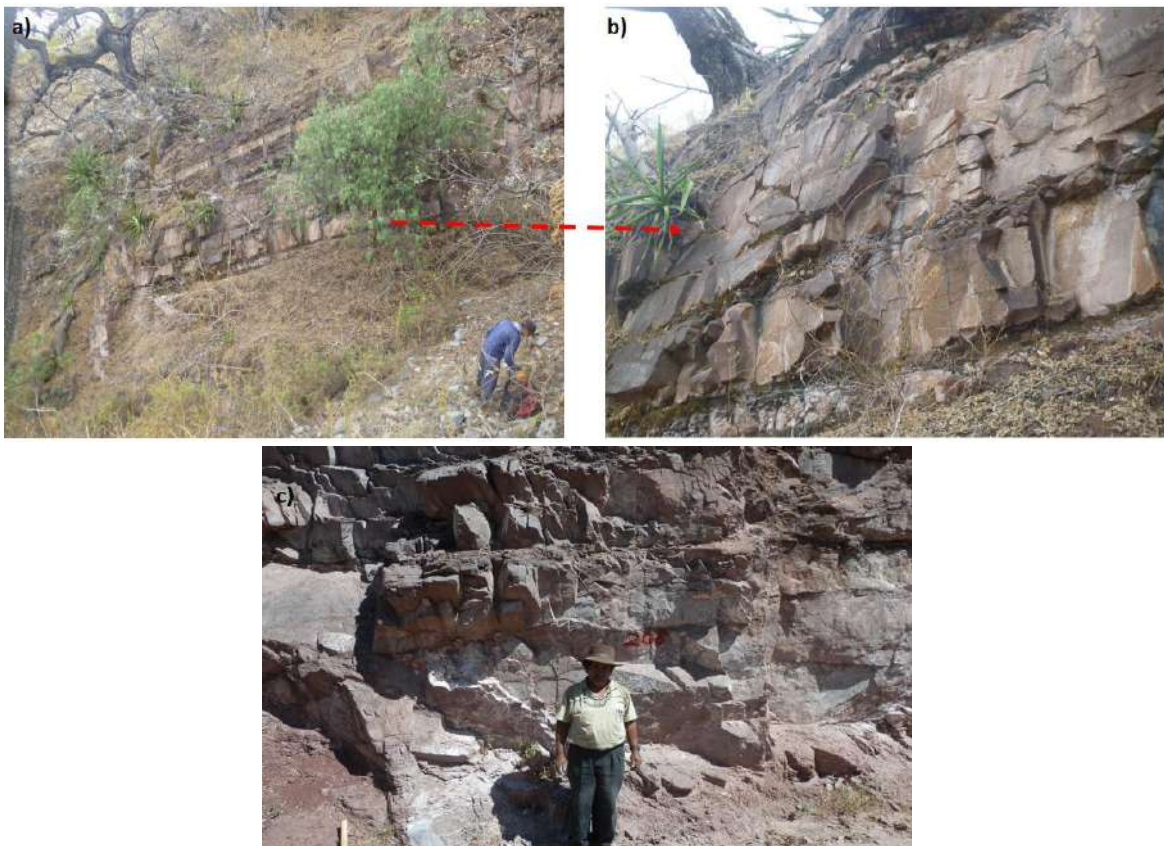


Fig. 2.5 a) Miembro inferior de la Formación Muñani, b) y c) arenisca en estratos gruesos que van de 0.2 m a 1.0m de espesor, color marrón claro con tonalidades rojizas en partes.

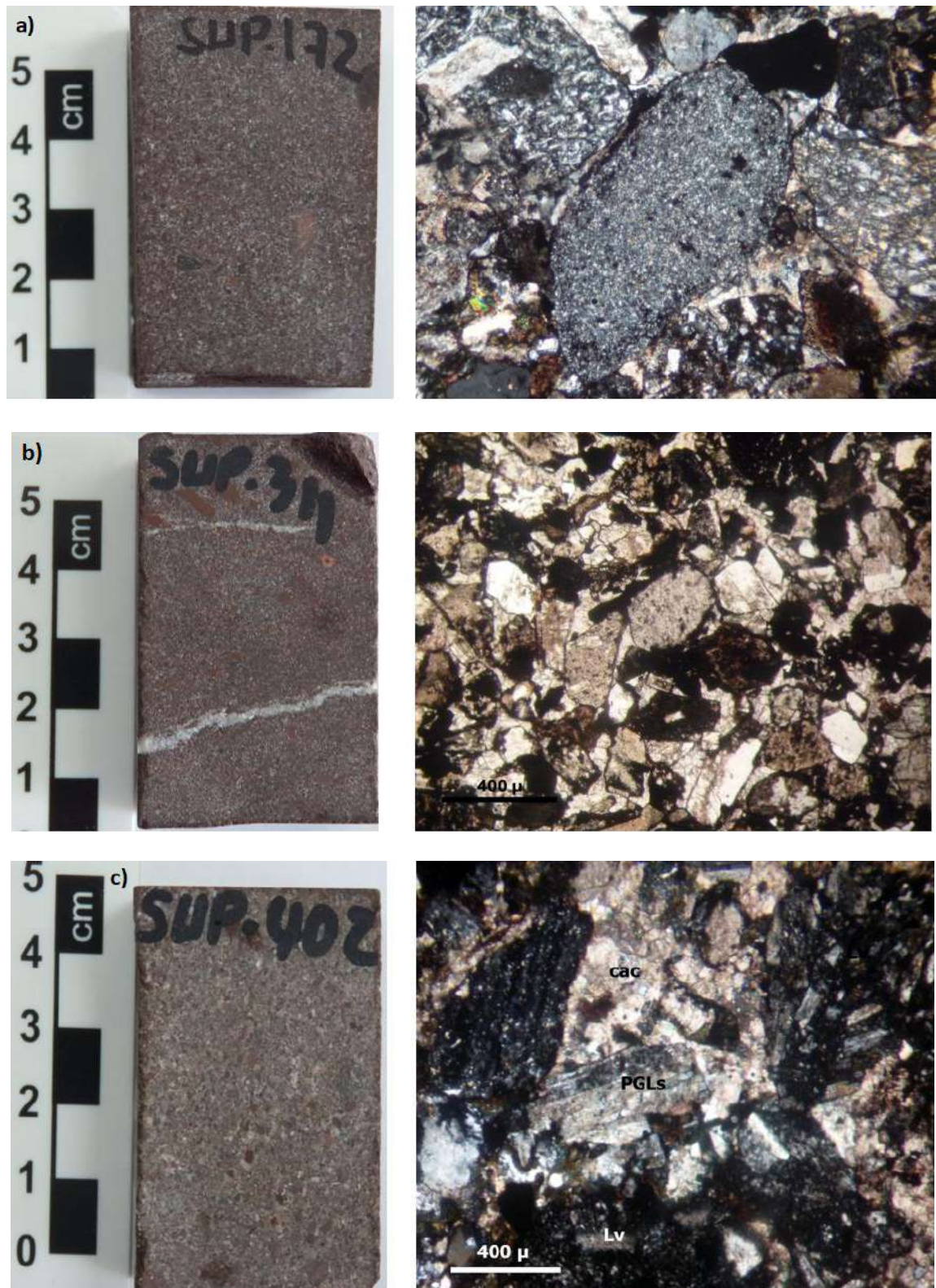


Fig. 2.6 a) Al lado superior izquierdo se observa la imagen de la muestra SUP-172 representando al miembro inferior de la Formación Muñani y al lado superior derecho la fotomicrografía que representa una grauwacka donde se aprecia un fragmento lítico subredondeados de cuarcita en nicoles cruzados b) Muestra de roca sedimentaria compuesta por fragmentos líticos subredondeados y minerales de cuarzo con feldespatos. Cemento de carbonatos con microvenillas de carbonatos. C) Roca

sedimentaria, con líticos de roca volcánica (Lv), plagioclasas (PGLs), calcita (cac), cementada en matriz carbonatada.



Fig. 2.7 Ilustración del nivel de conglomerados del miembro inferior de la Formación Muñani, según datos de campo se consideraría el límite entre el miembro inferior y superior.

- **Miembro superior**

En el área de estudio está conformada por areniscas arcósicas de color marrón rojizo, gris y con tonalidades verdosas, alternada con lutitas rojizas (Fig.2.8).

El miembro superior tiene dos importantes características que lo diferencian del inferior:

1. Las areniscas de grano fino, color gris claro con tonalidades verdosas, las cuales presentan materia orgánica (carbón) entre sus fracturas y planos de estratificación. Este nivel es muy importante ya que se encuentra asociado a la mineralización de Cu. (Sección geológica del Sector Upahuanchuylo A-A' Anexo I).

Es importante indicar que la presencia de estos niveles se encuentran cerca o en el contacto con los diques dioríticos y/o andesíticos (Fig.2.9).

2. La presencia de niveles de areniscas de grano fino, color beige con tonalidades verdosas, venillas de epidota y calcita, además presenta pirolusita dendrítica entre sus fracturas y la matriz (Fig.2.10).

En el ANAP Suparaura, aflora en el cerro Leccleccane, cerro Jatun Chuccho y se extiende hacia el Este del cerro Supaccara.

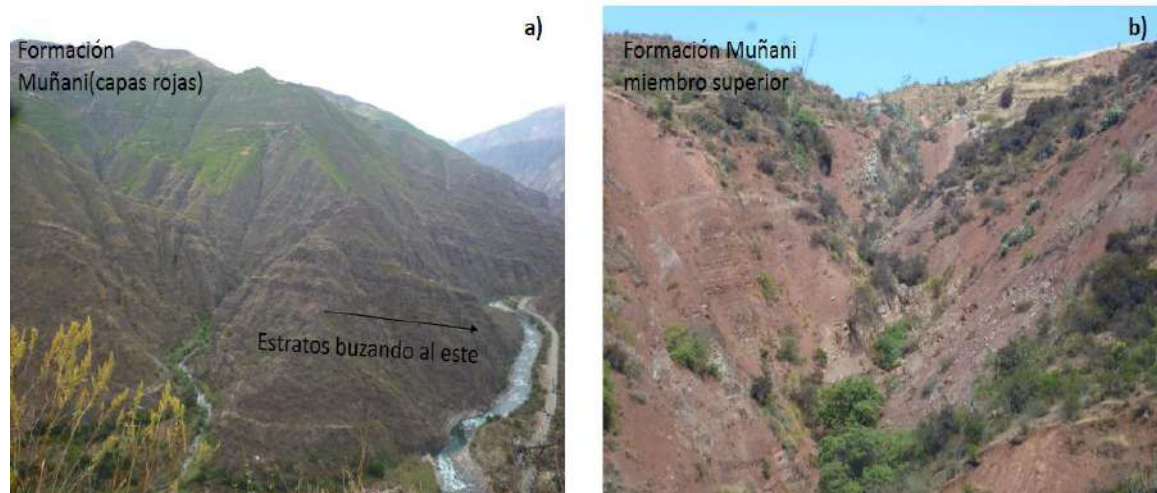


Fig. 2.8 Formación Muñani a) Representa un buzamiento general hacia el Este, b) Formación Muñani miembro superior, areniscas color marrón rojizas de grano fino con niveles de lutitas.

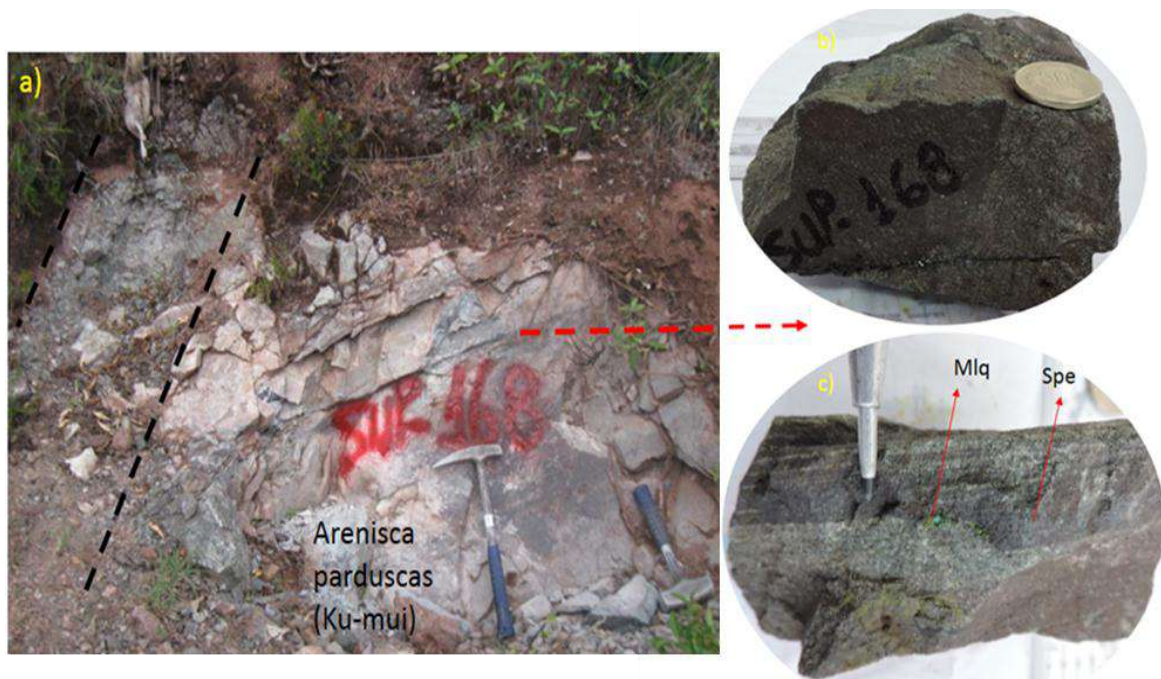


Fig. 2.9 Muestra Sup-168 coordenadas 701530E / 8454545N. a) dique andesítico marcado con líneas negras con rumbo N32°E que corta las areniscas, b) y c) arenisca color marrón con tonalidades rojizas y moradas en c) se aprecia un nivel pardo rojizo con malaquita y especularita entre las fracturas.

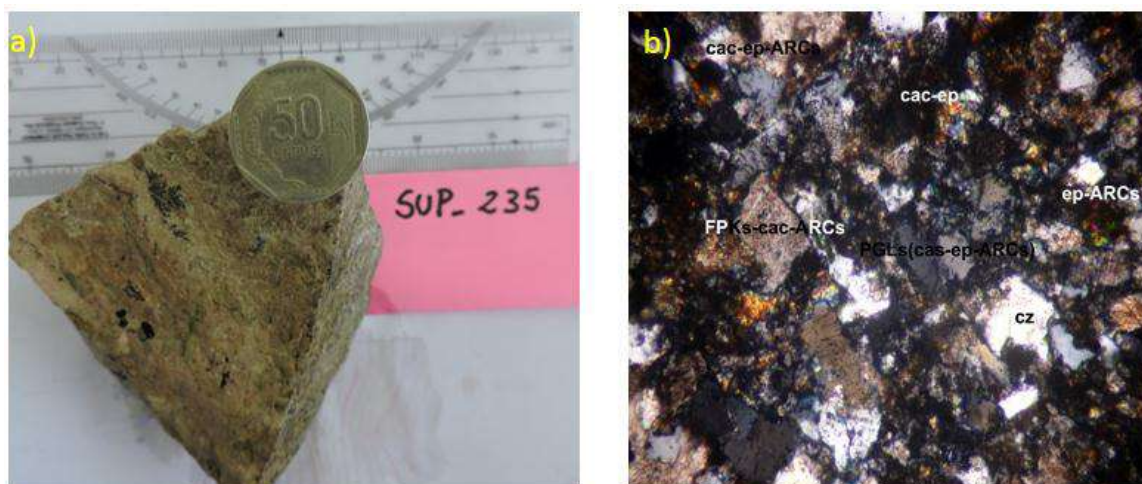


Fig. 2.10 a) SUP-235, Arenisca arcósica, de grano fino, color beige con tonalidades verde claro, presencia de pirolusita b) componentes esenciales de las areniscas arcósicas del miembro superior (Fm. Muñani); se observa minerales de PGLs, Cz, FPKs y secundarios cac-ep-ARCs.

2.2.2 Rocas Ígneas

En el área de estudio afloran numerosos diques (enjambre) que conforman parte del Batolito Andahuaylas-Yauri. En base a las características petrográficas se ha podido reconocer rocas intrusivas (diorita) y volcánicas (andesita) con facies porfíricas.

De acuerdo a observaciones de campo se deduce que hubo dos eventos magmáticos el primero de composición diorítica y el segundo andesítico. Las andesitas tienen una textura afanítica y porfírica que afloran en forma de diques que cortan y alteran a las dioritas y en numerosas zonas a las areniscas de la Formación Muñani. La edad de estas rocas se le asigna la misma del Batolito Andahuaylas Yauri (Eoceno-Oligoceno). Para el presente estudio se tomó una muestra de la diorita para su respectiva datación radiométrica ubicada en las coordenadas N: 8455532 E: 702215 y altitud: 3204m, esta muestra en mención se envió a los laboratorios del centro de estudios geológicos de la República de China.

- Diques Dioríticos

Roca intrusiva de textura fanerítica, color gris verdosa; en general tiene una composición de Cuarzo=2%, Plagioclasas= 70 a 85%, minerales accesorios augita=2%, olivino= <1%; la alteración predominante es la propilítica, dentro del área de estudio tienen una dirección preferencial norte-sur y noroeste, tienen un largo y un ancho promedio de 10-20m y 0.20-5m respectivamente, en campo se le observa cortando y alterando a las areniscas (Fig.2.11 y Fig.2.12).



Fig. 2.11 Sup-024, Dique diorítico en el paraje Tarani – Quebrada Antajota con coordenadas 704709 E – 8454355 N, se observa al dique que corta a las areniscas gris pardas de 140°/20°NE. El dique tiene una textura porfírica con fenos de plagioclasas, además presenta alteración propilítica (epidota, clorita). Sus dimensiones son de 1-2m de ancho y 120m de largo, con dirección 150°/78°SO.

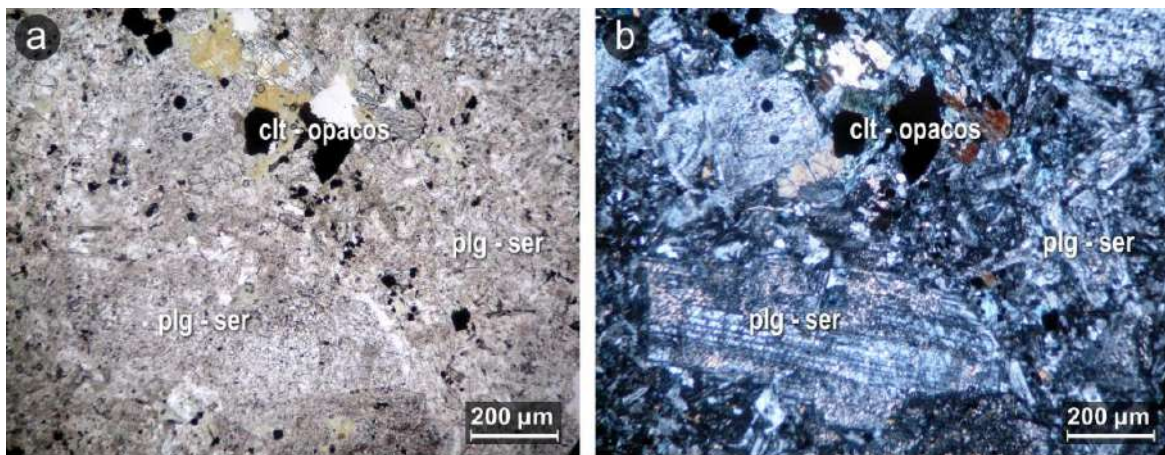


Fig. 2.12 Sup-024, Vista en nicoles paralelos. Fenocristales de plagioclasas en matriz de grano fino, con alteración a sericita y arcillas. Los máficos presentan alteración a clorita, y sobre las zonas de alteración se alojan los opacos. b) Mismo campo visual de (a) en nicoles cruzados.

- Diques Andesíticos

Roca de textura afanítica y porfírica, con fenos de plagioclasas tabular, con magnetismo débil a moderado, color gris oscuro. La alteración predominante es la propilítica, dentro del área de estudio tienen una dirección preferencial noroeste y norte-sur, con un largo y un ancho promedio de 10-25m y 0.20-5m respectivamente; en campo se le observa cortando y alterando a los diques dioríticos y a las areniscas de la Formación Muñani. (Fig.2.13, Fig.2.14 y Fig.2.15).



Fig. 2.13 Imagen de un rodado cerca al km. 7, el cual ilustra el dique andesítico cortando a la diorita.



Fig. 2.14 SUP-380 Andesita porfírica, color gris verdosa con cristales de plagioclasas hasta 0.5mm de tamaño.

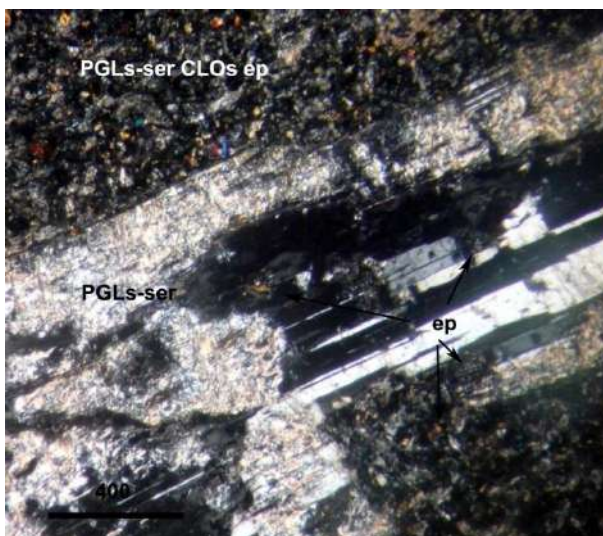


Fig. 2 15 Fotomicrografía de la muestra SUP-380.- Fenocristales de plagioclasas (PGLs), con sobre imposición de epidotas (ep) con bordes corroídos y absorbidos por la matriz, plagioclasas (PGLs) como remanente esquelético por la alteraciones a sericita (ser).

2.3 Contexto estructural

EL ANAP Suparaura regionalmente se sitúa al sur de la flexión de Abancay (Marocco et al., 1978). La zona de estudio estructuralmente está controlada por el sistema de fallas denominado Condoroma-Cailloma-Mollebamba que se extiende unos 200 a 300 Km aproximadamente de dirección NO-SE (Fig.2.16). Asociado a este dominio tectónico se encuentran fallas menores como son: Falla Supaccara y otros lineamientos NO-SE (MAF-SUP-14-01- Anexo 1).

A partir del cartografiado geológico local e interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas se ha podido determinar al menos tres sistemas estructurales principales. Estos sistemas corresponden a: 1) N 50° - 60° O 2) N 45° -50° E 3) Fallas subverticales (N-S); la falla Supalla que se encuentra con coordenadas centrales 702544E/8453087N habría controlado el emplazamiento de diques dioríticos y andesíticos con un magnetismo débil a moderado, presentan mineralización de cobre (muestra SUP-111).

El sector Supaccara, estructuralmente se encuentra afectado por fallas sinestrales que controlan los diques dioríticos, andesíticos y afectan a las areniscas de la Formación Muñani, de acuerdo a las evidencias de campo estas fallas cortarían a las fallas N-S.

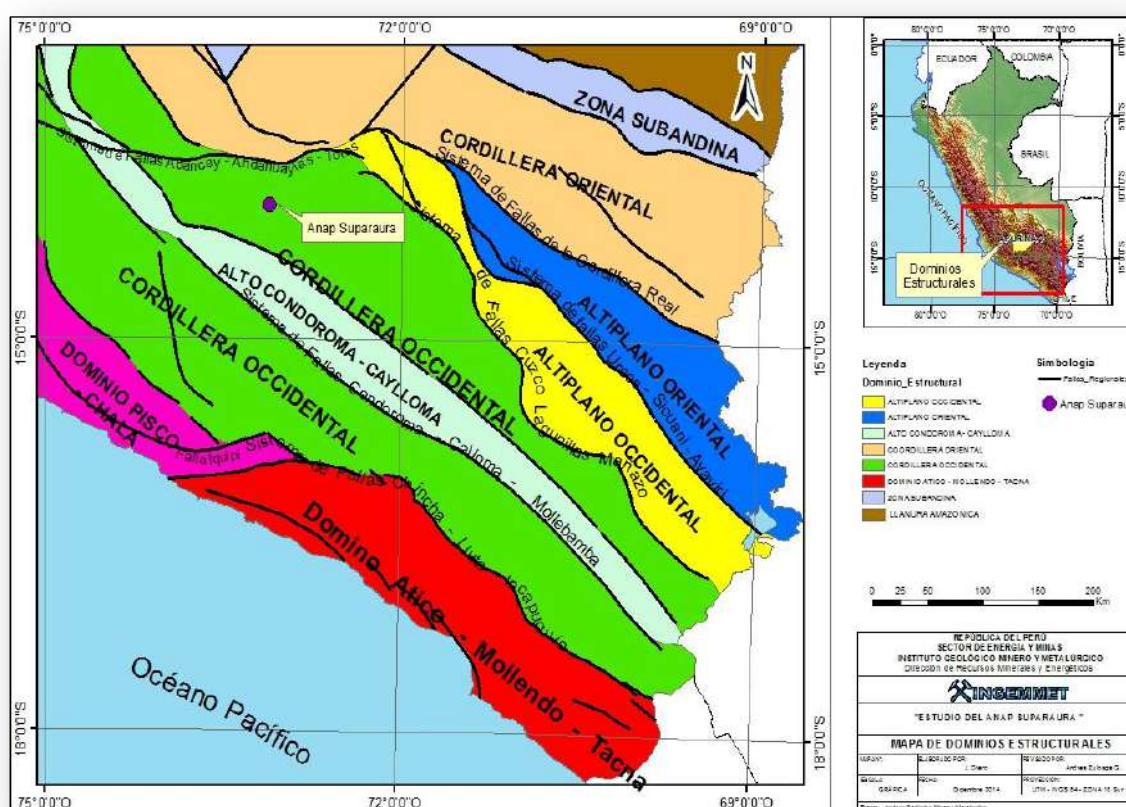


Fig. 2.16 Dominios Estructurales (tomado de Carlotto et al., 2009).

3. Alteraciones hidrotermales y mineralización

La alteración y mineralización en el área de estudio está relacionada básicamente a la presencia de cobre sedimentario en capas rojas de la Formación Muñani y también a diques dioríticos y andesíticos de textura porfírica, este último tendría mayor afinidad y relación con la mineralización. Ambos casos son parte del Batolito Andahuaylas - Yauri. Estos diques se encuentran aflorando en los sectores denominados Supalla, Huanchuylo, Huinchojallani y Supaccara.

3.1 Alteración hidrotermal

Con datos y observaciones de campo en el ANAP, se han reconocido principalmente dos tipos de alteración hidrotermal; el primero, se trata de propilitización y el segundo de sericitización, ambas se desarrollan con una intensidad de débil a moderada, los mismos que se restringen a diques.

3.1.1 Propilitización

Esta alteración se manifiesta con una intensidad de débil a moderada en los diques y rara vez generan halos de 20 a 80 cm de ancho (epidotización) en contacto con las areniscas de la Formación Muñani (Fig.3.1).

El área de estudio está representada por un enjambre de diques de composición diorítica y andesítica de facies porfíricas (fenocristales) que han sufrido este tipo de alteración: Se describe algunas muestras que evidencian esta alteración.



Fig. 3. 1 Vista mirado al Noreste. Dique andesítico intruyendo a la arenisca de color gris marrón que genera un halo de alteración de epidota (ep), dándole una coloración verde claro a la roca. El detalle de la imagen se ubicada en las coordenadas 703808 E; 8457434 N, el dique tiene un rumbo de N 25° con buzamiento subvertical (Sector Huinchojallani).

En la muestra SUP-037, ubicada al Noreste del ANAP (Sector Supaccara) con coordenadas 704000 E; 8455856 N, corresponden a un dique andesítico de facies porfíricas y tiene una matriz fina que, presenta alteración de clorita (clt) + epidota (ep) + calcita (cac) (Fig.3.2 A). En sección delgada la roca muestra una asociación de clorita (clt) + epidota (ep) + calcita (cac) (Fig. 3.2 B).

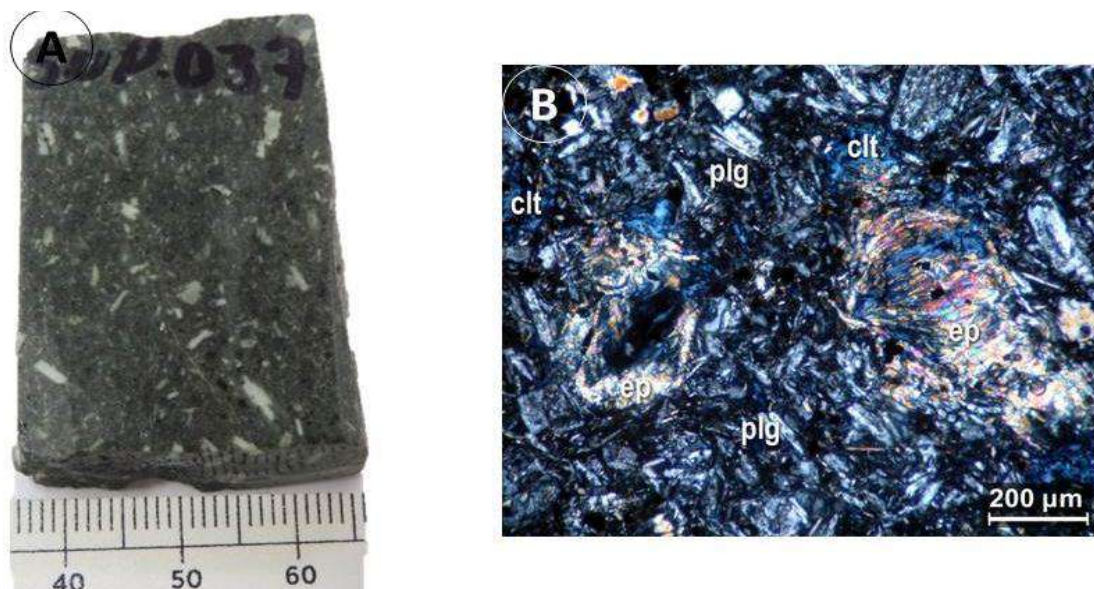


Fig. 3. 2 A) Andesita con alteración de clt+ep en la matriz, dándole una coloración gris verdosa a la roca. B) Fotomicrografía. Nícoles cruzados. Nótese la alteración clorita (clt) + epidota (ep) representada en su matriz.

En la muestra SUP-049, ubicada al extremo Sureste del ANAP (Sector Supaccara) con coordenadas 704550 E; 8453100 N, corresponde a un dique diorítico con facies porfíricas, se observa claramente una coloración gris verdosa, producto de la alteración de minerales máficos, clorita (clt) + epidota (ep) (Fig. 3.3 A), y en sección delgada se puede identificar los minerales típicos de la alteración propilítica con una intensidad moderada (Fig. 3.3 B).

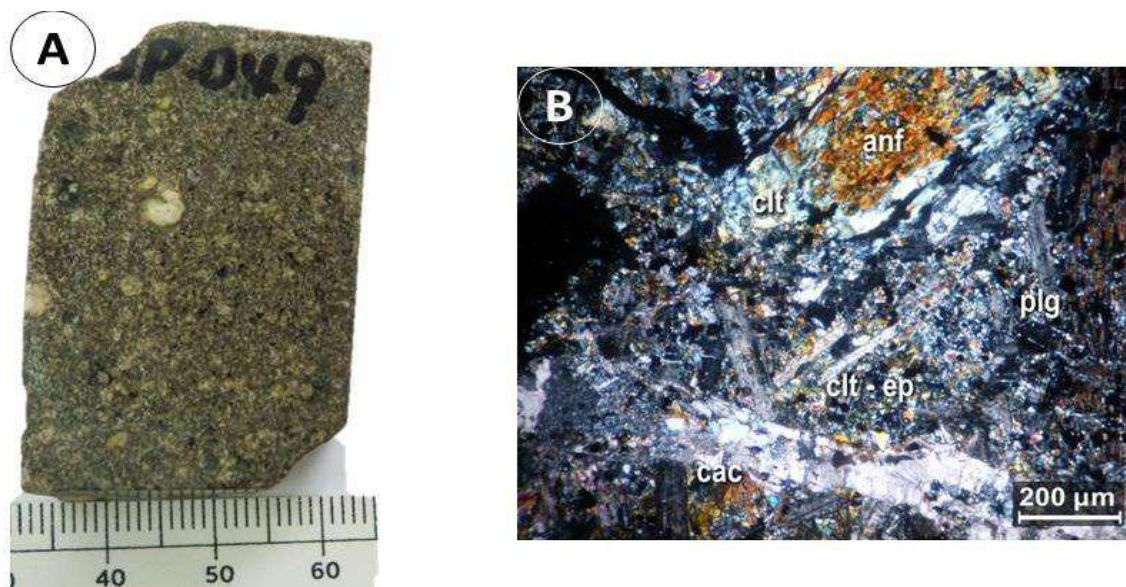


Fig. 3. 3 A) Diorita con alteración de clorita (clt) + epidota (ep) en la matriz, dándole una coloración gris verdosa a la roca; B) Fotomicrografía: Luz transmitida. Nícoles cruzados, nótese la alteración propilítica moderada con una asociación clorita (clt) + epidota (ep) + calcita (cac) en la matriz.

La muestra SUP-111, ubicada al Sur del ANAP (Sector Supalla) con coordenadas 702548 E; 8453047 N, el dique andesítico de textura porfírica muestra una alteración propilítica moderada con una asociación de clorita (clt) + epidota (ep) + calcita (cac), con venillas de hematita (hm)/especularita (esp) + trazas de malaquita (mlq), que cortan a venillas de magnetita (mt) (Fig. 3.4 A). En sección delgada se observa alteración propilítica moderada en su matriz (Fig.3.4 B).

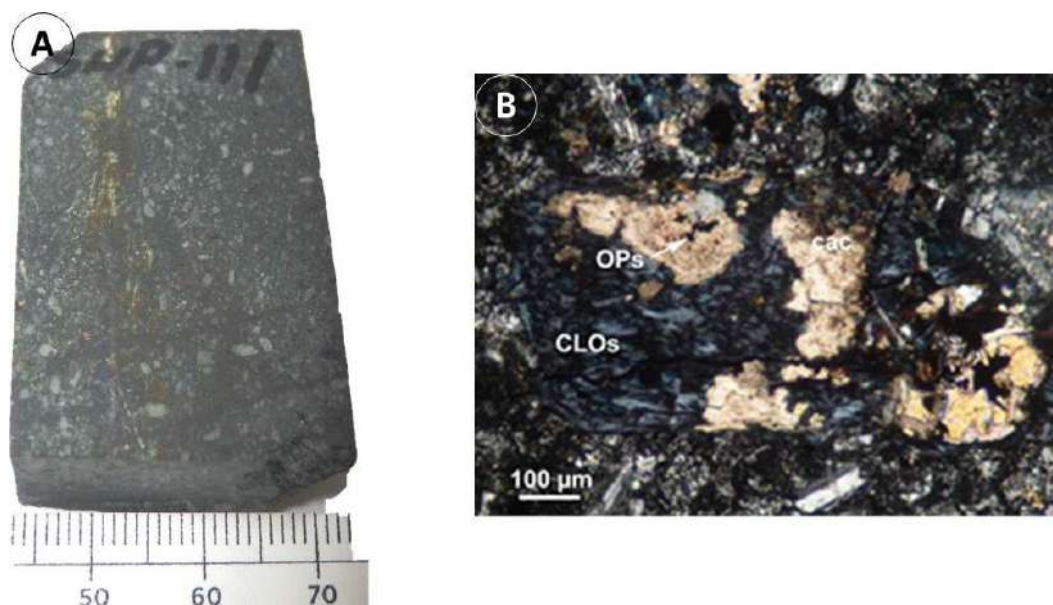


Fig. 3. 4 A) Andesita de textura porfírica con alteración de clorita (clt) + epidota (ep) en la matriz y venillas de magnetita (mt), dándole una coloración gris oscura a la roca. B) Fotomicrografía. Nícoles Cruzados. Nótese Fenocristal de clorita (CLOs) derivada de la alteración de minerales máficos pre-existente con sobre imposición de calcita (cac).

En la muestra SUP-142 (Sector Huinchojallani), con coordenadas 702562E; 8455982N, corresponde a un dique andesítico con alteración propilítica fuerte (epidota-clorita), no se logran observar algunos cristales que conforman esta roca por la misma intensidad de alteración (Fig. 3.5 A), pero petrográficamente se observan algunos moldes de fenocristales de plagioclasa alterados a epidota (Fig. 3.5 B).



Fig. 3.5 A) Roca andesítica con alteración propilítica fuerte. B) Fotomicrografía. Nícoles cruzados. Nótese el molde de fenocristal de plagioclasas reemplazado por epidota y clorita en matriz granular fina.

3.1.2 Sericitización

Este tipo de alteración se restringe solamente a algunos diques. La alteración sericítica se encuentra con una intensidad de débil a moderada reemplazando a plagioclasas, como los que se describen a continuación.

La muestra SUP-024 ubicada al extremo este del ANAP (Sector Supaccara) con coordenadas 704709 E; 8454355 N, corresponde a una diorita de textura porfirítica, presenta alteración de clorita sobre minerales máficos y sericitización moderada en las plagioclasas (Fig. 3.6 A). En sección delgada se observa una alteración con asociación de sericita (ser) + clorita (clt) (Fig. 3.6 B).

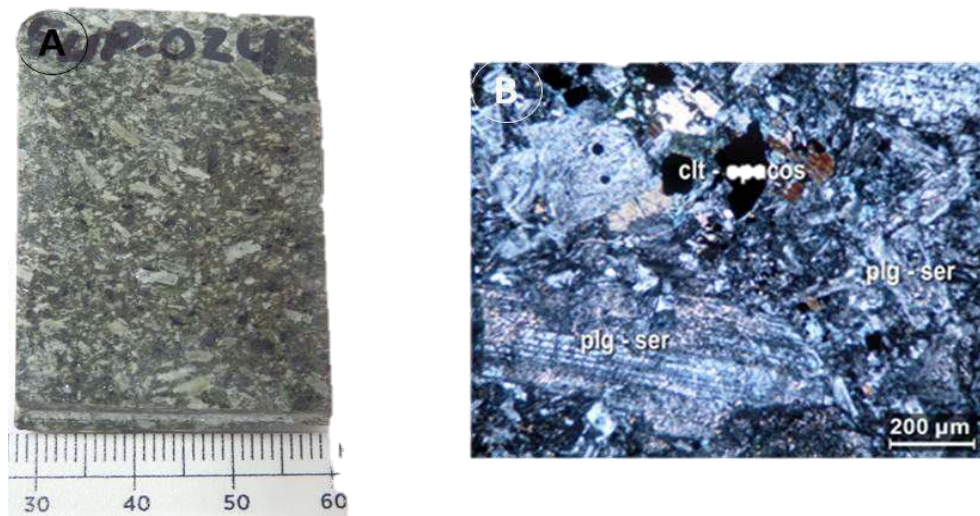


Fig. 3. 6 A) Detalle de la muestra con alteración ser-clt. B) Fotomicrografía. Nicoles cruzados. Nótese los cristales de plagioclasas reemplazados moderadamente por sericita (ser).

En la muestra SUP-236, correspondiente a un pórfido andesítico que se ubica al Sureste del ANAP (Sector Supaccara) con coordenadas 703784 E; 8452820 N. Se observa venillas de hematita (hm) + trazas de malaquita (mlq) con halo de sericita (Fig. 3.7 A). En sección delgada se observa la sericita (ser) reemplazando moderadamente a las plagioclasas, que a su vez esta sobreimpuesta por calcita (cac) (Fig. 3.7 B) y detalle de venilla de hematita (hm) con halo de sericita (ser) sobreimpuesta por calcita (cac) (Fig. 3.7 C).

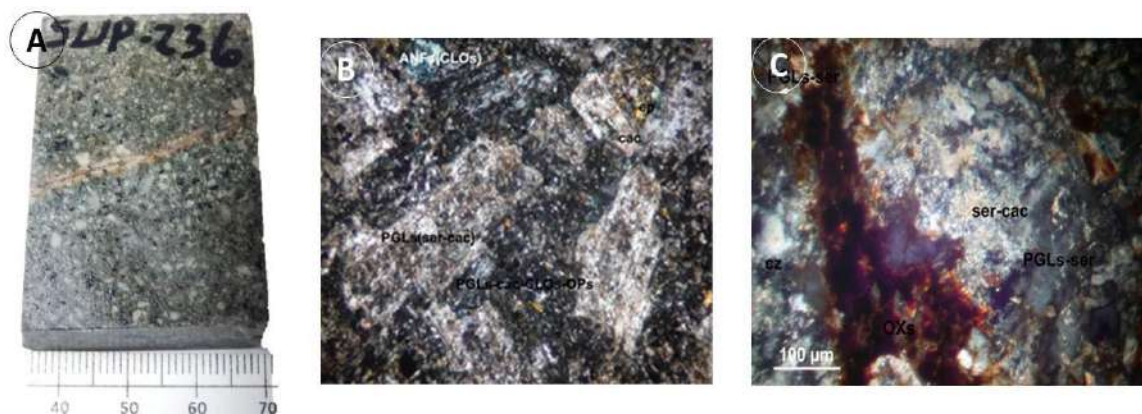


Fig. 3.7 A) Muestra de venilla en pórfido andesítico. B y C) Fotomicrografía, Nicoles cruzados. Nótese la sericita (ser) reemplazando a plagioclasas (plg) y venilla de hematita (hm) con halo de sericita (ser) sobreimpuesta por calcita (cac).

3.2 Mineralización

En el área de estudio se ha podido identificar estilos de mineralización tanto en rocas sedimentarias, en diques dioríticos y andesíticos. Con la ayuda de estudios petrográficos podemos mencionar las características de mineralización en el ANAP, el cual que se describe a continuación.

3.2.1 Mineralización en rocas sedimentarias

La Formación Muñani, específicamente en el Miembro Superior, se encuentra constituida por areniscas de colores gris marrón y gris, con niveles de lutitas/limolitas que llegan a medir entre 40 y 50 cm y tienen una coloración beige y verde claro. Con observaciones de campo se han podido corroborar que se manifiestan de manera discontinua. En estos niveles de lutitas y/o limolitas se ha encontrado restos de planta (fósil) con contenido de carbón, que de alguna manera han interactuado como una zona reductora para concentrar mineralización de cobre.

Estas evidencias de mineralización fueron ubicadas en cuatro zonas principales del ANAP y los más resaltantes se encuentran cercana al pueblo de Suparaura (Sector Huinchojallani), las muestras tomadas pertenecen a SUP-197 con coordenadas 700264 E; 8453532 N y SUP-198 con coordenadas 702037 E; 8455643 N. Se trata de un nivel de lutita/limolita gris verde entre las secuencias de areniscas gris marrones de grano fino a medio. Estos niveles tienen una potencia de ~50 cm, donde existe la presencia de carbón a manera de fósil de restos de planta. La mineralización que se oobserva es la malaquita que está asociada al carbón (Fig. 3.8. A, B y C) y (Fig. 3.9. A y B)

Otro caso muy interesante que se debe resaltar en la muestra SUP-168, ubicada en el Sector Huanchuylo, coordenadas 701530 E; 8454545 N. Arenisca de grano medio de color gris marrón, tiene presencia de malaquita en fracturas y en niveles milimétricos de carbón. Esta roca esta intruida por un dique andesítico de 1.5 m de ancho que corta los planos de estratificación de la arenisca (Fig. 3.10. A y B).



Fig. 3.8 A) Vista mirando al Noreste. Nivel de limolita con mineralización de malaquita. B y C) Detalle de la malaquita (mlq) asociada a materia orgánica, cercano al poblado de Suparaura.

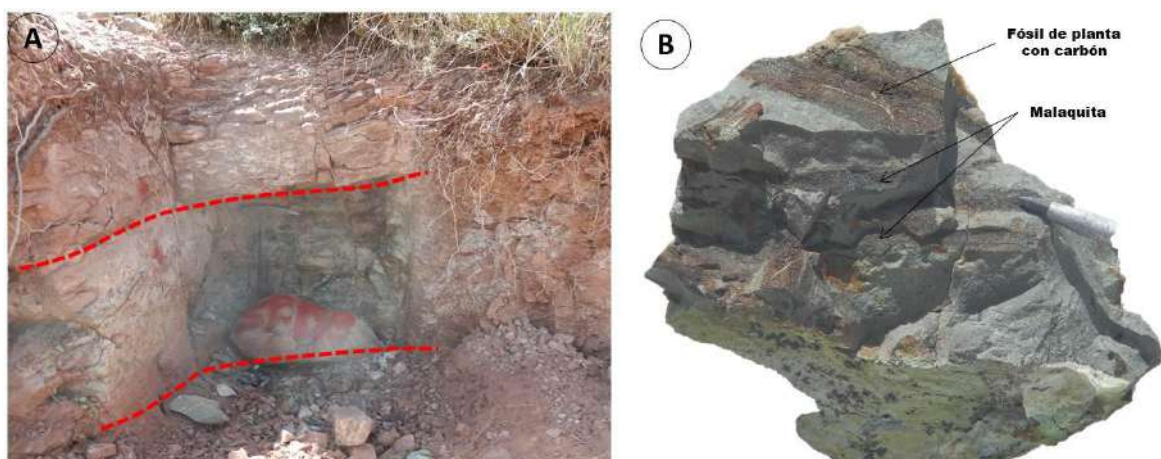


Fig. 3.9 A) Vista mirado al Sur. A) Nivel de limolita color gris con una potencia de 50cm, tiene una dirección de N134°E y buzamiento 32° NE. B) Detalle de la muestra con materia orgánica y presencia de malaquita (mlq) cercano al poblado de Suparaura.



Fig. 3.10 Vista mirando al Noreste A) Afloramiento de arenisca gris marrón de grano medio, con rumbo N 37° O y buzamiento 27° NE, que es intruida por un dique andesítico de rumbo N32°E y buzamiento 80°NO. B) Detalle de la arenisca con mineralización de malaquita asociada a carbón en fracturas.

Sin embargo existe otro estilo de mineralización que se emplaza en las areniscas de grano fino a medio con una coloración gris, tal como se puede observar en la muestra SUP-136, ubicada en la parte central del ANAP (Sector Huinchojallani) con coordenadas 702024 E; 8454992 N. Consta de mineralización diseminada muy fina de calcopirita (cp), como granos relleno de espacios intersticiales en la roca y también presencia de venillas de calcopirita, las mismas que cortan a la roca. Como películas y/o pátinas sobre la calcopirita, se observa a la covelina como producto de alteración del primero (Fig. 3.11. A, B y C).

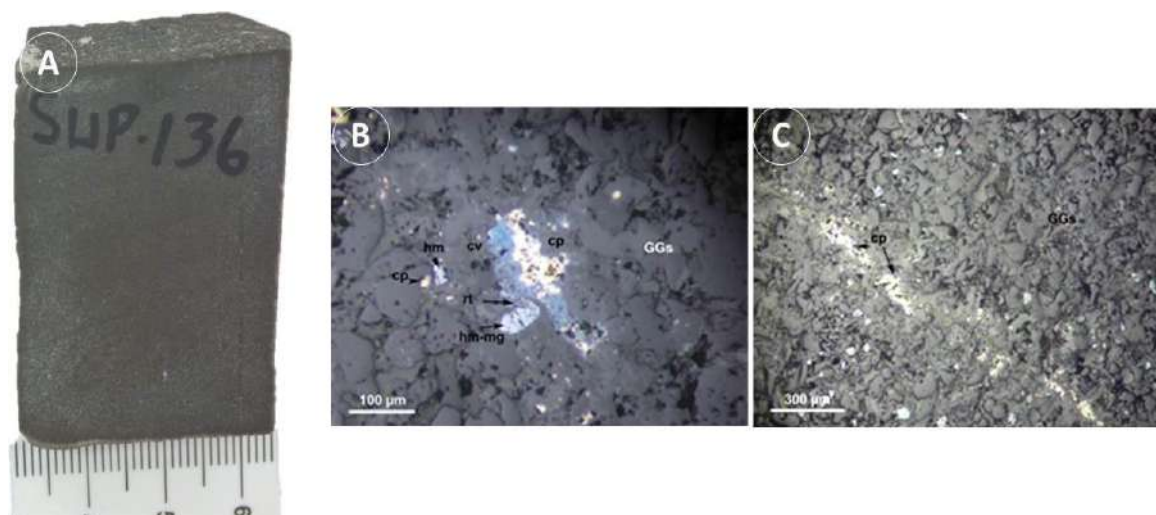


Fig. 3.11 A) Arenisca de grano fino de color gris. B) Fotomicrografía. Nicoles paralelos. Mineralización de covelina (cv) y calcopirita (cp), en granos diseminados como relleno intersticial en la roca. C) Venilla de calcopirita (cp) en la arenisca.

Otro claro ejemplo, se puede apreciar en la muestra SUP-033, ubicada en las coordenadas 703896 E; 8454146 N (Sector Supaccara). Donde también la arenisca gris presenta diseminación de calcopirita, que en sus bordes se encuentran alteradas a covelina (Fig. 3.12. A y B).

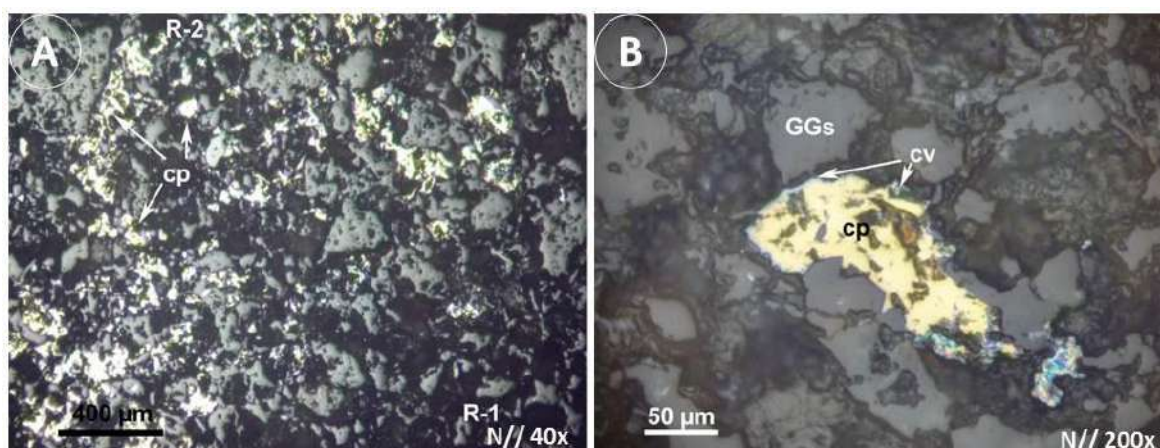


Fig. 3.12 Fotomicrográficas de la muestra SUP-033. Nicoles paralelos. A) Mineralización diseminada de calcopirita (cp) en la roca. C) Granos de calcopirita (cp), en sus bordes se observa la covelina (cv) como producto de alteración.

Estas evidencias sugieren que la mineralización de Cu, se habría depositado durante o inmediatamente después de la sedimentación de los materiales detríticos (areniscas grises, marrones y limolitas), en un ambiente reductor, sobre restos vegetales con contenido de carbón y los procesos de oxidación se dieron por la alteración de los sulfuros. Como consecuencia se puede apreciar la malaquita (mlq), en el caso de las muestras SUP-197 y SUP-198.

3.2.2 Mineralización en diques

Los diques cortantes a las rocas sedimentarias juegan un papel muy importante en la zona de estudio, estos nos indicarían que hubo removilización del Cu; también se ha encontrado mineralización en los mismos diques.

Por ejemplo en la muestra SUP-189 ubicada al Oeste del ANAP (Sector Huanchuylo) con coordenadas 700099 E; 8455462 N, el dique diorítico es cortado por la andesita, que a su vez presenta alteración propilítica moderada (clorita + epidota + calcita), indicando que la mineralización estaría relacionada a este mismo, por la presencia de malaquita (mlq) y covelina (cv) (Fig. 3.13 A y B).

Otro claro ejemplo se observa en la muestra SUP-111 ubicada en la zona sur del ANAP (Sector Supalla) con coordenadas 702548 E; 8453047 N, el dique andesítico muestra consigo mineralización de malaquita (mlq) en fracturas y venillas, con especularita (spe) (Fig. 3.14). Minerográficamente se puede observar malaquita (mlq), venilla de magnetita (mt) alterándose a hematita (hm), tal como se puede apreciar en la Fig. 3.15 A y B.

Estas observaciones de campo y puntos de muestreo reflejan en los resultados geoquímicos, por lo que el Cu es el principal elemento anómalo, en algunas muestras superan los 10,000 ppm y en Au no presentan valores anómalos, tal es el caso que la mayoría de ellos no llegan a superar el límite de detección.

También, cabe mencionar, a manera de información relevante, la presencia de vetas (ancho promedio de 20 cm y ~10 m de longitud) de cuarzo con calcopirita, bornita y pirita, relacionadas a los diques andesíticos, que a su vez cortan a las areniscas de la Fm. Muñani, se ubican, ~ 800 metros al norte fuera del ANAP. Tienen una dirección NNO-SSE y SO-NE, los mismos que coinciden con algunos diques que afloran en la zona de estudio. Específicamente se ha encontrado 2 vetas, que han sido trabajadas por lugareños de la zona y actualmente estas labores se encuentran abandonadas (Fig. 3.16).

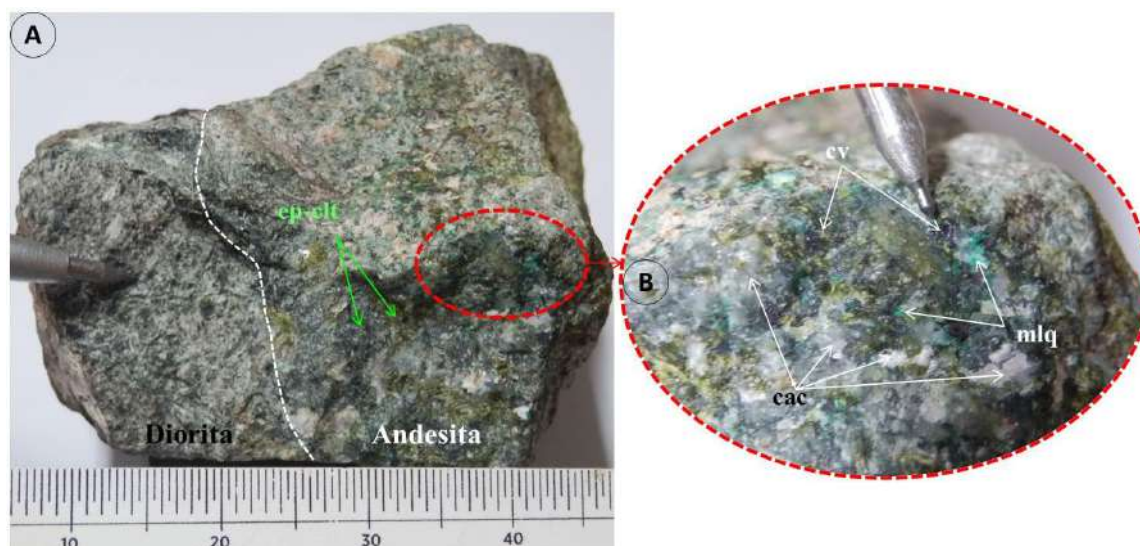


Fig. 3.13 A) Hacia la izquierda se puede observar la diorita y a la derecha la andesita con alteración propilítica fuerte (clt+ep), el cual sugiere que este último estaría cortando al primero y que se relacionaría a la alteración y mineralización en la zona. B) Detalle de la muestra anterior, se observa puntos esporádicos de covelina y malaquita, con minerales de alteración, epidota, calcita y clorita.



Fig. 3.14 A) Afloramiento de dique andesítico en zona de falla, vista mirando al Norte. B y C) Detalle de la mineralización de espeularita (spe) y malaquita (mlq) en fracturas.

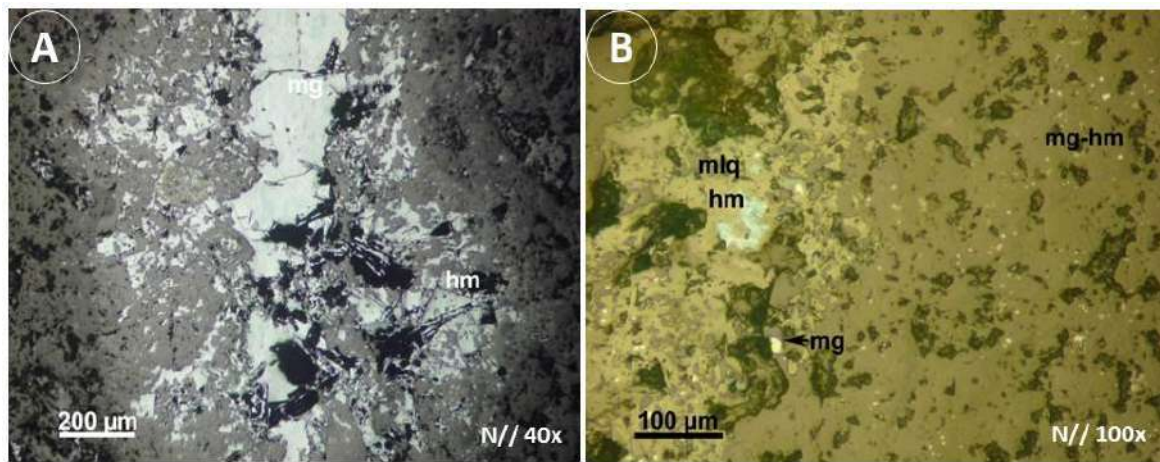


Fig. 3.15 Fotomicrografías de la muestra SUP-111. Nícoles paralelos. A) Venilla de magnetita (mt) con alteración a hematita (hm). B) Mineralización de malaquita (mlq).



Fig. 3. 16 Labores antiguas encontradas fuera del ANAP. A y B) Vetas de cuarzo con sulfuros como: calcopirita (cp), pirita y óxidos de cobre, malaquita (mlq).

3.3 Discusión

Existen dos tipos de mineralización en el ANAP Suparaura, uno en rocas sedimentarias y el otro en los diques andesíticos.

Las evidencias observadas en campo y con resultados analíticos de las muestras, nos sugiere interpretar que para las mineralización en rocas sedimentarias, se asemejaría a un depósito tipo “Sediment hosted” y/o estratoligado, pero como se sabe, este tipo de depósitos de cobre son temas de controversia en cuanto a la génesis o procedencia de la mineralización (Singenética o Epigenética).

A continuación se detallan las principales características de mineralización en el área de estudio.

- Algunos lentes de arenisca están mineralizados, observándose un estilo de mineralización estratiforme, que son generalmente concordantes y/o levemente discordantes con la estratificación.
- En general la mineralización en las areniscas/limolitas consisten en malaquita asociada a materia orgánica (agente reductor y controlador de la precipitación de cobre, sin presentar zonas de enriquecimiento de sulfuros supérgenos en la misma zona.
- La mineralización hipógena (calcopirita) se presenta en la matriz, microscópicamente se encuentran relleno de espacios intersticiales entre los granos de cuarzo en las areniscas. Producto de la alteración supérgena en los bordes de la calcopirita se observa covelina como mineral de enriquecimiento.
- Pequeñas fallas y fracturas locales habrían servido de canales para la depositación y/o removilización del mineral.
- Los diques dioríticos son generalmente estériles, sugiriendo que son post-mineral o que representaron una barrera a la mineralización; por el contrario los diques andesíticos sí presentan mineralización de malaquita y algunos casos puntos de covelina (SUP-189).

4. Tipos de depósito

Los datos tomados en campo ayudan a complementar el posible modelo de mineralización existente en el ANAP Suparaura, sugiriendo que se trataría de un depósito tipo “*Sediment Hosted*”, hospedado en areniscas de la Formación Muñani. Sin embargo, con el nivel actual de prospección del ANAP, dicho modelo no es el definitivo y está sujeto a modificarse conforme se realice perforaciones y otros estudios a detalle, considerando también estudios de geofísica a mayor profundidad y cartografía a escala 1:1,000.

Se debe resaltar que para estimar este tipo de depósito se sugieren algunas referencias y comparaciones principalmente con yacimientos “*Sediment Hosted*” de cobre emplazados en rocas sedimentarias del Grupo San Jerónimo (Perú).

- La Formación Muñani (capas rojas) por su modelo depositacional se correlacionaría estratigráficamente con el Grupo San Jerónimo (capas rojas), más conocida y estudiada en la región de Cusco. Tiene más de 5000 metros de espesor y actualmente se le asigna una edad Eoceno inferior – Oligoceno inferior (Carlotto, 2006) y las dataciones por trazas de fisión en apatitos obtenidas confirman y precisan edades de las Capas Rojas del Grupo San Jerónimo, que están comprendida entre ~52 y ~30 Ma (Carlotto, 2006).

En el caso de la Formación Muñani está conformada por aproximadamente 2000 metros de potencia (Lipa, V., Zuloaga, A., 2002). Estas areniscas de la Formación Muñani, están intruídas por un enjambre de diques de composición diorítica y andesítica.

- Las capas rojas del Grupo San Jerónimo en su ámbito depositacional es coetánea con la edad del emplazamiento del Batolito Andahuaylas-Yauri (Carlotto, 1998), y está dividido en dos Formaciones, tales como; Kayra y Soncco. La mineralización de cobre se encuentra ubicada en la Formación Soncco, y en la Formación Kayra (Loza, M., 2004).

En el caso del ANAP Suparaura, la Formación Muñani se divide en Miembro inferior y Miembro superior, pero existen diques dioríticos y andesíticos cortantes a las rocas sedimentarias, lo que no ocurre en el Grupo San Jerónimo. Por consiguiente se asume que los diques serían parte del Batolito Andahuaylas-Yauri. La mineralización de cobre en el ANAP, se observa en el Miembro Superior de la Fm. Muñani.

- En los yacimientos estratoligados en la zona sur (Cusco y Sicuani) presentan una secuencia de formación del mineral de mena, que ha sido dividida en 6 fases (Loza, M., 2004):
 - *Mineralización primaria* de bornita y calcopirita fue depositada dentro de la fase de sedimentación de la roca caja, probablemente en forma disuelta.
 - *Fase de diagénesis temprana*, en donde el cobre depositado en areniscas de grano medio a fino migraron a lentes de sedimentos con material reductor. (Ejemplo. Mina Langui).
 - *Fase de alteración de la roca caja*, acompañada por el soterramiento de los sedimentos.
 - *Relleno de fracturas por sulfuros.*
 - *Enriquecimiento supérgeno.*

- *Desulfuración y oxidación, representado por carbonatos (malaquita, brocantita y ankerita).*

Para el caso del ANAP Suparaura, la mineralización de cobre en las areniscas de la Fm. Muñani, podría asemejarse a lo descrito anteriormente. Sin embargo la mineralización se presenta de esta manera:

- *Calcopirita rellenando espacios intersticiales entre los granos, que en sus bordes son reemplazados por covelina (muestra SUP-033 y SUP-136)*
- *Calcopirita en venillas cortando la roca caja (muestra SUP-136)*
- *Malaquita asociada a materia orgánica (muestra SUP-197, SUP-198, entre otros).*

Cabe mencionar que la mineralización también se aprecia en los diques andesíticos, representado por malaquita con especularita (Sector Supalla), malaquita con puntos de covelina (Sector Huanchuylo, muestra SUP-189).

- *Yacimientos de cobre alojados en capas rojas existen en Chile (Mina San Bartolo), Bolivia (Mina Corocoro) y en el Altiplano peruano, existen afloramientos de cobre en capas rojas; se asume que todos estos yacimientos, se originaron a consecuencia de la erosión de una zona volcánica calcoalcalina antigua o contemporánea portadora de minerales de cobre, el cual se extendería desde Antofagasta hasta la región de Cusco. Igualmente el cobre puede provenir del Batolito Andahuaylas-Yauri (Loza, M., 2004).*

Al parecer la mineralización en capas rojas son producto de la erosión de los depósitos porfiríticos que afloran en ese sector, originando pátinas, manchas de mineralización en toda la secuencia sedimentaria (Grupo San Jerónimo), presentando concentraciones anómalas de cobre, sin llegar a tener por el momento una fuerte implicancia en la producción de cobre en el Perú y actualmente son explotados artesanalmente por mineros informales (Rivera, R., 2010).

En el caso del ANAP Suparaura y como parte del estudio del Batolito Andahuaylas-Yauri (Rivera, R., 2009 en “Evaluation of Ore Deposits Potential in the Andahuaylas-Yauri Batholith”), con interpretaciones de campo se han permitido asumir que este mismo proceso geológico ocurrió en la parte norte del batolito, pero esta vez asociado a la Formación Muñani. Sin bien es cierto, las concentraciones de cobre son menores en relación a lado oriental, la importancia radica que estas bajas concentraciones de cobre, indican que el nivel de erosión de los depósitos porfiríticos no fue el mismo en todo el Batolito.

Otra observación que mencionan es que, la Formación Muñani ha sido datada como anterior al segundo pulso magmático del Batolito Andahuaylas-Yauri, lo cual también indicaría que el primer pulso podría haber originado algunos sistemas porfiríticos, actualmente quizás ya erosionados o todavía aún no descubiertos.

- *En los yacimientos “Sediment Hosted” y/o estratoligados alojadas en el Grupo San Jerónimo no reportan alteraciones hidrotermales que podrían haber afectado a la roca caja.*

En el caso del ANAP Suparaura el origen hidrotermal estaría asociado a intrusivos subvolcánicos. En consecuencia a esta postura la mineralización de cobre (tipo Sediment Hosted) y la alteración hidrotermal estarían directamente relacionados al emplazamiento

de diques dioríticos y andesíticos. Sugiriendo que el cobre y otros elementos habrían derivado del mismo magma que generó los intrusivos, pero estos en general no presentan mineralización económica (diques dioríticos).

Como último aporte a este capítulo Sato (1984), presenta un modelo epigenético que satisface en mayor medida las características de estos depósitos, y resume lo siguiente:

- La mineralización ocurre preferentemente en zonas de mayor permeabilidad.
- La ubicación de la mineralización está en muchos casos controlados por fallas y/o cuerpos intrusivos subvolcánicos.
- La fuente de metales se cree es principalmente magmático pero de largo alcance.

5. Prospección geoquímica de rocas

5.1 Métodos de muestreo y enfoque

En el ANAP Suparaura se obtuvieron 374 muestras de roca en dos campañas de campo: 1.- Primera Campaña abril a mayo del 2013 y 2.- Segunda Campaña en julio del 2013, (Anexo III – Tabla 5.11), empleándose el método de muestreo aleatorio simple con espaciamiento aproximado de 500m y 250m (Malla de muestreo), representados en un 45% del total de muestras, que sirvió para identificar la litología del área de estudio. En este recorrido se empleó los tipos de muestreo: rock chip y canales para estructuras mineralizadas y diques. Con respecto al 55%, se realizó un muestreo aleatorio sistemático, con un espaciamiento aproximado de 100m y 50m, considerando como base los primeros análisis del muestreo aleatorio, en zonas donde se identificó alteración y mineralización, como ocurre en las zonas de Supalla, Supaccara y Huanchuylo. Las muestras extraídas son representativas del área de estudio; por lo que no se identificó ninguna fuente de contaminación en campo.

5.1.1 Preparación y control de muestras en el ANAP Suparaura

Las muestras recolectadas en el ANAP Suparaura cumplen con un riguroso control de calidad (QA/QC) desde la extracción hasta el envío a los laboratorios para su respectivo análisis geoquímico, se realizó el siguiente control:

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

5.1.2 Preparación y control de la muestra en gabinete campo

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

Recepción de muestras

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

5.1.3 Verificación de datos

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

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

5.2 Aseguramiento y control de calidad

Adicional a las 374 muestras de rocas recolectadas en Suparaura, se incluyeron 37 muestras de control analítico consistentes en 13 blancos, 13 estándares y 11 duplicados. El detalle de éstos se muestra en la tabla 5.1; además se presenta una copia de los certificados de los estándares y resultados geoquímicos de los laboratorios Inspectorate y SGS (Anexo III, Tabla 5.12 y Tabla 5.13).

Tabla 5.1 Distribución de muestras de esquirlas de roca

N° Reporte Analítico	Total muestras	Muestras roca	Muestras Control	Tipo Control	Detalle	N°	Total
JOB 13-70300457	124	112	12	Blancos	Arena sílicea (~0.5mm)	1	4
					Blanco grueso cuarzo (1cm)	3	
				Estándares	*SRM Cu alto GBM 311-6	1	3
					SRM Cu medio GBM 310-8	1	
					SRM Cu bajo GBM 906-6	1	
				Duplicados	Campo	2	5
					Pulpa	3	
GQ 1304938	287	262	25	Blancos	Arena sílicea (~0.5mm)	5	9
					Blanco grueso cuarzo (1cm)	4	
				Estándares	SRM Cu muy alto GBM 910-4	1	10
					SRM Cu alto GBM 311-6	3	
					SRM Cu medio GBM 310-8	1	
					SRM Cu bajo GBM 906-6	1	
					SRM Au bajo GLG907-5	1	
					SRM Au medio G311-7	2	
					SRM Au alto G311-5	1	
				Duplicados	Campo	6	6
Total	411	374	37			37	37

*SMR (Standard Reference Material)

Los resultados analíticos de los blancos de control insertados en las muestras de rocas, son para el total de casos, donde el orden del límite inferior para cada elemento analizado, o cercanos a éstos, concluyendo no tienen niveles de contaminación tanto en la etapa de chancado (blancos gruesos) como en la etapa de pulverización, tal como puede apreciarse en la Tabla 5.2

Tabla 5.2 Resultados Analíticos Blancos de Control en muestras de rocas

Orden	Código Muestras	Tipo muestra de control	Au ppb	Ag ppm	Cd ppm	Cu ppm	Mn ppm	Mo ppm	Pb ppm	Sb ppm	Zn ppm
1	SUP-020-B	BLK grueso 1Cm	<5	-0.2	-1	14	25	-2	5	8	-5
2	SUP-069	BLK grueso 1Cm	<5	-0.2	-1	12	31	4	6	8	-5
3	SUP-112	BLK grueso 1Cm	<5	-0.2	-1	19	31	4	7	8	-5
4	SUP-150	BLK grueso 1Cm	<5	<1	<0.2	35	84	9	<5	1.1	<5
5	SUP-181	BLK grueso 1Cm	<5	<1	<0.2	21	109	15	<5	<0.5	<5
6	SUP-220	BLK grueso 1Cm	<5	<1	<0.2	16	149	15	<5	<0.5	<5
7	SUP-230	BLK Fino 0.5mm	<5	<1	<0.2	19	65	7	<5	<0.5	<5
8	SUP-277	BLK grueso 1Cm	<5	<1	<0.2	7	61	4	<5	<0.5	<5
9	SUP-337	BLK grueso 1Cm	<5	<1	0.3	9	74	2	<5	<0.5	7
10	SUP-385	BLK grueso 1Cm	<5	<1	0.2	8	75	2	<5	<0.5	<5
11	SUP-048	BLK fino 0.5mm	<5	-0.2	-1	12	30	3	7	8	-5
12	SUP-201	BLK fino 0.5mm	<5	<1	<0.2	32	150	8	<5	0.6	<5
13	SUP-241	BLK fino 0.5mm	<5	<1	0.2	8	69	3	<5	<0.5	<5

Los estándares certificados empleados en el ANAP Suparaura, proceden de los laboratorios GEOSTATS PTY LTD, de Australia (Anexo III). Los límites mínimos y máximos de tolerancia para los estándares han sido calculados considerando el promedio certificado ± 2 desviaciones estándar a excepción del estándar GBM311-6, cuyo cálculo para el Cu corresponde al promedio certificado ± 2.5 veces la desviación estándar (Tabla 5.3).

Tabla 5.3 Resumen Valores Certificados Estándares

Código Estándar	Elemento	Promedio	Desviación Estándar	Límite Mínimo	Límite Máximo
G311-5	Au (ppb)	1316.13	57.02	1202.09	1430.17
G311-7	Au (ppb)	400.78	28.18	344.42	457.14
GLG907-5	Au (ppb)	80.72	7.91	64.91	96.53
GBM310-8	As (ppm)	85	6	72.3	98.1
GBM310-8	Cu (ppm)	396	20	355.2	436.6
GBM310-8	Pb (ppm)	29	3	22.9	34.5
GBM310-8	Zn (ppm)	27	5	16.8	37.9
GBM311-6	As (ppm)	1540	80	1379.8	1700.7
GBM311-6	Cu (ppm)	1037	46	921.3*	1152.7**
GBM311-6	Pb (ppm)	302	19	263.6	340.1
GBM311-6	Zn (ppm)	571	33	504.2	637.2
GBM311-6	Ag (ppm)	4.2	0.6	3.0	5.4
GBM906-6	As (ppm)	9	3	3.5	15
GBM906-6	Cu (ppm)	174	25	124.4	224.3
GBM906-6	Pb (ppm)	290	14	261.2	318.2
GBM906-6	Zn (ppm)	210	14	182	237.8
GBM906-6	Ag (ppm)	389.7	21.1	347.5	431.9
GBM 910-4	Cu (ppm)	5412	229	4954	5870
GBM 910-4	Zn (ppm)	377	26	429	325
GBM 910-4	As (ppm)	40	5	50	30
GBM 910-4	Co(ppm)	67	9	85	49
GBM 910-4	Ag (ppm)	1.8	0.2	2.2	1.4
GBM 910-4	Ni(ppm)	30	7	44	16

* Promedio – 2.5 Desviación estándar Cu **Promedio + 2.5 Desviación estándar Cu.

5.2.1 Análisis de control de calidad del elemento Cu en blanco grueso y blanco fino

En total, se procesaron 13 muestras de blanco gruesos y finos, que representan una tasa de inserción de 3.16% con respecto al total de muestras recolectadas. No se identificó ningún caso de contaminación durante la preparación de muestras. Los resultados de los blancos gruesos, se consideran dentro del rango aceptable, más del 95% de las muestras se encuentran debajo de los límites máximos.

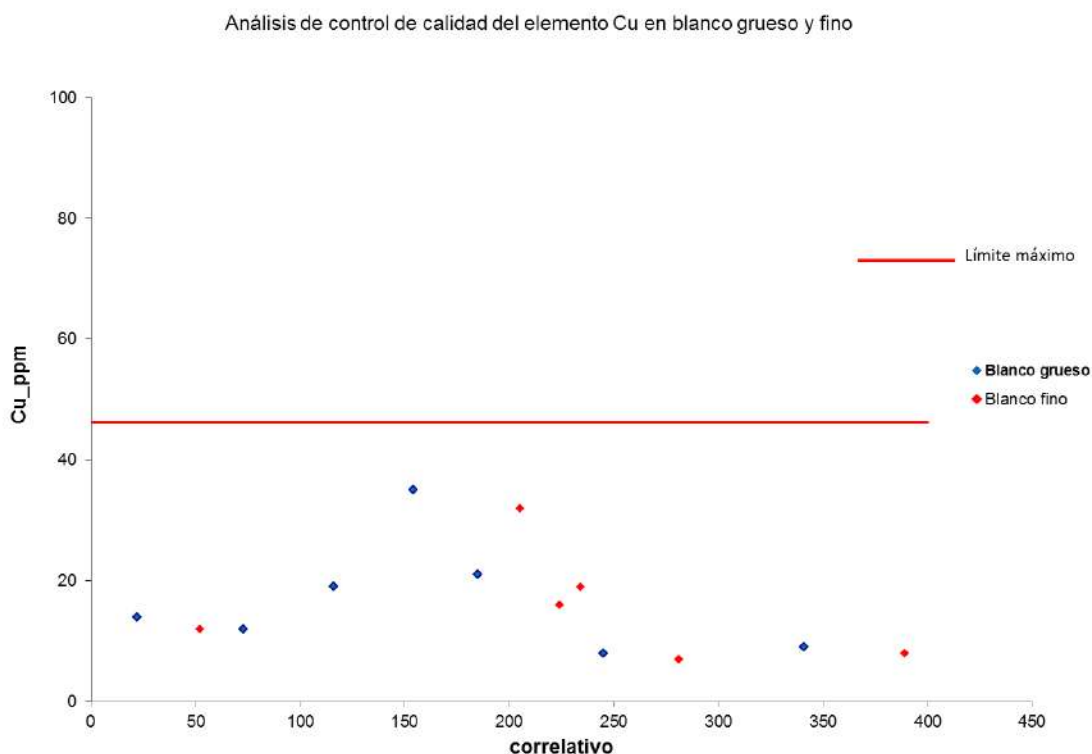


Fig. 5.1 Análisis de control de calidad del elemento Cu en blanco grueso y fino

5.2.2 Análisis de control de calidad para estándares

En total, se procesaron 13 muestras SRM válidos: 2 muestras de SRM GBM 906-6, 4 muestras de SRM GBM-311-6, 1 muestras de GBM 910-4, 1 muestra de GLG 907-5, 2 muestras de G311-7, 1 muestra de G311-5. Tabla 5.2, representa una tasa de inserción de 3.16% del total de muestras. Los gráficos de control se prepararán para los elementos Au,Ag,Cu,Zn y Pb.

Los resultados analíticos de los tres tipos de estándares de Au (G311-5, G311-7 y GLG907-5) dieron concentraciones entre los límites analíticos de tolerancia certificados para el total de casos, por lo que se concluye, que el nivel de exactitud analítico por Au, es aceptable para los análisis reportados por el laboratorio SGS S.A. para las muestras de roca (Fig. 5.2).

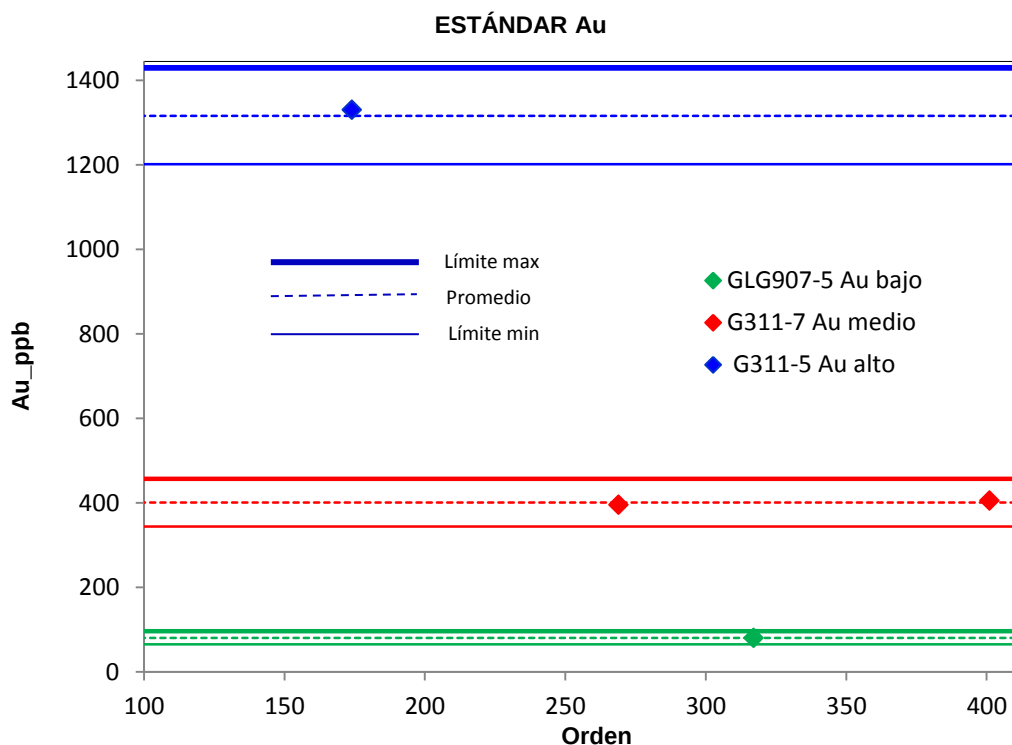


Fig. 5.2 Au (ppb) – Estándares de Au –Laboratorio SGS S.A.

Las Figuras 5.3 a 5.6 muestran los resultados analíticos para los elementos Cu, Ag, Zn y Pb; estos resultados se encuentran entre los límites de detección certificados para cada elemento. Se concluye que los niveles de exactitud analítica para el Cu, Ag, Zn y Pb son aceptables, siendo confiables los resultados remitidos por los laboratorios SGS DEL PERÚ SAC y INSPECTORATE SERVICES PERU S.A.C para estos elementos.

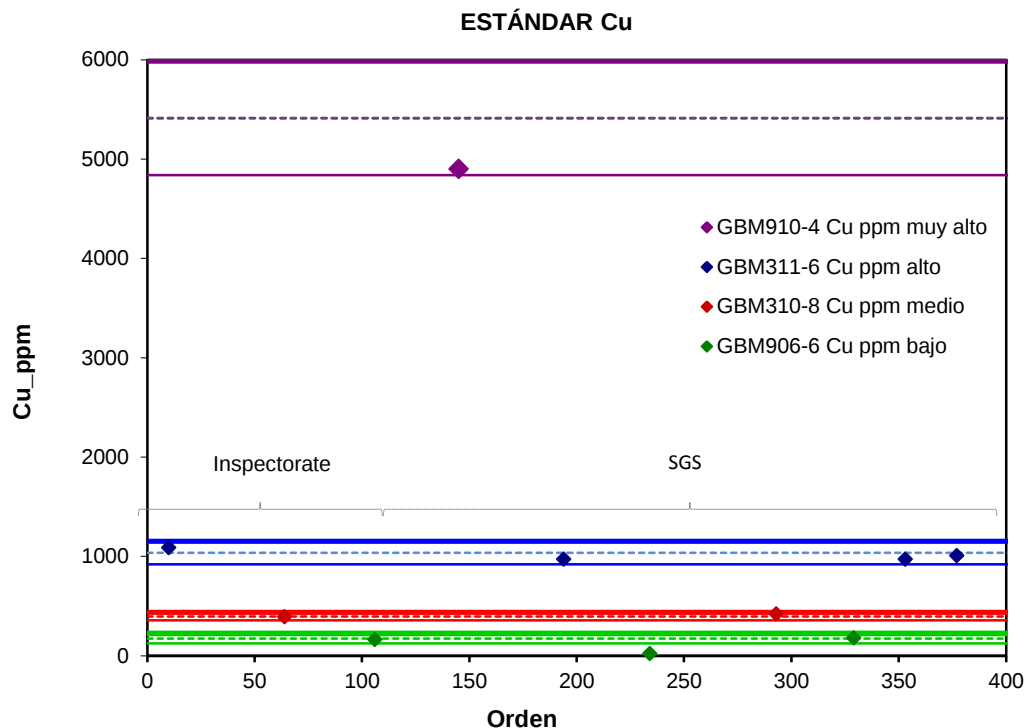


Fig. 5.3 Cu (ppm) – Estándares

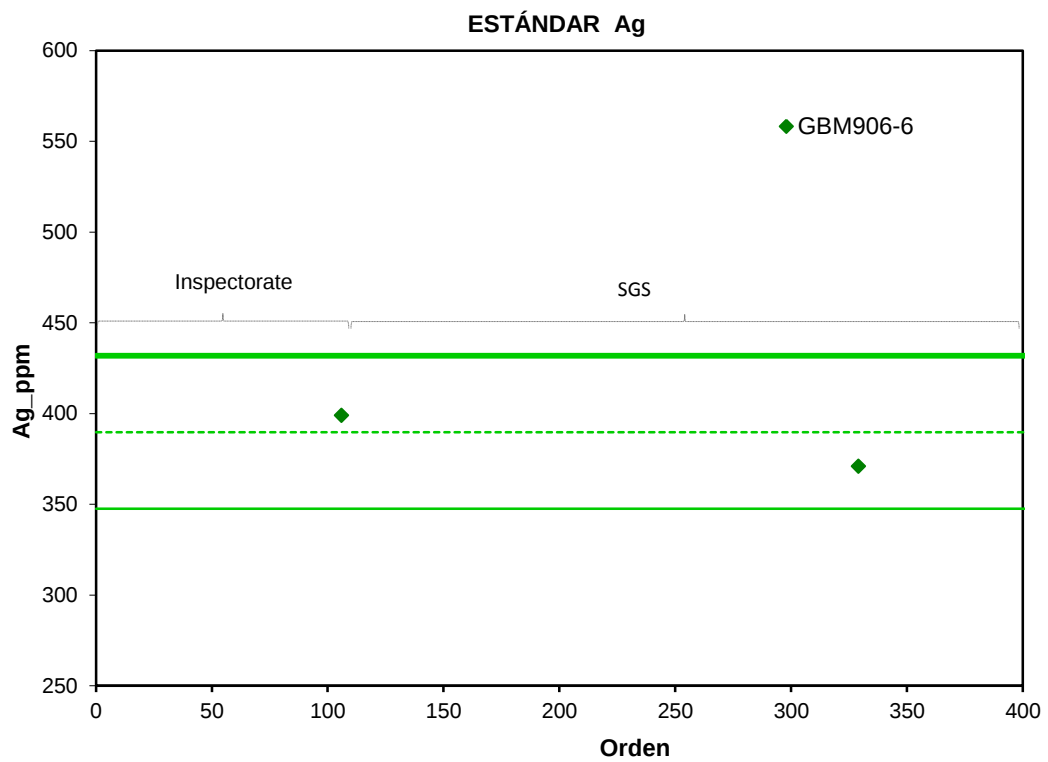
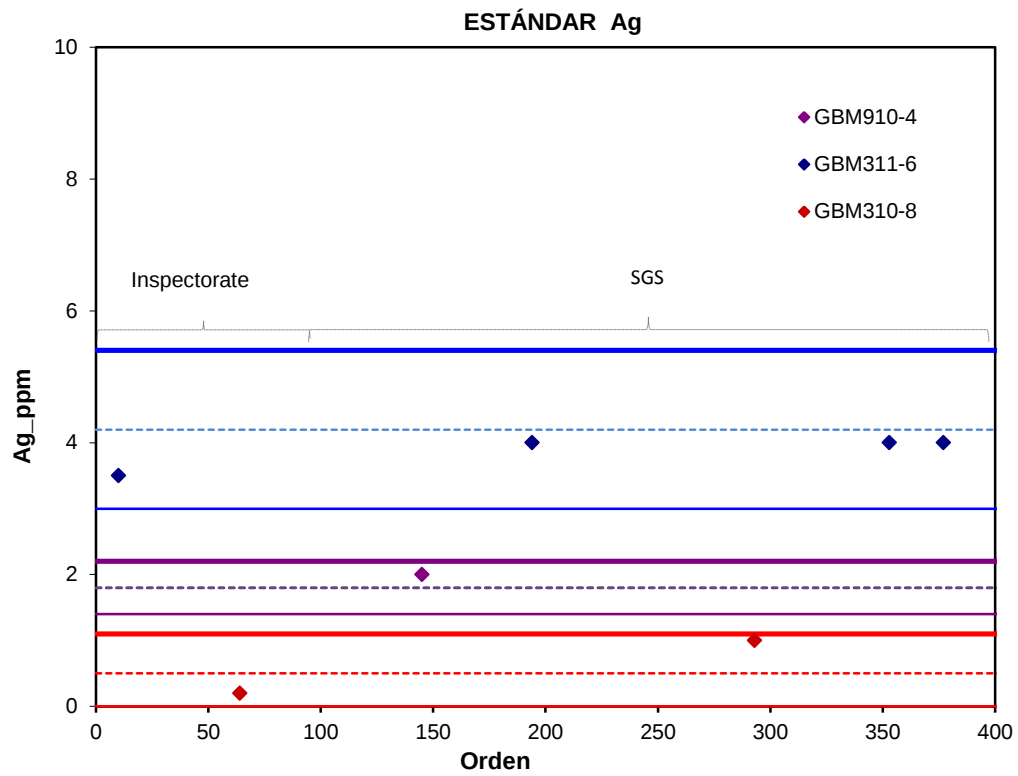


Fig. 5.4 Ag (ppm) – Estándares

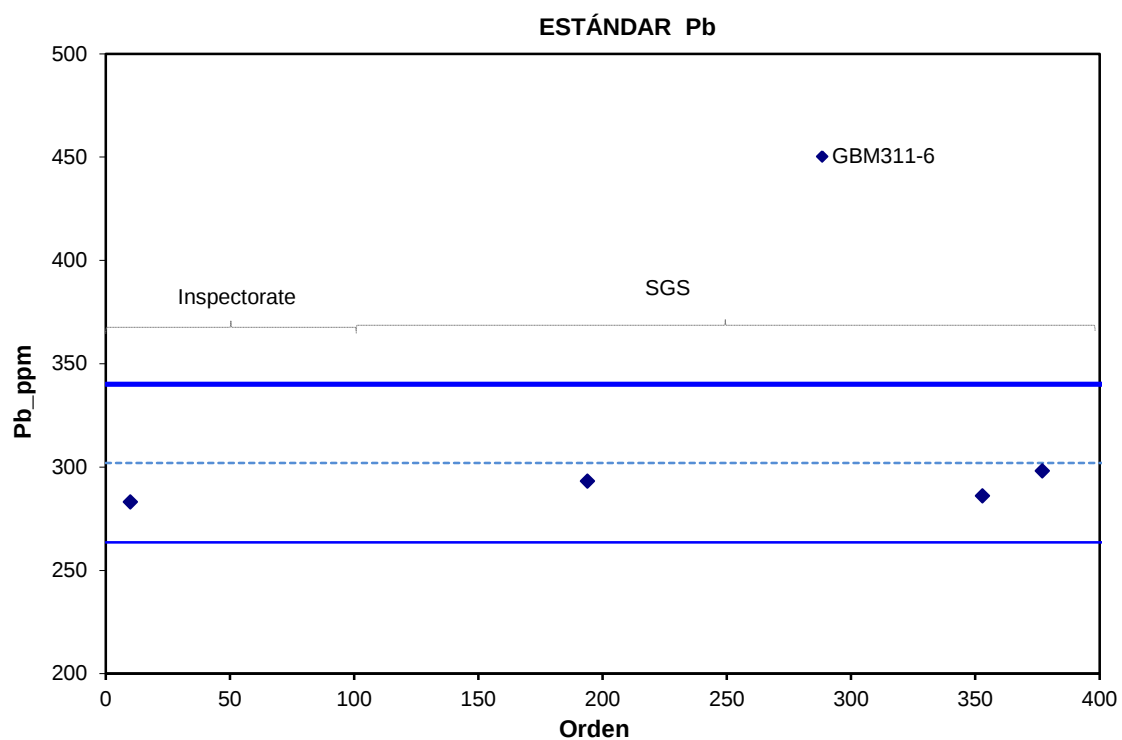
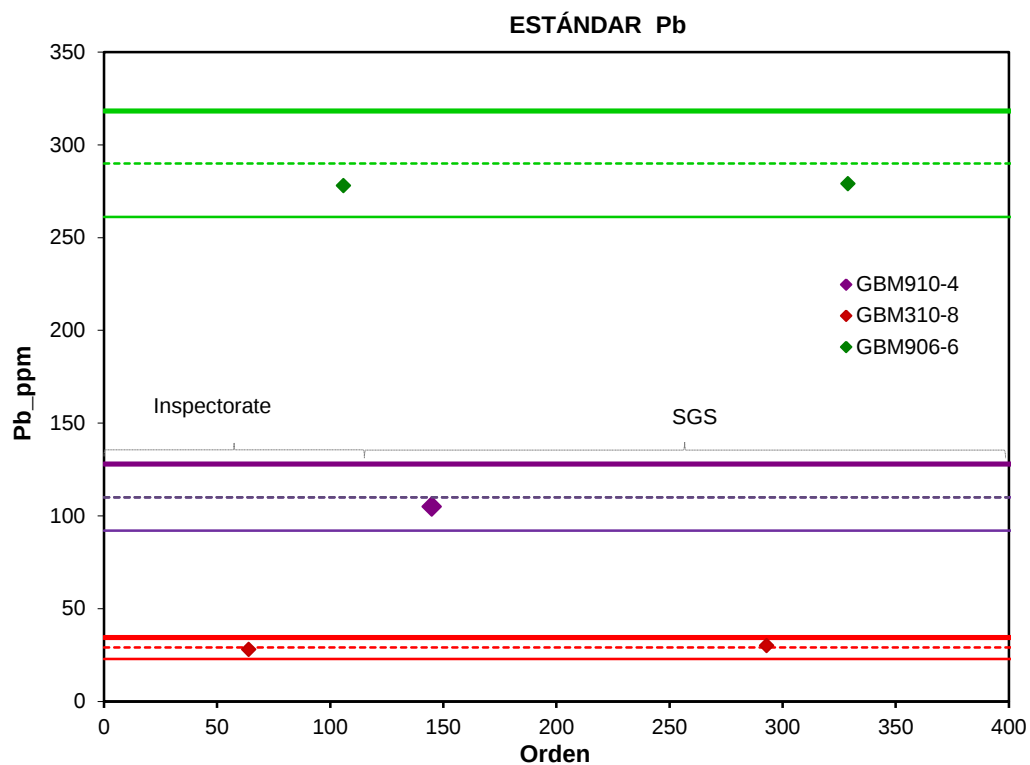


Fig. 5.5 Pb (ppm) – Estándares

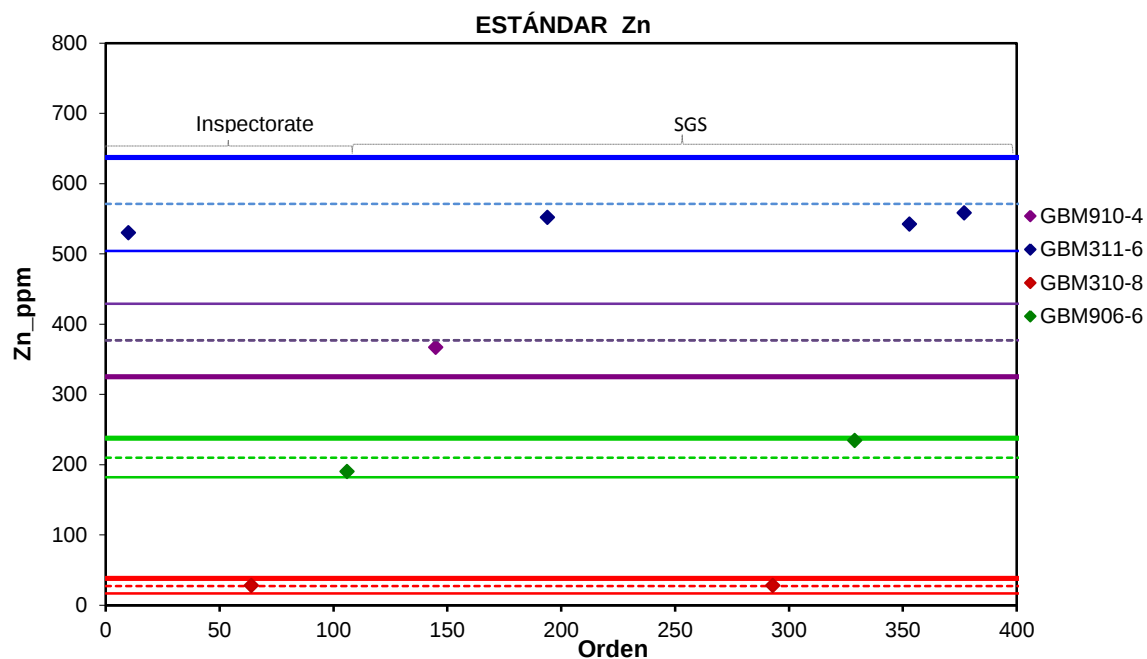


Fig. 5.6 Zn (ppm) – Estándares

5.2.3 Análisis de control de calidad para duplicados.

La evaluación de las muestras duplicadas (campo y pulpa) tiene niveles de “diferencia relativa porcentual” aceptables al 95% para los análisis de la Ag, As, Cd, Mn y Zn; al 88% para el Cu y al 94% para el Au.

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

Dónde:

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

$$x_1 = \text{Valor original}$$

Los resultados analíticos de las muestras originales y sus duplicados, así como, los valores de RPD se muestran en la Tabla 5.4 y Fig.5.7-Fig.5.8.

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

Tabla 5.4 Resultados analíticos muestras duplicadas

N°	Muestras	QAQC	Au ppb	RPD Au	Ag ppm	RPD Ag	Cd ppm	RPD Cd	Cu ppm	RPD Cu	Mn ppm	RPD Mn
1	SUP031	Original	23	15	1.9		1		3708		815	
1	SUP032	DUP Campo	17		1.2	22.58	1	0.00	1929	31.56	855	-2.40
2	SUP041	Original			0.2		1		37		545	
2	SUP042	DUP Pulpa			0.2	0.00	1	0.00	35	2.78	551	-0.55
3	SUP080	Original	5	0.0	0.2		1		8		986	
3	SUP081	DUP Campo	5		0.2	0.00	1	0.00	5	23.08	985	0.05
4	SUP089	Original	5	0.0	0.2		1		6		171	
4	SUP090	DUP Pulpa	5		0.2	0.00	1	0.00	5	9.09	177	-1.72
5	SUP119	Original	5	0.0	0.2		1		4		1371	
5	SUP120	DUP Pulpa	5		0.2	0.00	1	0.00	49	-84.91	1054	13.07
6	SUP128	Original	5	0.0	1		0.2		39		698	
6	SUP129	DUP Campo	5		1	0.00	0.2	0.00	41	-2.50	754	-3.86
7	SUP159	Original	5	0.0	1		0.2		14		845	
7	SUP160	DUP Campo	5		1	0.00	0.2	0.00	15	-3.45	894	-2.82
8	SUP211	Original	5		1		0.2		23		1061	
8	SUP212	DUP Campo	5	0.0	1	0.00	0.2	0.00	23	0.00	1089	-1.30
9	SUP252	Original	5		1		0.2		48		1479	
9	SUP253	DUP Campo	5	0.0	1	0.00	0.2	0.00	43	5.49	1529	-1.66
10	SUP300	Original	5		1		0.2		54		654	
10	SUP301	DUP Campo	5	0.0	1	0.00	0.2	0.00	57	-2.70	624	2.35
11	SUP360	Original	5		1		0.2		43		2311	
11	SUP361	DUP Campo	5	0.0	1	0.00	0.2	0.00	49	-6.52	2428	-2.47

N°	Muestras	QAQC	Mo ppm	RPD Mo	Pb ppm	RPD Pb	Sb ppm	RPD Sb	Zn ppm	RPD Zn
1	SUP031	Original	2		11		6		30	
1	SUP032	DUP Campo	2	0.00	10	4.76	6	0.00	64	-36.17
2	SUP041	Original	2		10		7		63	
2	SUP042	DUP Pulpa	2	0.00	13	-13.04	5	16.67	59	3.28
3	SUP080	Original	3		16		5		82	
3	SUP081	DUP Campo	3	0.00	19	-8.57	5	0.00	83	-0.61
4	SUP089	Original	2		7		5		11	
4	SUP090	DUP Pulpa	2	0.00	6	7.69	6	-9.09	11	0.00
5	SUP119	Original	3		5		5		126	
5	SUP120	DUP Pulpa	4	-14.29	11	-37.50	5	0.00	88	17.76
6	SUP128	Original	3		9		0.5		51	
6	SUP129	DUP Campo	2	20.00	10	-5.26	0.5	0.00	55	-3.77
7	SUP159	Original	2		15		0.9		69	
7	SUP160	DUP Campo	2	0.00	16	-3.23	1	-5.26	71	-1.43
8	SUP211	Original	2		19		0.6		157	
8	SUP212	DUP Campo	3	-20.00	19	0.00	0.5	9.09	157	0.00
9	SUP252	Original	2		19		0.6		105	
9	SUP253	DUP Campo	2	0.00	18	2.70	0.6	0.00	106	-0.47
10	SUP300	Original	4		7		0.6		42	
10	SUP301	DUP Campo	2	33.33	7	0.00	0.5	9.09	41	1.20
11	SUP360	Original	4		25		0.8		126	
11	SUP361	DUP Campo	5	-11.11	26	-1.96	0.9	-5.88	124	0.80

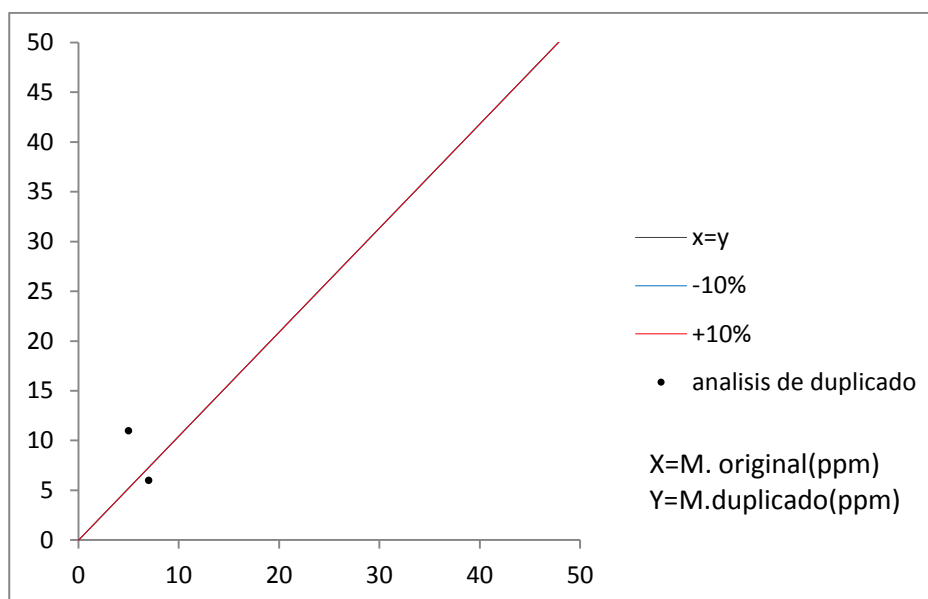


Fig. 5.7 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de pulpa

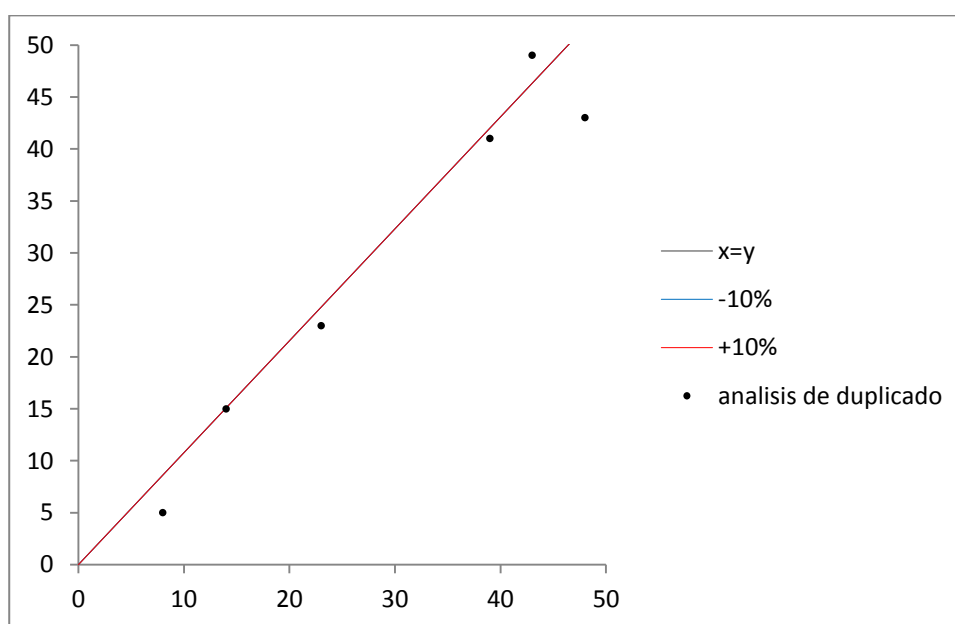


Fig. 5.8 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de campo

No se han identificado posibles confusiones. Los resultados de los duplicados gruesos se consideran dentro del rango aceptable para todos los elementos estudiados (mas del 90% de los pares de muestras debe caer dentro de los límites de error, evaluados para un error máximo relativo de 10%).

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

5.3 Interpretación geoquímica de rocas

El objetivo es determinar zonas de interés económico de Cu, Au y polimetálicos. Para la interpretación se evaluaron 372 muestras de roca; ordenadas en poblaciones según litología (Sedimentaria, Volcánica e Intrusiva), adicionalmente, se tiene, dos muestras de veta fuera del ANAP, en la parte norte, con valores anómalos en Cu y Au: SUP-231, con 1817ppm Cu y 35ppb Au y SUP-234, con 7106ppm Cu y 364ppb Au.

Se realizaron los planos isovalóricos interpolando las muestras de los elementos Cu, Pb y Zn por el método de mínima curvatura, por ser el más adecuado, de acuerdo a los valores de las muestras.

5.3.1 Población Estadística de Roca Sedimentaria

La población sedimentaria está constituida por 194 muestras teniendo una mayor afinidad en valores de cobre y en menor proporción los valores de Pb y Zn.

Los valores anómalos de Au y Ag son puntuales, teniendo las muestras SUP-100, con 448 ppb Au, SUP-103, con 101.8 ppm Ag (Zona Supalla al Sur del ANAP) y SUP-033, con 116.5 ppm Ag (Zona Supaccara al Noreste del ANAP).

La dispersión de los elementos Cu, Pb y Zn en la población sedimentaria, está graficada en los planos del Anexo I, Figs. 5.9 a 5.11. Donde se puede observar que los valores de Cu están distribuidos principalmente en la zona de Supaurara y Supaccara con valores mayores a 10,000 ppm, con una presencia inferior en el paraje denominado Huanchuylo y Supalla.

Asimismo, la anomalía de Pb se observa en el paraje denominado Supaurara con tendencia N – S y en el paraje denominado Supaccara de manera puntual.

La anomalía de Zn, presenta una distribución con valores débiles entre los parajes denominado Cerro Jatun Chuccho – Supaurara con una tendencia N – S.

Las muestras fueron recolectadas en areniscas con alteración débil a moderado, producto de la intrusión de diques andesíticos, donde se presenta evidente mineralización de óxidos y carbonatos de Cu (malaquita, hematita), asimismo, trazas de pirita y covelina.

Los valores de fondo y umbral para los elementos anómalos se muestran en la Tabla 5.5, Asimismo, en el cuadro resumen de valores.

Tabla 5.5 Background, treshold y rangos de anomalías de la población estadística de roca sedimentaria.

Elemento	Valor Fondo	Valor Umbral	Rango Anomalías	Nivel Anomalía	Población	Target
Cu (ppm)	<5 (LDI)	100	100 - 200	débil	Sedimentaria (Arenisca)	Supaccara-Huanchuylo
			200 - 300	moderada		
			> 300	fuerte		
Pb (ppm)	<5 (LDI)	30	30 - 60	débil	Sedimentaria (Arenisca)	Supaurara
			60 - 90	moderada		
			> 90	fuerte		
Zn (ppm)	<5 (LDI)	140	140 - 280	débil	Sedimentaria (Arenisca)	Supaurara
			280 - 420	moderada		
			> 420	fuerte		

En la tabla 5.6 (resumen de valores), se puede evidenciar zonas con mayor valor de ley por 3 elementos anómalos principalmente, considerando también Au y Ag. De la cual se define que esta población muestra potencial por Cu. Así se determinan zonas, para realizar trabajos más detallados de exploración.

Tabla 5.6 Muestras más significativas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn. Resaltadas en color rojo y amarillo. Según anomalías de las Fig. 5.9 a Fig. 5.11 (Anexo I)

MUESTRA	ESTE	NORTE	Au_ppb	Ag_ppm	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Área de Interés
SUP-086	704349	8457133	11	75.2	9734	10	111	Acobamba
SUP-123	702022	8454207	5	1	132	221	257	C° Jatun Chuccho
SUP-013	704171	8453915	6	5.4	3014	5	51	C° Supaccara
SUP-040	704738	8452807	10	1.5	819	11	126	
SUP-225	704432	8452927	5	44	10000	10	53	
SUP-033	703896	8454146	9	116.5	10000	1457	79	
SUP-249	704664	8452862	5	5	1331	5	170	
SUP-031	703972	8454889	23	1.9	3708	11	30	
SUP-400	704310	8454640	5	33	6969	8	77	
SUP-239	704164	8452879	5	1	304	5	56	
SUP-238	704096	8452716	5	1	953	7	39	
SUP-024B	704668	8454411	9	83.1	10000	5	64	
SUP-407	703855	8454003	7	1	235	13	110	
SUP-357	702465	8457380	5	1	384	5	61	Ccepopata Bajo
SUP-388	700142	8454841	5	16	7245	7	72	Huanchuylo Oeste
SUP-393	700398	8455165	5	2	1414	9	264	
SUP-100	702538	8453049	448	9.1	3359	40	59	Supalla
SUP-103	702408	8453176	5	101.8	10000	79	63	
SUP-296	702395	8453136	5	1	320	22	65	
SUP-314	701853	8453630	5	1	17	25	575	
SUP-179	701428	8454964	5	40	10000	7	82	Zona Supaurara
SUP-184	701478	8455325	8	3	1885	14	104	
SUP-187	702006	8454696	5	9	4993	11	81	
SUP-198	702037	8455643	6	5	5474	98	97	
SUP-145	702541	8456160	5	1	701	9	55	
SUP-197	702147	8455393	13	19	10000	481	82	
SUP-168	701530	8454545	19	3	3301	8	67	

Leyenda: ■ Débil ■ Moderado ■ Fuerte

En Fig. 5.9 se muestra las correlaciones más significativas en la población sedimentaria de acuerdo a las intensidades siguientes:

Muy Fuerte: Co - Fe

Fuerte: Ag-Cu, Fe-Mn, As - Sb y Mn-Zn.

Moderado: Co - Mn, Co - Zn, Fe - Zn y Mn - Sr

5.3.2 Población Estadística de Roca Volcánica

La población volcánica está constituida por 96 muestras, los resultados emitidos por el laboratorio se tienen valores moderados en Cu, Pb y débil en Zn.

Las anomalías de Cu y Pb se encuentran distribuidas en la zona de Huanchuylo, sobre todo en diques andesíticos con alteración propilítica débil a moderada y presencia de mineralización en trazas de malaquita y especularita.

Presencia puntual de contenido de Au, en la muestra SUP-174, 137ppb Au, ubicado en la zona denominada Huanchuylo, en una estructura tipo dique de composición andesítica.

La dispersión de los elementos Cu, Pb y Zn, en la población volcánica está graficada en los planos del Anexo I, Figs. 5.13 a 5.15. Donde se observa que los valores de Cu están distribuidos con una tendencia NW - SE entre los parajes de Huayllabamba–Huanchuylo–Supalla y asimismo el Pb está distribuido con una tendencia N – S entre los parajes de Elcceno – Huanchuylo – Supalla.

Asimismo, la anomalía de Zn se encuentra de forma dispersa y poco representativa en la zona Este –Oeste entre Supaccara y Huanchuylo.

Los valores de fondo y umbral para los elementos anómalos se muestran en la Tabla 5.7

Tabla 5.7 Background, treshold y rangos de anomalías de la población estadística de roca volcánica.

Elemento	Valor Fondo	Valor Umbral	Rango Anomalías	Nivel Anomalía	Población
Cu (ppm)	<5 (LDI)	550	550 - 1050	débil	Volcánica Andesita
			1050 - 1600	moderada	
			> 1600	Fuerte	
Pb (ppm)	<5 (LDI)	25	25 - 50	débil	
			50 - 75	moderada	
			> 75	Fuerte	
Zn (ppm)	<5 (LDI)	250	250 - 500	débil	
			500 - 750	moderada	
			> 750	Fuerte	

En la Tabla 5.8 (resumen de valores), se pueden evidenciar zonas con mayor valor de ley por los 3 elementos anómalos principalmente, considerando Cu, Au y Ag. Se definen zonas favorables en leyes de Cu. Asimismo podemos correlacionar con respecto a las zonas identificadas en la población sedimentaria.

Tabla 5.8 Muestras más significativas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn. Resaltadas en color rojo y amarillo. Según anomalías de las Fig. 5.13 a Fig. 5.15 (Anexo I)

MUESTRA	ESTE	NORTE	Au_ppb	Ag_ppm	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Área de Interés
SUP-403	703809	8457448	20	7	2806	20	110	Acobamba
SUP-236	703784	8452820	5	2	871	16	103	C° Supaccara
SUP-282	703965	8454980	8	1	1911	128	431	
SUP-056	704703	8452729	5.0	1.3	128.0	249	89	
SUP-158	702050	8457369	19	6	4512	22	140	Ccepopata Oeste
SUP-148	701950	8456400	5	1	7.0	96	383	Elcceno
SUP-171	701044	8454647	5	1	1111	5	178	Huanchuylo
SUP-174	701407	8454802	137	37	9138	174	26	
SUP-166	701292	8454193	5	1	106.0	56	534	
SUP-189	700099	8455462	5	2	596	9	220	Huayllabamba
SUP-096	700386	8453568	5	0.2	647	5	256	
SUP-228	699338	8455848	6	1	1864	9	28	
SUP-226	699272	8455599	9	51	10000	13	108	
SUP-387	700136	8454738	5	1	1012	10	312	
SUP-192	699868	8454716	5	10	7176	5	180	
SUP-111	702548	8453047	7	24.1	6709	9	10	Supalla
SUP-142	702562	8455982	6	3	600	32	91	Suparaura
SUP-135	702440	8455018	5	2	642	18	254	

Leyenda: ■ Débil ■ Moderado ■ Fuerte

En Fig. 5.10 se muestra que las correlaciones más significativas en la población volcánica donde por intensidades tenemos las siguientes:

Muy Fuerte: Co – Fe

Fuerte: Ag – Cu, Fe – Mn, Mn – Zn y As – Sb

Moderado: Co – Mn, Co – Zn, Fe–Zn y Mn–Sr

En cuanto a la correlación es importante mencionar que hay una fuerte correlación inversa entre los valores de As y Sb.

5.3.3 Población Estadística de Roca Intrusiva

La población intrusiva está constituida por 82 muestras, donde el 98% de los valores de Cu están por debajo de 250 ppm; en el mismo porcentaje los valores de Zn, se encuentran por debajo de 300 ppm; en cuanto a los valores de Pb, estos están restringidos hacia el Sur, en el paraje denominado Supalla y al Oeste en el paraje de Supaccara. Au y Ag no presentan valores anómalos en esta población.

La dispersión de los elementos Cu, Pb y Zn en la población intrusiva, se muestra en los planos del Anexo I, Figs. 5.17 a 5.19. Donde se puede observar que los valores de Cu y Zn son puntuales en comparación a la población sedimentaria y volcánica, que presentan mayor continuidad; por el contrario los valores de Pb, están distribuidos proporcionalmente en las tres poblaciones litológicas.

Los valores de fondo y umbral para los elementos anómalos se muestran en la Tabla 5.9

Tabla 5.9 Background, treshold y rangos de anomalías de la población estadística de rocas intrusivas.

Elemento	Valor Fondo	Valor Umbral	Rango Anomalías	Nivel Anomalía	Población	Target
Cu (ppm)	<5 (LDI)	250	250 - 500	débil	Intrusivo Diorita	C° Suparaura
			500 - 750	moderada		
			> 750	fuerte		
Pb (ppm)	<5 (LDI)	50	50 - 100	débil	Intrusivo Diorita	C° Suparaura
			100 - 150	moderada		
			> 150	fuerte		
Zn (ppm)	<5 (LDI)	300	300 - 600	débil	Intrusivo Diorita	C° Suparaura
			600 - 900	moderada		
			> 900	fuerte		

En la Tabla 5.10 (resumen de valores), se puede evidenciar las zonas con mayor valor de ley por los 3 elementos anómalos Cu, Pb y Zn principalmente, Au y la Ag para mostrar su escasa presencia en la población. Por lo tanto se identifica zonas favorables con leyes anómalas de Pb- Cu y débiles en Zn.

Tabla 5.10 Muestras más significativas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn.

Según anomalías de las Fig. 5.17 a Fig. 5.19 (Anexo I)

MUESTRA	ESTE	NORTE	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Área de Interés
SUP-177	699985	8453745	5	1	315	5	121	C° Supaccara
SUP-268	704647	8454273	9	1	334	10	97	
SUP-065	703472	8454352	8	0.2	89	158	304	
SUP-016	704131	8454387	5	0.2	108	160	380	
SUP-010	704056	8453491	5	0.2	62	163	323	
SUP-065	703472	8454352	8	0.2	89	158	304	
SUP-010	704056	8453491	5	0.2	62	163	323	
SUP-016	704131	8454387	5	0.2	108	160	380	Huanchuylo
SUP-165	701613	8454183	5	1	105	75	323	
SUP-317	702138	8453656	5	1	87	221	180	Supalla
SUP-336	701618	8455384	5	1	83	60	368	Supaurara

Leyenda: ■ Débil ■ Moderado ■ Fuerte

En Fig. 5.10 se muestra las correlaciones más significativas en la población de intrusivo de acuerdo a las siguientes intensidades:

Muy Fuerte: Ag – As, Fe - Co y Mg - Co

Fuerte: Mg – Fe y As - Sb.

Moderado: Pb – Zn y Zn – Mn

Estos datos nos entregan una guía de cómo se distribuyen estadísticamente los elementos entre sí, las altas correlaciones pueden ser atribuidas a asociaciones mineralógicas.

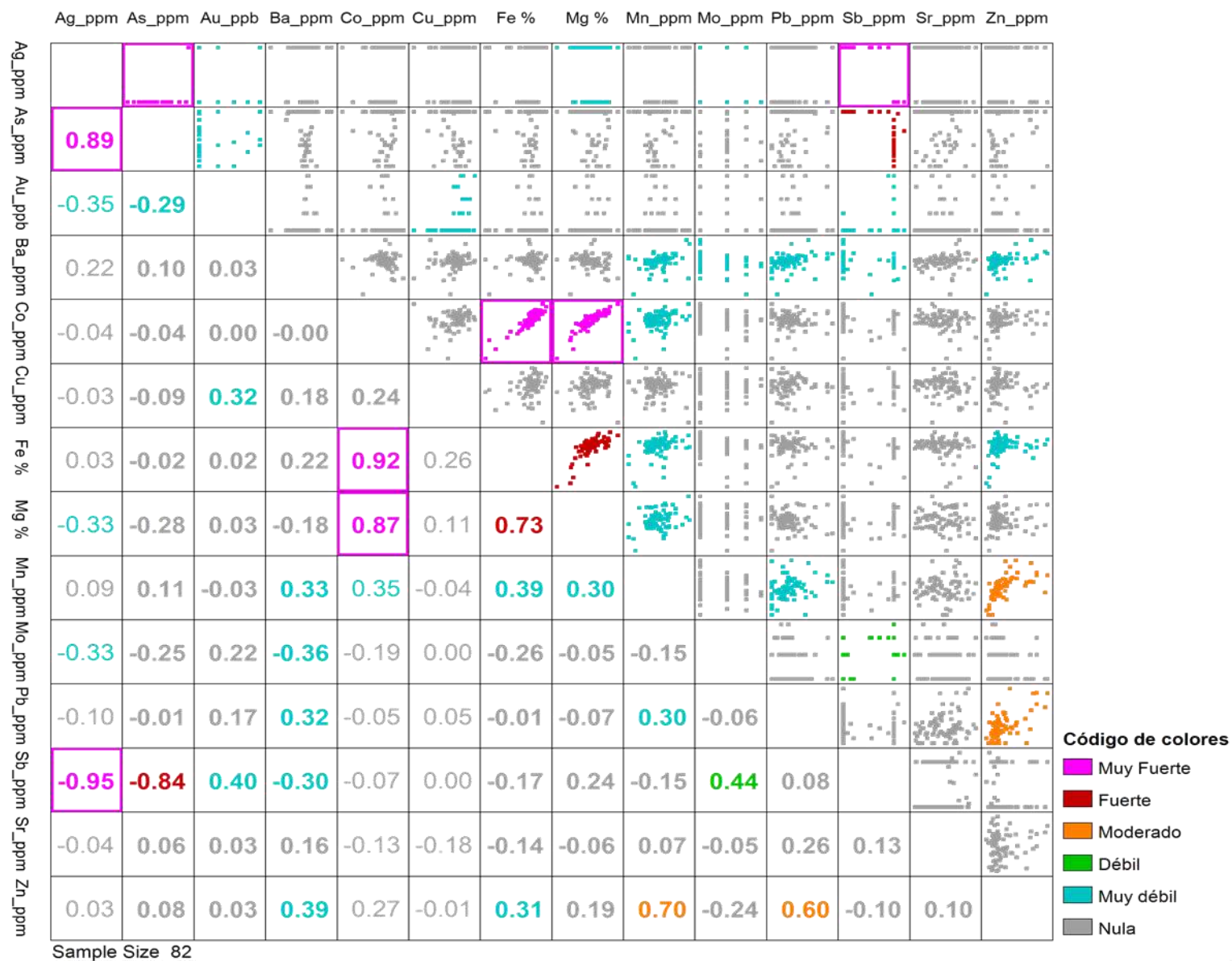


Fig. 5.11 Cuadro mostrando la correlación de las muestras en la población intrusiva (dique diorítico)

5.4 Conclusiones

- Las dos poblaciones litológicas sedimentarias y volcánicas con valores anómalos de Cu, presentan un porcentaje aproximadamente de 10%, con respecto al total, por lo que no se puede indicar claramente una litología favorable para la mineralización.
- Las anomalías de Pb en las tres poblaciones son similares en porcentaje (5% del total de muestras) y su distribución se presenta en el área central del ANAP Suparaura.
- Las anomalías de Zn son las menos representativas, llegando a ser puntuales en los intrusivos.
- El Au y Ag en la población sedimentaria y volcánica, tienen más del 80% de valores por debajo del límite de detección teniéndose solo valores puntuales mínimos. No se puede realizar el procesamiento estadístico dado que sus distribuciones no son normales o log-normales..
- La población intrusiva no presenta valores significativos por tratarse de diques dioríticos frescos con débil alteración de clorita-epidota.
- Los elementos volátiles como As y Sb, presentan correlación inversa en todas las poblaciones, en algunos casos asociados a Ag.
- Tanto para Cu, Pb, y Zn, se evidencia que no coexisten en una misma muestra con valores anómalos, por lo tanto tendríamos escasas y/o puntuales venillas selectivas para estos elementos.

6. Prospección geofísica

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico por intermedio de la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos, ha direccionado a la Actividad “Prospección Geofísica” de ANAPs, a realizar los estudios geofísicos de Magnetometría y Polarización Inducida/Resistividad 2D y 3D en el ANAP Suparaura que involucra los prospectos de Supaccara y Supalla. El ANAP se encuentra ubicado en la región de Apurímac a una hora y veinte minutos del distrito de Chalhuanca.

En el ANAP Suparaura se han desarrollado dos campañas de geofísica por los métodos de Polarización Inducida (IP/RES) y Magnetometría. La primera campaña se realizó entre el 19 de agosto al 10 de septiembre del 2013 y la segunda entre el 17 de febrero al 13 de marzo del 2014.

1) En el prospecto Supaccara se realizó la adquisición de datos por los métodos de polarización inducida 2D y de magnetometría terrestre.

- La polarización inducida tuvo una separación entre líneas de 400m con rumbo NE-SW. De esta adquisición de campo se obtuvo un total de 5.6km lineales en un área aproximada de 2.8km².
- En el estudio de prospección magnética la separación entre líneas fue de 200m teniendo un rumbo NE-SW, en total fueron cubiertos 30km lineales, en un área de 3km².

2) En el prospecto Supalla se realizó la adquisición de datos por los métodos de polarización inducida 3D y magnetometría terrestre.

- La polarización inducida, tuvo una separación entre líneas de 100m con rumbo de NE-SW, EW. De esta adquisición de campo fue cubierto un total de 15.4km lineales.
- En el estudio de prospección magnética la separación entre líneas fue de 100m teniendo un rumbo NE-SW, se pudo adquirir un total de 28.37km lineales.

El estudio de polarización inducida no ha presentado una respuesta importante en el mapeo de sulfuros diseminados para ser consideradas como zonas anómalas. Sus valores de cargabilidad tienen un rango entre 1-5 mV/V. Esta respuesta nos indica el poco contenido porcentual de sulfuros en el área circundante y está directamente asociada a estructuras delgadas, como vetas que están superpuestas a los diques dioríticos y diques andesíticos. El otro parámetro es la resistividad donde se muestra áreas consideradas en un rango de bajas y altas, asociadas a áreas con alta alteración.

El estudio de Magnetometría Terrestre completó la adquisición de 23.4 kilómetros lineales, a lo largo de 15 líneas de diferente longitud con una separación de 200m entre estas. La medida de la intensidad del campo magnético total es medida en nanoTeslas (nT) a un intervalo de 2s.

Finalmente, se sugiere que las anomalías geoquímicas sean un patrón mineralógico para culminar la magnetometría en el área sur del ANAP y asimismo, realizar trabajos complementarios usando los métodos electromagnéticos con el propósito de obtener información a mayor profundidad (1 Km aproximado) para observar su respuesta.

Este informe describe los procedimientos, parámetros, resultados de la adquisición de datos y la presentación de los estudios de Polarización Inducida/Resistividad 2D, 3D y

prospección magnética realizado en el ANAP Suparaura que abarcaron los prospectos Supaccara y Supalla realizados durante el año 2013 y 2014.

6.1 Métodos geofísicos

6.1.1 Método de polarización Inducida

La técnica de polarización inducida (IP/RES) 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, 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, rocas con grafito, arcillas y algunas rocas metamórficas (serpentinita). Entonces desde un punto de vista geológico, las respuestas IP nos ayudan a interpretar una determinada área, pero siempre será necesario, adjuntar otro tipo de información/datos para poder realizar una interpretación apropiada. La resistividad aparente del terreno es calculado de la corriente de entrada y el voltaje primario medido.

La configuración normal de IP/RES, consiste en un arreglo en el receptor que se establece de inicio a fin a lo largo de la línea mientras que dos electrodos de corriente son ubicados en el área, el primer electrodo de corriente estaría ubicado al inicio de la línea, exactamente una estación seleccionada con anterioridad a nuestros electrodos de recepción y el segundo ubicado lo suficientemente alejado de nuestro área de estudio (Tx infinito), con el propósito de no generar ruido en nuestra adquisición. La adquisición generalmente se inicia en uno de los extremos de la línea y prosigue hasta el final de la misma. En las campaña de IP/RES se emplearon dos configuraciones tanto para una adquisición 2D y 3D; la configuración empleada para el 2D fue de un arreglo convencional 2D polo-dipolo usando 10 canales espaciados cada 100m, la configuración empleada para el 3D fue offset polo-dipolo usando 10 canales espaciados cada 100m. En algunas áreas estos espacios fueron modificados para compensar la falta de accesos y/o mejorar el contacto entre el electrodo de recepción y el terreno.

6.1.2 Método de Magnetometría

Los estudios de magnetometría terrestre tienen la meta de medir la variación espacial en la intensidad del campo magnético total de la tierra para la identificación de zonas con susceptibilidades magnéticas anómalas dentro de la escala del área estudiada. Los métodos magnéticos y gravimétricos tienen mucho en común, pero en general el magnético es más complejo. Debido a la diferencia entre el campo magnético dipolar y el campo gravimétrico monopolar, causado por la variación en la dirección del campo magnético, donde el campo gravitatorio esta siempre en la dirección vertical debido a la dependencia en el tiempo del campo magnético comparado con el campo gravitatorio que es invariable en relación al tiempo (ignorando pequeñas variaciones

de marea). Usualmente un mapa gravimétrico es dominado por efectos regionales, un mapa magnético generalmente muestra un sin número de anomalías locales, W. M. Telford, (1990). Estas medidas de la intensidad del campo magnético son realizadas de manera fácil y de bajo costo comparado a otros métodos geofísicos. Las variaciones del campo magnético son a menudo relacionadas a estructuras mineralizadas así como a estructuras regionales siendo el método más versátil dentro de las técnicas de prospección geofísica.

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

6.2 Trabajos de campo e instrumentación

Los trabajos de campo en el ANAP Supaura fueron llevados a cabo en dos campañas de geofísica, la primera del 19 de agosto al 10 de septiembre del 2013 y la segunda entre el 17 de febrero al 13 de marzo del 2014. En estas campañas se usaron los métodos de IP/RES (2D y 3D) y magnetometría.

El personal que estuvo a cargo de los trabajos de campo fueron; Ing. Francisco Zegarra Figueroa, Ing. Ronald Yupa Paredes y los Bachilleres Rosmary Flores Jacobo, Carlos Valencia Miraval y José Guainazzo Santi.

En la primera campaña geofísica, los trabajos de polarización inducida en el sector Supaccara tuvo un arreglo convencional 2D polo-dipolo y se abarcó 5 líneas con una separación de 400m entre estas, la distancia de separación, de su dipolo fue de 100m haciendo un total de 6.5 km lineales. La adquisición por el método de magnetometría terrestre se completó a lo largo de 15 líneas con una separación de 200m entre estas haciendo un total de 30km lineales de adquisición.

En la segunda campaña geofísica, se realizó la adquisición de polarización inducida con un arreglo offset polo dipolo 3D utilizando la metodología de R.M.S. White, S. Collins y M.H. Loke (2003). La separación entre las líneas de corriente (Tx) fue de 200m y la separación entre, las líneas de recepción (Rx) fue de 200m, su espaciamiento entre dipolos, fue de 100m realizando la adquisición en 8 líneas con un total de 15.4 kilómetros lineales. De manera aleatoria, se ha adquirido datos de la intensidad del campo magnético terrestre a lo largo de 12 líneas cubriendo un total de 34.50 kilómetros lineales (Fig. 6.1 y Fig. 6.2).

Los instrumentos usados en estas campañas de geofísica son descritos en el Anexo II.

En el presente estudio las líneas de IP/RES 2D y 3D fueron para ambos prospectos, están distribuidas según la Tabla 6.1 y 6.2.

Tabla 6.1 Cobertura obtenida con el método IP2D periodo 2013

Líneas de IP/RES 2D Sector Supaccara - 2013					
Datum WGS84 UTM 18 S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (km)
L2000	702958	8455511	704087	8455917	1.3
L2400	703094	8455129	704220	8455545	1.3
L2800	703219	8454759	704348	8455164	1.3
L3200	703355	8454378	704483	8454787	1.3
L3600	703482	8454001	704613	8454403	1.3
Total km					6.5

Tabla 6.2 Cobertura obtenida con el método IP3D periodo 2014

Líneas de IP/RES 3D Sector Supalla - 2014					
Datum WGS84 UTM 18 S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (km)
L1500	701783	8453264	703159	8453458	1.39
L1600	701767	8453366	703152	8453540	1.39
L1600.1	701767	8453366	703152	8453540	1.39
L1700	701758	8453460	703138	8453636	1.39
L1800	701743	8453563	703125	8453738	1.39
L1800.1	701743	8453563	703125	8453738	1.39
L1900	701731	8453660	703121	8453836	1.40
L2000	701720	8453759	703109	8453937	1.40
L2000.1	701720	8453759	703109	8453937	1.40
L2100	701740	8454051	703138	8454052	1.39
L2200	701740	8454149	703138	8454155	1.39
Total km					15.4

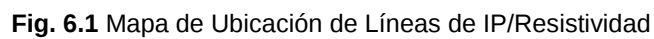
Asimismo, en la Tabla 6.3 y 6.4 se muestran los parámetros utilizados para la adquisición de los datos de IP/RES y magnetometría en campo, se precisa que para su ejecución se ha efectuado el levantamiento topográfico de las líneas de estudio.

Tabla 6.3 Parámetros de adquisición del estudio de Polarización Inducida

Parámetros	Modo de adquisición
Mediciones	Dominio de Tiempo
Configuración de electrodos	Lineal en 2D Offset - Polo Dipolo 3D
Distancia del dipolo	100m
Espaciamiento entre líneas Tx y Rx	100m, 400m
Tx	Líneas de Transmisión
Rx	Líneas de Recepción
Nro. de repeticiones	02/03 lecturas por punto

Tabla 6.4 Parámetros de adquisición del estudio de magnetometría

Parámetros	Modo de adquisición
Datum del campo total	24500 nT
Intervalo de lecturas del equipo móvil MW: modo walking MM: modo móvil	MW: Cada 02s MM: Cada 05
Intervalo de lecturas del equipo base	Cada 02 segundos
Altura sensor (móvil y base)	02 m
Sistema Datum de adquisición	WGS 84



Para realizar nuestras correcciones iniciales a los datos adquiridos en campo, se procedió a determinar nuestra base magnética (ubicación de un equipo), lugar apropiado aislado de cualquier ruido cultural y donde su gradiente magnético no sea afectado por materiales magnéticos externos y poder registrar datos confiables. Asimismo, se ubicó un punto de control para los dos equipos de magnetometría con el fin de calibrarlos y llevarlos a un punto de referencia. La siguiente Tabla muestra la ubicación UTM de la Base y Punto de Control:

Tabla 6.5 Coordenadas de las Base Magnética y Punto de Control

Estación	Coordenadas WGS 84 – 18S	
	Este	Norte
Base	713239	8405780
Punto de Control	713212	8405769

La adquisición de datos de intensidad del campo magnético fue distribuida en las siguientes líneas según Tabla 6.6 y 6.7

Tabla 6.6 Cobertura obtenida por el Método de Magnetometría periodo 2013

Líneas de Magnetometría Sector Supaccara - 2013					
Datum WGS84 UTM 18 S					
Línea	Coordenada Inicial		Coordenada Final		Longitud(km)
L1000	701813	8452960	703152	8453132	1.40
L1400	701760	8453363	703098	8453528	1.40
L1600	701738	8453562	703075	8453732	1.40
L2000	703558	8453817	704852	8454272	1.40
L2200	703494	8454014	704785	8454455	1.40
L2400	703430	8454197	704724	8454646	1.40
L2600	703359	8454391	704652	8454840	1.40
L2800	703298	8454580	704597	8455029	1.40
L3000	703229	8454766	704525	8455212	1.40
L3200	703165	8454960	704461	8455401	1.40
L3400	703104	8455146	704392	8455597	1.40
L3600	703035	8455332	704331	8455786	1.40
L3800	702971	8455523	704262	8455972	1.40
L4000	701979	8455359	703739	8457180	2.60
L4200	701903	8455569	703594	8457314	2.60
	Total				23.40

Tabla 6.7 Cobertura obtenida en el Método de Magnetometría periodo 2014

Líneas de Magnetometría Sector Supalla - 2014					
Datum WGS84 UTM 18 S					
Línea	Coordenada inicial		Coordenada final		Longitud (km)
L15T	703231	8453877	703476	8453877	0.42
L16T	702631	8454450	703232	8454450	0.86
L1500	701774	8453459	703160	8453459	1.79
L1600	701765	8453543	703153	8453543	1.72
L1700	701547	8453740	703114	8453740	2.34
L2300	701186	8454168	703137	8454168	5.39
L1800	701741	8453732	703121	8453732	1.92
L1900	701720	8453831	703460	8453831	2.68
L2000	701528	8453930	703049	8453930	2.44
L2200	701189	8454062	703137	8454062	2.21
L2300	702890	8454163	703137	8454163	0.30
L2300.1	701357	8454163	702888	8454163	1.80
L2300.2	701186	8454168	701360	8454168	0.23
L2400	701129	8454290	702790	8454290	2.23
L2400.1	702803	8454256	703137	8454256	0.39
L2500	701138	8454393	701375	8454393	0.30
L2500.1	701368	8454367	702740	8454367	1.67
L2500.2	702736	8454359	703137	8454359	0.46
L2600	701129	8454462	702630	8454462	1.77
L2600.1	702631	8454463	703349	8454463	0.83
L2700	701135	8454575	701387	8454575	0.33
L2700.1	702609	8454559	703265	8454559	0.76
L2700.2	701384	8454587	702614	8454587	1.68
Total					34.52

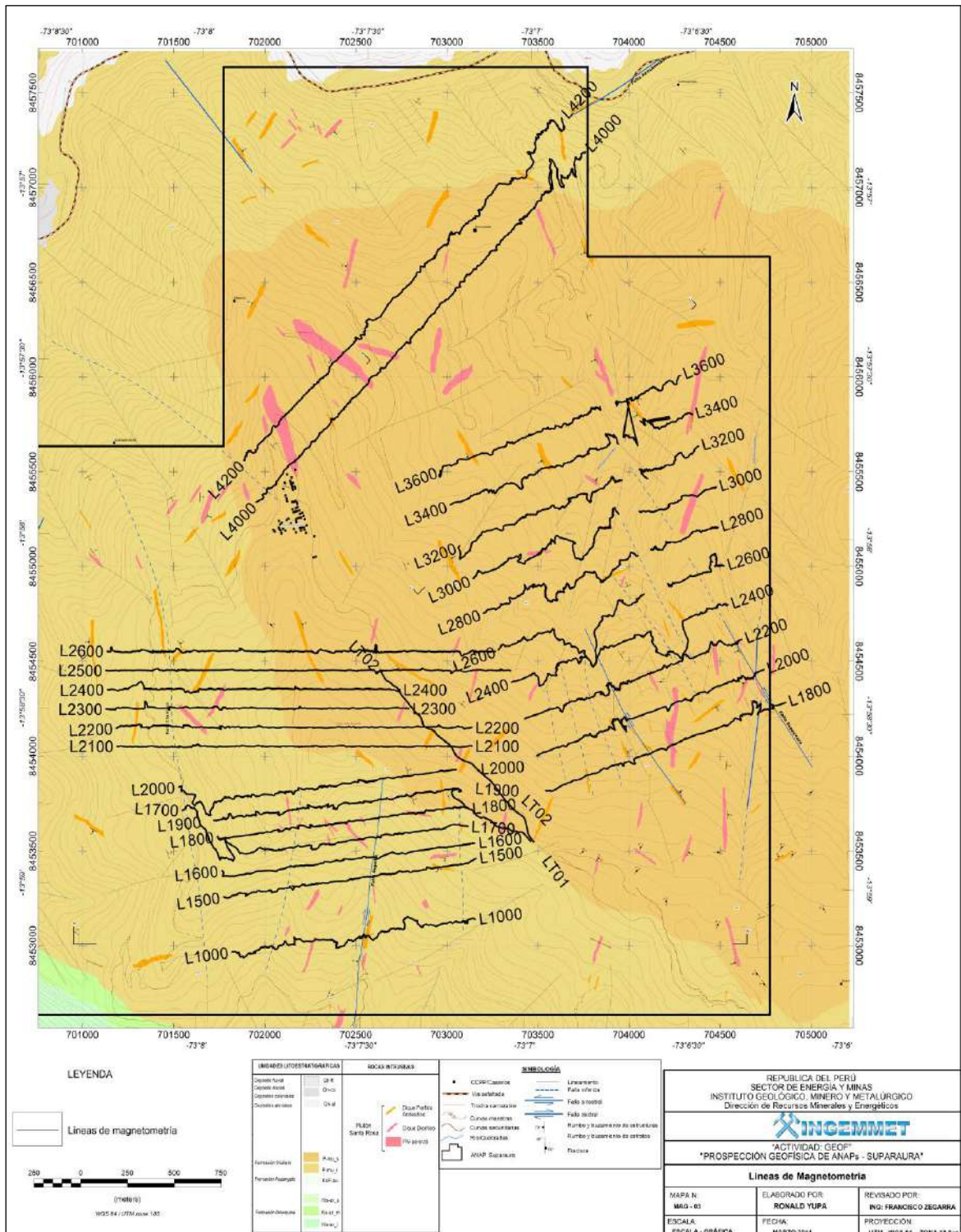


Fig. 6.2 Mapa de Ubicación de las Líneas de Prospección Magnética

6.3 Procesamiento de datos

6.3.1 Procesamiento de Datos Magnéticos

Los datos fueron transferidos diariamente desde los magnetómetros a un PC vía un puerto USB. Los archivos fueron descargados con nombres consecuentes con la fecha de adquisición, como ddmmyy y extensiones de acuerdo al magnetómetro, “BAS” para el magnetómetro de la estación base y “TXT” para magnetómetros móviles.

La corrección diurna se realizó con un valor de datum de 24500nT a toda la base de datos del proyecto para su posterior proceso y generación de imágenes en Geosoft (*Oasis Montaj*). La interpolación de los datos (gridding) se realizó con el algoritmo *RANGRID* de Geosoft con un tamaño de celda de 100 y 25m, para la primera y segunda campaña de magnetometría.

La generación de imágenes aplicando la Transformada de Fourier (*FFT*) y el uso de imágenes con filtros de la reducción al polo, señal analítica, primera derivada vertical, segunda derivada vertical, el gradiente de la derivada horizontal, entre otros se realizó con el Geosoft convirtiendo estos mapas a formatos con extensión GRD desde Oasis Montaj v.7.0

6.3.1.1 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 (Fig. 6.3). La estación base y el magnetómetro móvil son sincronizados en función al tiempo y por una sustracción matemática simple, los datos del equipo móvil son corregidos de las variaciones diurnas. Además, como parte de un control de calidad a los datos se aplicó un filtro de continuación ascendente de 20 unidades para filtrar las altas frecuencias y eliminar los ruidos ocasionados por fuentes externas. La aplicación de filtros geofísicos se detalla en el Anexo II.

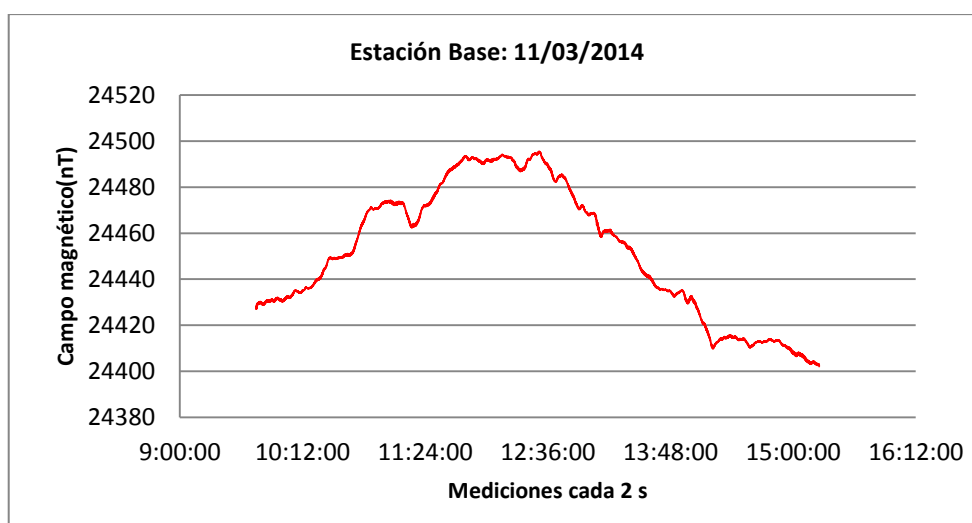


Fig. 6.3 Base magnética en el Prospecto Suparaura

6.3.2 Procesamiento de Datos de Polarización Inducida

6.3.2.1 Compilación de Datos

La base de datos fue compilada en una carpeta y el control de calidad fue realizado para verificar las curvas de caídas de voltaje. Inicialmente se usó el algoritmo Prosys II para mostrar los datos y sus parámetros. Después de una inspección visual a los datos con una alta señal/ruido, fueron filtrados y separados para ser exportados en el formato dat el cual se procedió a utilizar el algoritmo de inversión RES2DINV y RES3DINV 3D utilizando la metodología de suavizado por ajuste de mínimos cuadrados, desarrollado por Loke, M.H de Geotomo Software Sdn Bhd (2003), además, todos los resultados fueron generados para visualizar la sub-superficie y el análisis vertical en profundidad.

Esta información fue procesada y luego importada al Oasis Montaj de Geosoft para su posterior generación de imágenes e interpretación final. Los resultados del RES2DINV y RES3DINV pudieron ser integrados en un modelo de 3D creado en la plataforma de Geosoft. Los parámetros de la adquisición del IP para la primera campaña fue de un arreglo convencional 2D polo-dipolo teniendo un dipolo de 100m y espaciamiento entre líneas de 400m, para la segunda campaña tuvo un arreglo Offset 3D polo-dipolo con un dipolo de 100m y un espaciamiento entre líneas de transmisión y recepción de 100m. Los datos de topografía usados en el modelo de inversión fueron extraídos de los GPS Garmin Map 62SC de mano, sin embargo, en algunas estaciones locales los puntos fueron re-localizados debido al pobre contacto en el terreno y el electrodo no polarizable.

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

6.4 Interpretación

6.4.1 Interpretación de Datos Magnéticos

Durante el procesamiento de datos se ha obtenido mapas del campo magnético total (CMT) la reducción al polo (del CMT), la primera y segunda derivada vertical, la señal analítica y la derivada horizontal, generados utilizando la transformada de fourier a la señal de frecuencias. La intensidad magnética del campo varía en el área de estudio en un rango aproximadamente de (24219 - 25045nT) como máximo, aunque en la mayoría del área las anomalías solamente tienen una amplitud de aproximadamente 400nT. (Fig. 6.4)

cuerpos de alta susceptibilidad magnética, Hinze, (2013) (Fig. 6.5). Sin embargo, este filtro puede generar efectos no geológicos especialmente cuando el área de estudio es relativamente pequeño o irregular, y en presencia de efectos culturales o remanencia magnética. En estos casos, filtros como la señal analítica del campo total pueden resultar más eficaces en términos de generar anomalías positivas encima de zonas de mayor susceptibilidad magnética.

En la Fig. 6.5, se observan dos trenes magnéticos anómalos importantes directamente asociados al contenido de minerales ferromagnéticos en su composición. El primero ubicado al margen este del ANAP, este tiene una orientación norte-sur a lo largo de 800m aproximadamente, superpuesta a los diques dioríticos que presentan la misma orientación paralela a la anomalía magnética. La segunda anomalía ubicada al margen sur del ANAP, presenta una orientación noroeste-sureste asociada al lineamiento estructural definido por diques andesíticos y dioríticos y al sistema de lineamientos magnéticos observados en la Fig. 6.9, extendiéndose a lo largo de unos 1500m, Prabhakar (1998). Estos trenes estarían asociados a un sistema de mineralización local definido por los diques presentes asociados a vetas.

El mapa de la señal analítica nos muestra anomalías positivas con alto gradiente magnético (Fig. 6.6). En "A" se observan anomalías circulares pequeñas que están sobre posicionadas a los diques de diorita, este es un sistema de anomalías delgadas con dirección noreste-suroeste que cruzan el extremo este del ANAP. Esta respuesta del campo magnético está asociado a un alto gradiente magnético producto del contenido de minerales ferromagnéticos como la magnetita, titanita o un alto porcentaje de biotitas dentro de su composición, Hinze (2013). En "B" por la poca información obtenida en la adquisición de datos no se ha podido definir de manera concreta la anomalía que se visualiza, pero esta sobre posicionada como respuesta al dique de diorita teniendo la misma dirección noroeste-sureste, más al norte se observa una anomalía circular pequeña paralela al dique porfirítico andesítico, del mismo modo es una respuesta directa al contenido de minerales ferromagnéticos en su composición. En "C", se observa en la parte sur del ANAP una serie de anomalías elongadas y semicirculares que en conjunto es una respuesta directa al lineamiento magnético local que presenta una orientación noroeste-sureste (Fig. 6.7). Estas anomalías están relacionadas a los diques dioríticos y diques andesíticos.

Los datos magnéticos han sido procesados con el algoritmo de inversión magnético UBCGIF 3D, 2005. Este algoritmo produce una distribución de la susceptibilidad magnética en la sub-superficie producto de los datos magnéticos observados en campo. Esta respuesta magnética muestra un grupo de trenes magnéticos superficiales con una orientación norte-sur y noroeste-sureste en el área de estudio, (Fig. 6.8) en su mayoría estos son delineados como cuerpos delgados definidos hasta una profundidad de los 300m (Fig. 6.9). En el lado sur del ANAP hay un grupo de anomalías semicirculares que se interrumpen y desplazan en varios lugares dando una impresión de un fallamiento al NE, estas anomalías se definen en profundidad.

Un alto magnético sub-paralelo es parcialmente mapeado a lo largo del noreste del ANAP. El modelo magnético en 3D sugiere que la mayoría de los trenes magnéticos están asociados con pequeñas cantidades de materiales de alta susceptibilidad cerca de la superficie, que a su vez estos definen cuerpos magnéticos hasta unos 300m de profundidad.

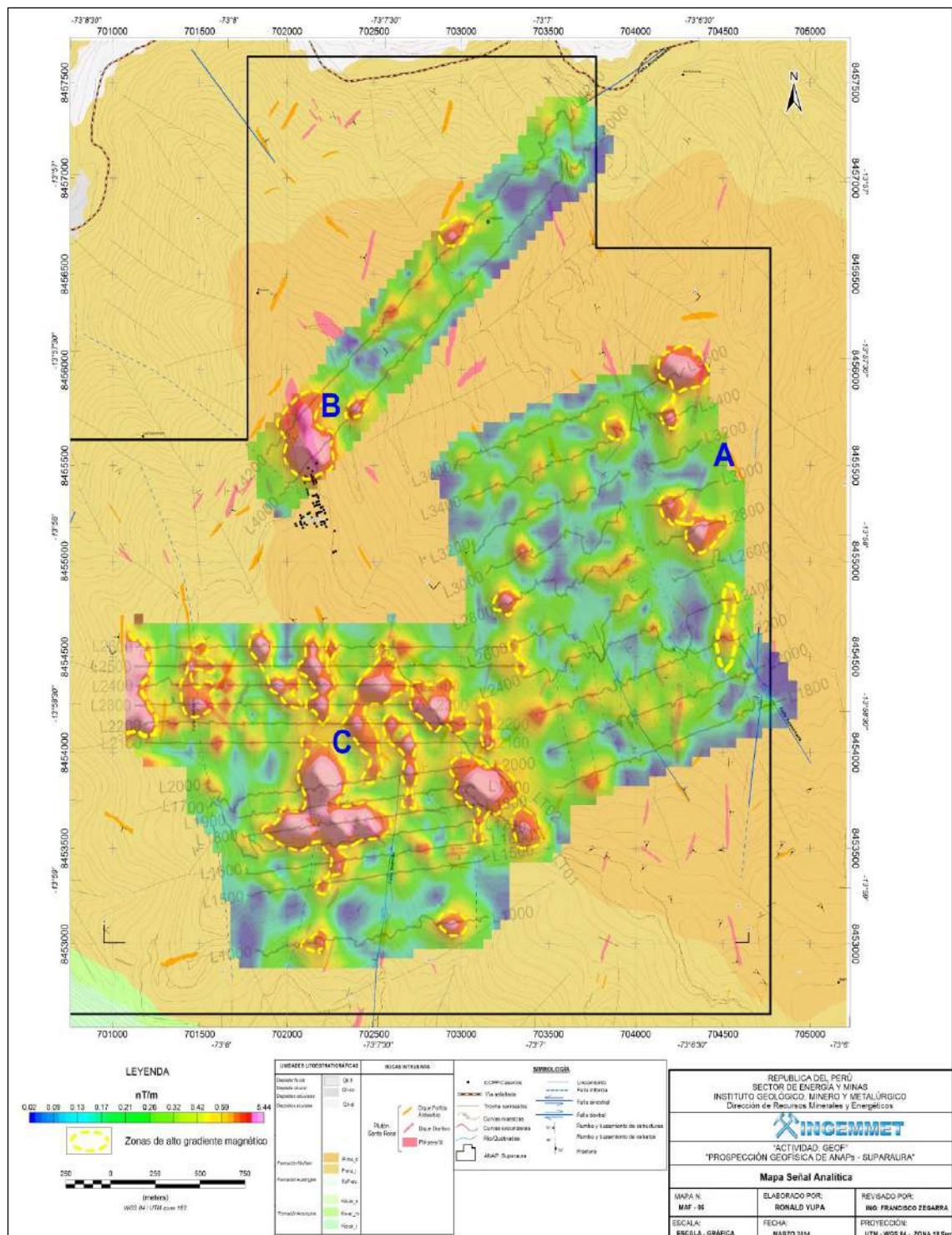


Fig. 6.6 Compósito Geología Señal Analítica

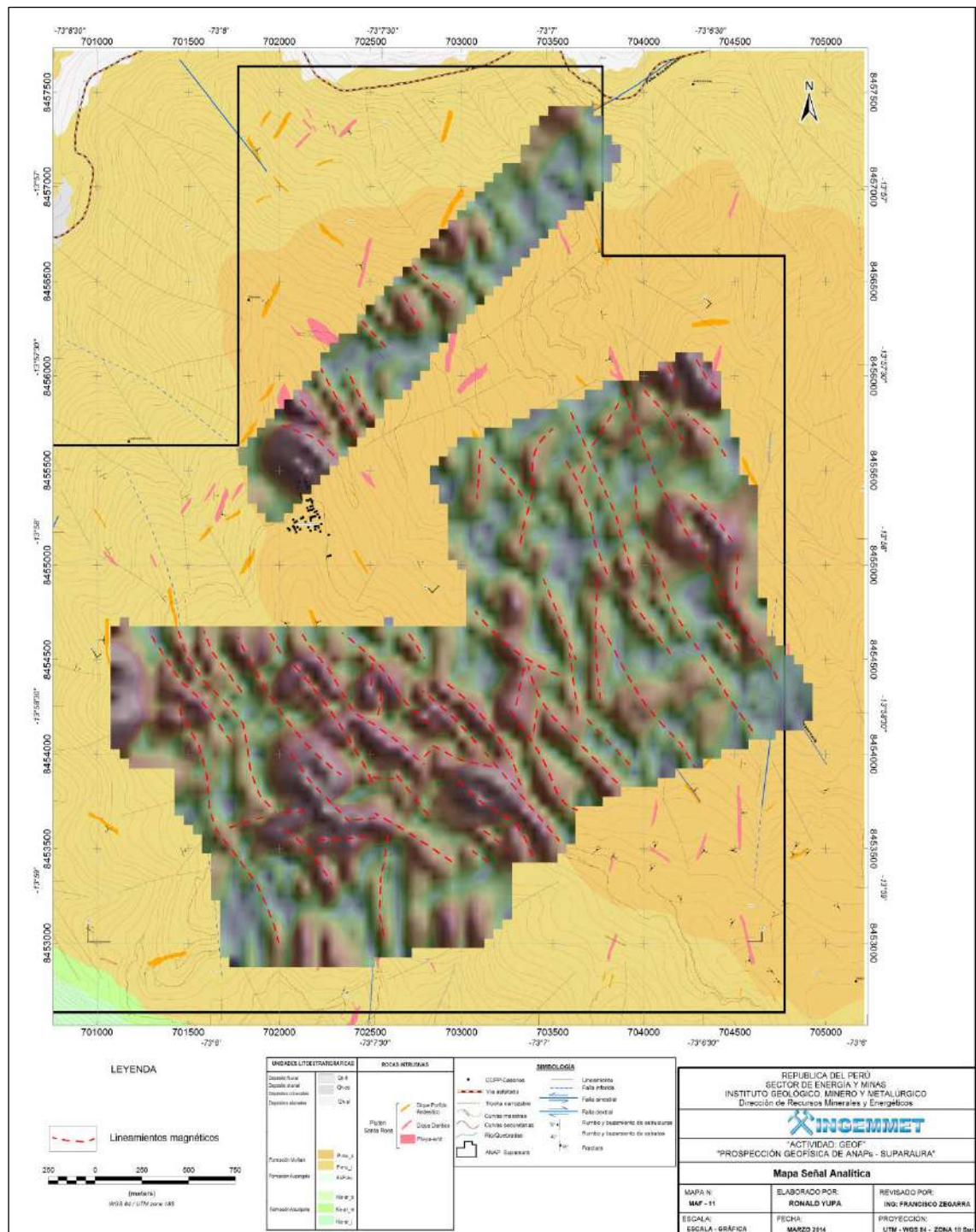


Fig. 6.7 Lineamientos magnéticos

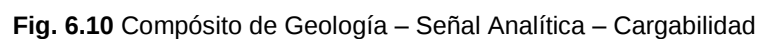


6.4.2 Interpretación de Datos de Polarización Inducida

De la información de los datos de campo se realizó el control de calidad, procesamiento de datos, utilizando el algoritmo de inversión de datos en 2D y 3D. De esta información se pudo generar secciones y mapas de inversión a diferentes niveles de profundidad tanto para la resistividad y la cargabilidad.

De los resultados del IP/RES se ha obtenido áreas que muestran poco porcentaje de material polarizable, lo que sugiere la escasa concentración de sulfuros metálicos diseminados en las áreas prospectadas. El rango de material polarizable (cargabilidad) fue de 1 – 4mV/V distribuidos en el área, superpuestas y asociadas directamente a los diques dioríticos y diques andesíticos y a un sistema de vetas mineralizadas con contenido de sulfuros. En el área de estudio se ha podido corroborar un área homogénea donde muestra poca concentración de sulfuros diseminados. En la Fig. 6.10 se definen tres zonas A, B y C superpuestas a los diques dioríticos y andesíticos los que presentan una respuesta de cargabilidad muy baja, que de manera global es el resultado del poco contenido de sulfuros. Por el contrario, la respuesta física de la resistividad nos muestra un rango general que va entre los 5 a 1500 Ohm*m, sugiriendo que las zonas con alta resistividad, de color blanco, están relacionadas a zonas de alteración (silicificación) de las rocas y la segunda zona dominada por bajas resistividades, de color violeta, asociadas a zonas de alto fracturamiento, alta porosidad, y/o zonas con alto grado de alteración hidrotermal, no se descarta la ubicación de la presencia de arcillas húmedas y/o areniscas saturadas de agua, Sumner (1976), (Fig. 6.11).

Se debería concluir, que la uniformidad en los valores bajos de material polarizable es causado por rocas estériles las que han hecho posible detectar anomalías de valores muy bajos como respuesta en cargabilidad < 4mV/V, esta respuesta podría relacionarse directamente a un sistema de vetas las cuales presentan una mineralización de sulfuros en pequeñas cantidades.



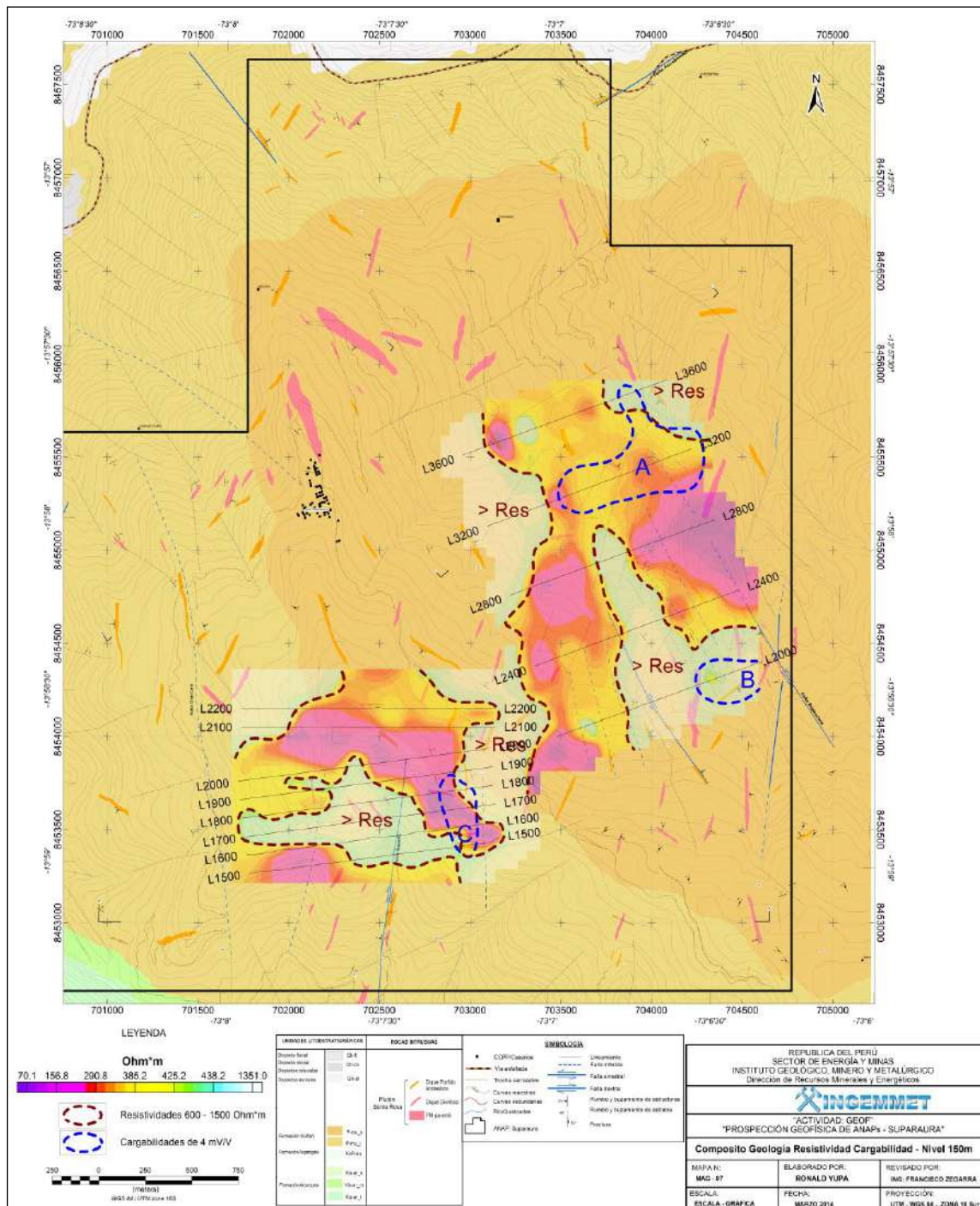


Fig. 6.11 Sección Interpretada de Geología – Resistividad - Cargabilidad

Fig. 6.11 se observa la representación de la escala de colores de la resistividad, los valores altos representados en color blanco, intermedios de color amarillo y los valores bajos de color violeta.

6.5 Conclusiones y recomendaciones

Se realizó la adquisición de datos geofísicos distribuidos en dos campañas programadas, la primera en agosto del 2013 y la segunda en febrero del 2014. Los estudios realizados fueron de IP/RES con arreglo convencional polo dipolo en 2D y otro arreglo offset polo dipolo 3D con un total de 21.9 Km lineales. El estudio de magnetometría completó una adquisición de 57.92 Km lineales realizados en el ANAP Supaurau. Toda la adquisición de datos geofísicos cumplió con todos los estándares mínimos permitidos en su control de calidad y seguridad del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.

La respuesta magnética mostrada en el mapa de señal analítica (Fig. 6.6) indica anomalías con un alto gradiente magnético como respuesta directa a un alto contenido de minerales ferromagnéticos en su composición tales como la magnetita, titanita o un alto contenido porcentual de biotitas, Hinze (2013). En "A" se observan anomalías circulares que se sobre posicionan a diques de diorita, referidas a un sistema de anomalías delgadas con dirección noreste-suroeste sobre posicionadas a los diques de diorita. En "B" por la poca información de datos no se ha podido definir de manera concreta la anomalía, pero se sobre posiciona al dique de diorita teniendo la misma dirección noroeste-sureste, más al norte se observa una anomalía circular pequeña paralela al dique porfirítico andesítico, En "C", se observa un grupo de anomalías elongadas y semicirculares, que en conjunto es una respuesta directa al lineamiento magnético local que presenta una orientación noroeste-sureste, asociadas a una respuesta de los diques dioríticos y andesíticos.

La respuesta del método eléctrico del IP/RES muestra información de dos parámetros físicos tales como la cargabilidad y resistividad. Los valores de cargabilidad en el área tienen un rango de 1 – 4 mV/V infiriendo un bajo contenido porcentual de sulfuros metálicos diseminados. Las características uniformes del terreno con poca presencia de sulfuros diseminados han permitido considerarlo como un área estéril debido al pobre contenido porcentual de sulfuros en estas áreas. Estas áreas donde la cargabilidad es >4mV/V es una respuesta directa a la presencia de los diques dioríticos y andesíticos que en su composición presenta poco material diseminado.

La resistividad nos indica valores que oscilan en el rango de 40 -1500 Ohm*m, las resistividades bajas estarían asociadas a zonas de un intenso fracturamiento, alto grado de alteración y alta porosidad, también se observa una zona de resistividades muy bajas asociadas a la presencia de material saturado de agua. Alternativamente, zonas donde se presentan altos valores de resistividad nos representan rocas con silicificación en su composición.

Se recomienda considerar si las anomalías geoquímicas son importantes en la parte sur del ANAP, completar y/o realizar algunas líneas de magnetometría, tratando de cubrir las principales anomalías en esta zona.

7. Marco metalogenético

En el Perú se han definido XXIII franjas metalogenéticas (Acosta et al., 2009). El área de estudio se encuentra en la franja XV, el cual abarca yacimientos de Pórfidos-Skarns de Cu-Mo (Au, Zn) y depósitos de Cu-Au-Fe relacionados con intrusiones del Eoceno-Oligoceno, localizado entre la Cordillera Occidental y el Altiplano de las regiones de Ayacucho, Apurímac, Cusco y Puno. La mineralización de Cu-Mo (Au), está relacionada a intrusivos intermedios a ácidos del Batolito de Andahuaylas-Yauri (Eoceno-Oligoceno, 43-30 Ma), asociado al evento tectónico Inca, en contacto con secuencias carbonatadas del Cretácico Medio. Por su parte, los depósitos de Cu-Au-Fe, se relacionan con miembros más básicos del Batolito de Andahuaylas-Yauri, reconociéndose cuerpos en el entorno de los contactos con rocas carbonatadas, y vetas de Au-Cu en el intrusivo (Fig. 7.1).

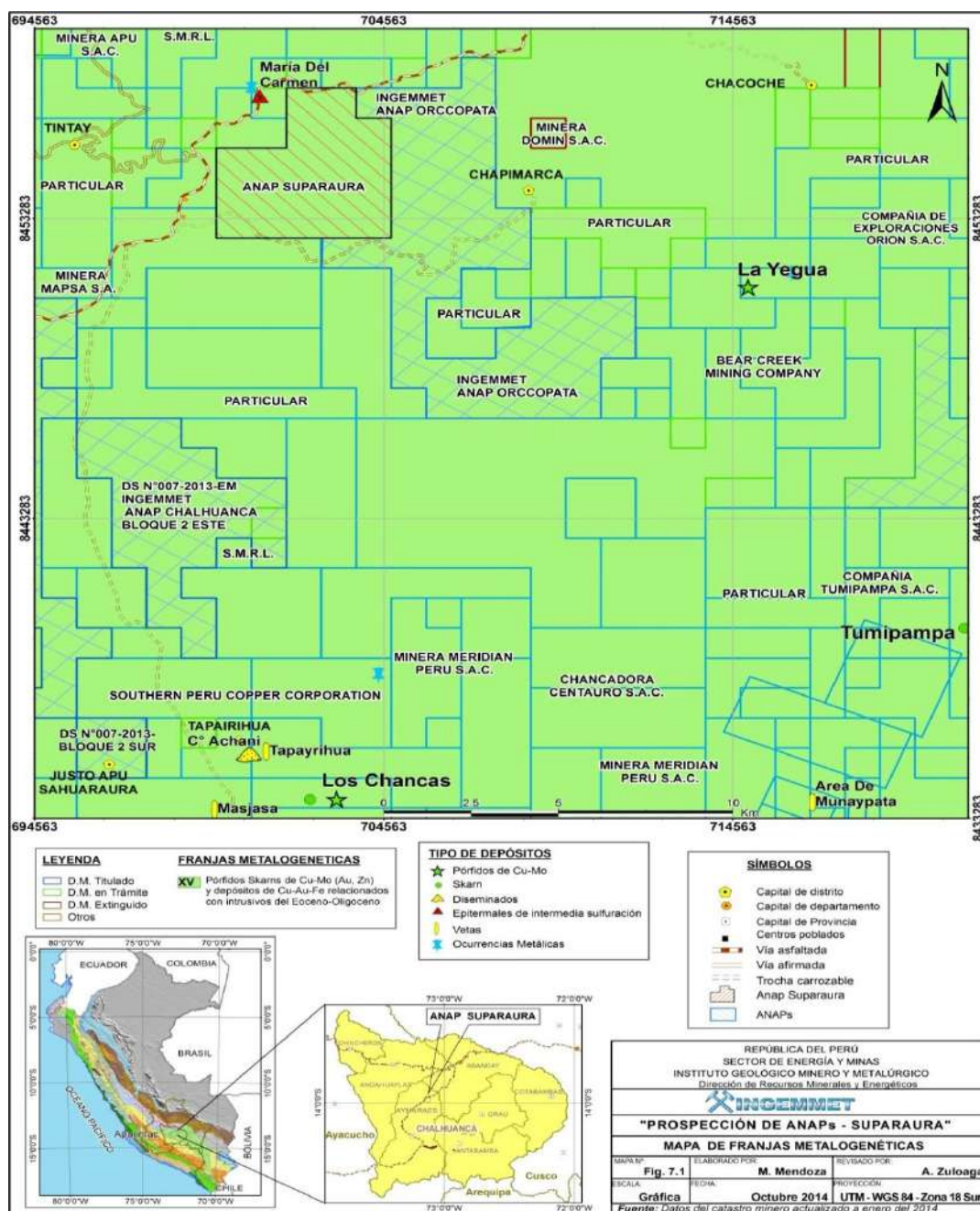


Fig. 7.1 Mapa metalogenético ANAP Suparaura.

7.1 Proyectos y Ocurrencias de Mineralización Adyacentes.

El ANAP Suparaura se encuentra en una zona con ocurrencias de vetas de Cu-Au, como lo evidencia la Mina Maria del Carmen que se encuentra al margen derecho del río Pachachaca (Banco Minero, 1962) y fuera del ANAP mineralización tipo veta, de calcopirita, bornita, malaquita y óxidos en matriz de cuarzo, con leyes de Cu-Au y dirección aproximada de N32°E y buzamiento subverticales que están siendo explotadas por mineros informales. Asimismo, se tiene los yacimientos tipo pórfido Cu-Au-Mo y Cu-Mo, que actualmente son exploradas a 20 km aproximadamente como La Yegua, Los Chancas, y el skarn de Cu-Au de Tumipampa.

7.1.1 Proyecto La Yegua

7.1.1.1 Ubicación

El proyecto La Yegua se encuentra ubicada a unos 100 kilómetros de la ciudad del Cusco, en los distritos de Chacoche y Chapimarca, provincias de Abancay y Aymaraes de la región de Apurímac. El proyecto se encuentra a aproximadamente 5 horas y media, en camioneta desde el Cusco.

7.1.1.2 Geología Regional

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 Terciario inferior, en contacto con intrusivos cuarzo-monzonita/granodiorita del Batolito (Fig. 7.2).

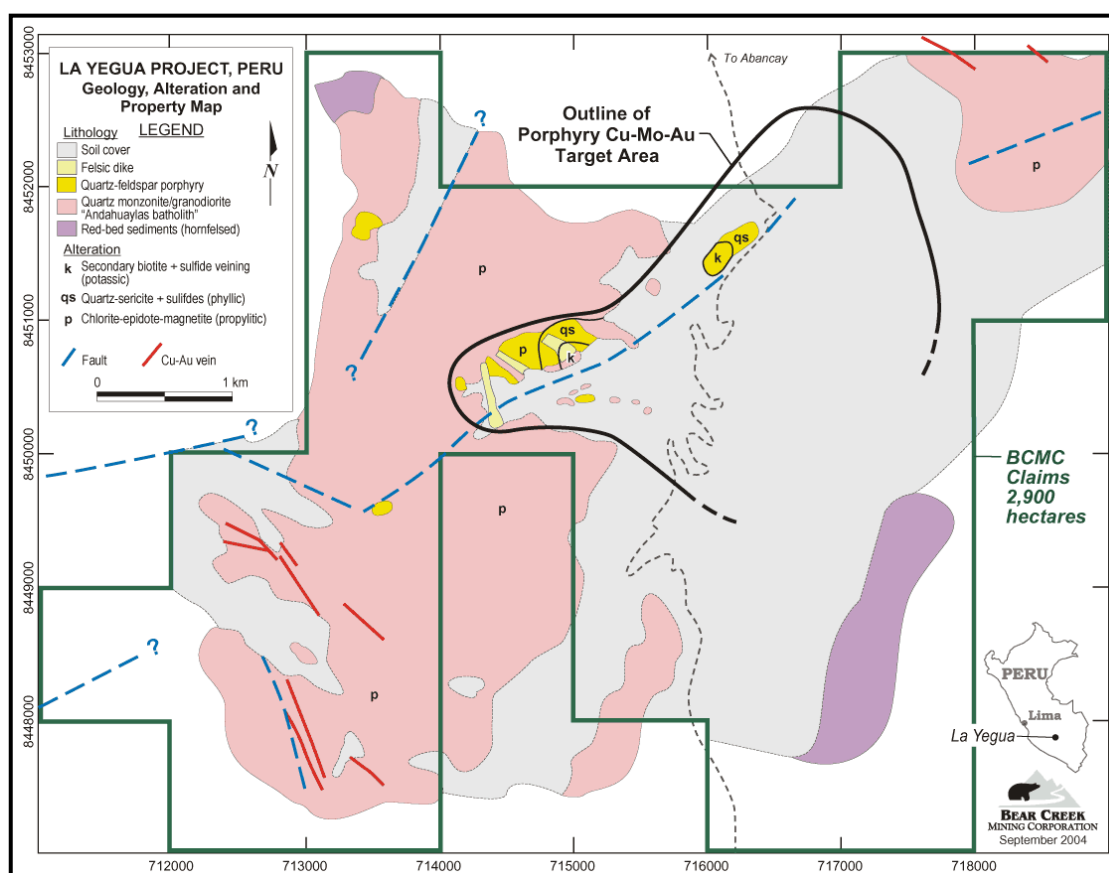


Fig. 7.2 Mapa Geológico proyecto La Yegua (tomado de Beer Creek, 2004)

7.1.1.3 Geología Estructural

En el área se presentan lineamientos regionales de orientación NE-SO, que al parecer determinan la zona periférica del pórfido. También se encuentran un sistema vetas-estructuras de rumbo NE-SO con mineralización Cu-Au que muy probablemente se extienda por debajo de la zona de cobertura.

7.1.1.4 Tipo de Yacimiento y Mineralización

En la zona central se observa la alteración potásica, donde la biotita secundaria está remplazando a la hornblenda. También se encuentra la alteración cuarzo-sericita acompañada de calcopirita-calcosina-molibdenita. Hacia el este y sur de la concesión se han reconocido anomalías de Cu (0.03-1.2%) y Mo (100-424 ppm), las anomalías tienen una extensión de 2 Km de largo y están abiertas hacia el sur y el este, ocultándose en una zona cubierta.

Los pórfidos de cuarzo-feldespatos están relacionados con la mineralización, los cuales intruyen a la granodiorita.

En la zona periférica a la mineralización tipo pórfido, se presentan fuertes anomalías de Au (0.30-5.32 g/t) y Cu (hasta 6%). Las anomalías se encuentran en estructuras que cortan la granodiorita, o en hornfels a lo largo del contacto con el batolito. Las anomalías de Au son débiles en la parte central del denuncia, y al parecer representa la zonificación lateral hacia el exterior de la mineralización de estilo pórfido.

7.1.1.5 Recursos Minerales

No se han realizado cálculos de reservas, debido a que se encuentra en etapa de exploración realizándose perforaciones, en los dos objetivos identificados.

La Yegua tiene un potencial como un depósito de tipo pórfido de Cu-Mo (+ Au), según las anomalías de Cu-Mo en superficie. Asimismo, las primeras perforaciones interceptaron 0.2 % a 0.3% de Cu en un intervalo de 20 m.

7.1.2 Proyecto Los Chancas

7.1.2.1 Ubicación

El proyecto Los Chancas está localizado en la parte oeste de la Cordillera Central de los Andes del sur del Perú, se ubica en la provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac, a una altitud de 3,300 a 4,000 msnm (Fig. 7.3).

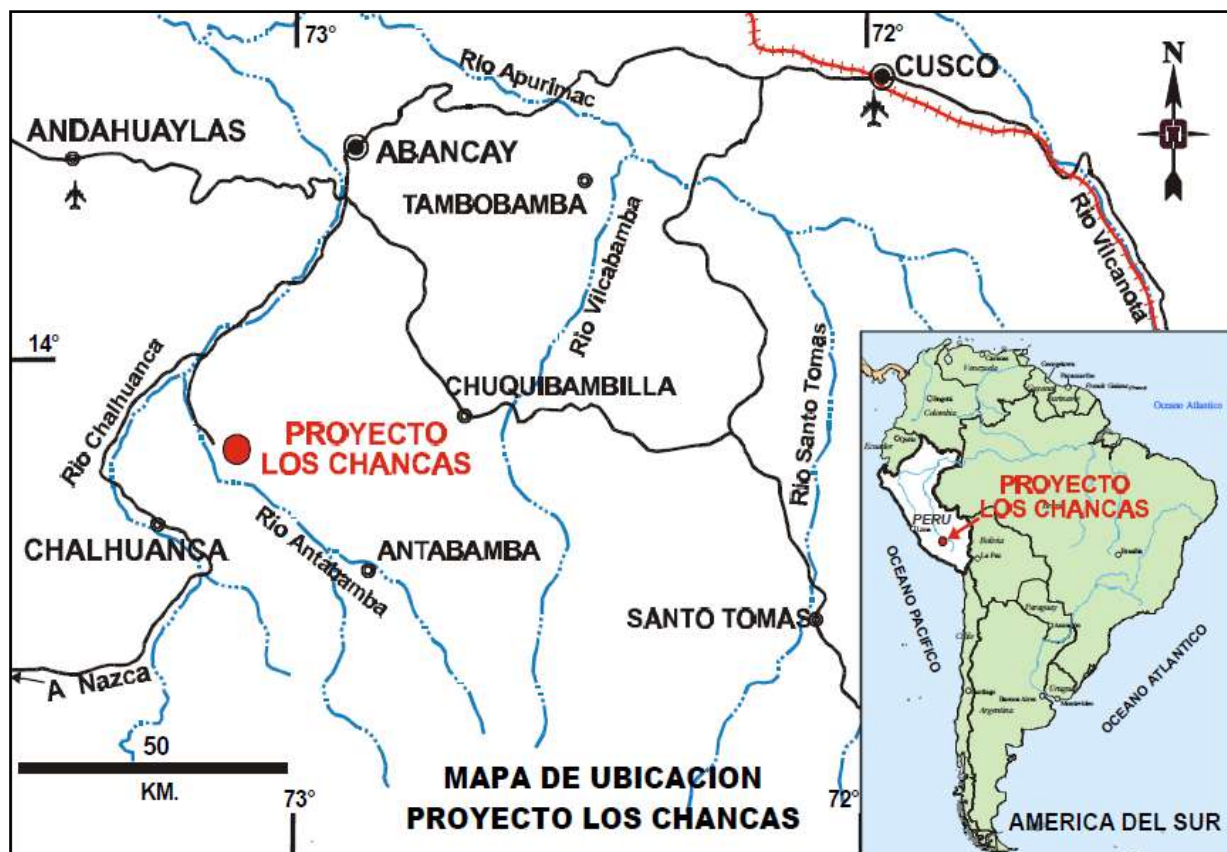


Fig. 7.3 Plano de ubicación Proyecto Los Chancas

7.1.2.2 Geología Regional

La conformación geológica de la región ha sido mapeada por el INGEMMET, (Pecho V. 1981) y por el equipo de exploración de SPCC. Está caracterizada por rocas sedimentarias del Jurásico-Cretácico y rocas ígneas intrusivas de naturaleza batolítica e intrusiones menores porfíricas, a las que estaría relacionada la mineralización de la región (Fig. 7.4).

Formación Chuquibambilla

Representada por una secuencia de areniscas grises oscuras y areniscas cuarzosas con niveles de lutitas negras, finamente estratificadas con algunos lentes de caliza gris a negra cerca del contacto superior. La formación corresponde a los niveles intermedios del Grupo Yura, del Jurásico Superior.

Formación Soraya

Se encuentra representada por paquetes de areniscas cuarzosas blancas y grises con algunos lentes de lutita rosada y gris verdosa que están plegadas y fracturadas. Esta formación corresponde al Grupo Yura del Cretáceo Inferior.

Rocas Intrusivas

Las rocas plutónicas de la región están caracterizadas principalmente por el Batolito de Apurímac, conformado por intrusiones ígneas de granodiorita, tonalita, diorita, con contactos poco perceptibles, debido probablemente, a procesos de diferenciación dentro de la cámara magmática profunda.

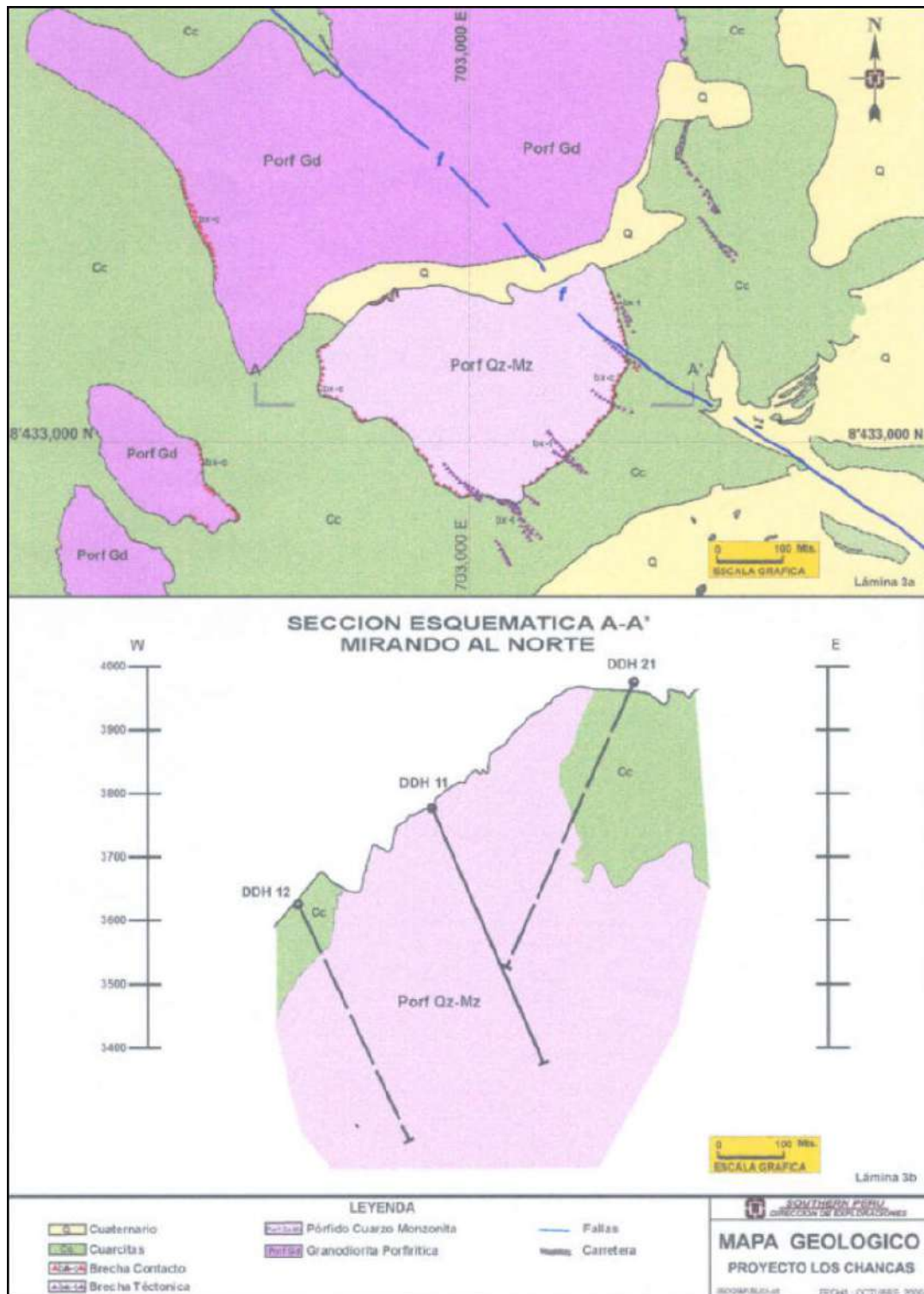


Fig. 7.4 Mapa Geológico Proyecto Los Chancas

7.1.2.3 Geología Estructural

La distribución de las diferentes zonas metalogenéticas se encuentran a manera de bandas paralelas a los Andes, lo que evidencia su relación con los procesos de la evolución tectónica de la cordillera.

Una de las bandas o alineamientos corresponde a la provincia metalogenética de Andahuaylas-Yauri, que está caracterizada por una actividad ígnea intrusiva félsica calco-alcalina, que data entre los 31 y 38 ma, asociada mayormente a una mineralización de skarn Cu-Fe relacionada a rocas porfíricas de Cu-Fe (Clark et al. 1990).

Este arco magmático del Eoceno Superior al Oligoceno presenta un ancho aproximado de 125 km y corresponde al episodio principal de la tectónica que caracteriza a la orogenia andina.

La actividad magmática posterior está relacionada a intrusiones hipabisales, que estarían asociadas a los diferentes sistemas de mineralización, como son principalmente los del tipo skarn de Fe, Cu-Fe y porfíricos de Cu, Cu-Au y Cu-Mo-Au, como el caso de Los Chancas. Estos tipos de mineralización se distribuyen como franjas alineadas y concordantes a la orientación del Batolito de Andahuaylas-Yauri, y éste, a su vez, a la tendencia general de la cordillera.

Considerando los modelos de evolución metalogenética andina, la ocurrencia de sistemas porfíricos en zonas cordilleranas estaría relacionada a eventos magmáticos más recientes con mineralización de Cu-Mo-Au, que los pórfidos ubicados al oeste de la cordillera con mineralización de Cu, Cu-Mo. De este modo se determinan dos sistemas porfíricos diferentes, espacialmente distribuidos en bandas paralelas y con características propias de mineralización.

7.1.2.4 Tipo de Yacimiento y Mineralización

La geología del proyecto describe principalmente rocas sedimentarias de las Formaciones Chuquibambilla, Soraya, Mara y Ferrobamba, cuya disposición espacial conforman regionalmente un anticlinal erosionado en el eje. La mineralización de Cu-Mo-Au, en Los Chancas está genéticamente relacionada a intrusiones calco-alcalinas emplazadas en niveles profundos e hipabisales de composición granodiorítica a cuarzo monzonítica (Fig. 7.4). Las relaciones texturales sugieren un proceso de diferenciación magmática en profundidad o diferentes pulsos magmáticos.

En el pórfido cuarzo-monzonítico que se encuentra relacionado a la mineralización económica, se ha determinado la presencia de cuarzo, generalmente amiboidea a causa de la corrosión de la matriz (Pérez E., 2000), con abundantes inclusiones fluidas bifásicas con evidencias de ebullición, deducidas a partir de las variaciones de facies líquido/vapor, y algunas inclusiones trifásicas con presencia de NaCl.

Los diques y sills son posteriores a la mineralización, que cortan las areniscas, areniscas cuarzosas y lutitas del Chuquibambilla, así como las areniscas cuarzosas y cuarciarenitas del Soraya; son de color pardo amarillento, con fenos de plagioclasas. La biotita y hornblenda están frescas dentro de una matriz afanítica silíceo y potásica.

Los sistemas estructurales reconocidos son tres; siendo el de mayor importancia actual el sistema de orientación NW-SE, correspondiente a tendencias estructurales regionales y que controlan mayormente el emplazamiento de la mineralización. Este sistema estaría relacionado a la generación de zonas de debilidad estructural favorables para el emplazamiento magmático de episodios tardíos al Batolito de Andahuaylas-Yauri y a los que se encuentra asociada la mineralización.

La mineralización en la zona lixiviada del depósito está caracterizada por goetita, pitch limonita y neotocita, así como crisocola, antlerita-brocantita, malaquita y kroehnita. La zona de enriquecimiento secundario incluye minerales como calcosina, covelita, digenita y en menor proporción cuprita. La formación de minerales secundarios principalmente la calcopirita, se encuentra en venillas y diseminada, está parcial o totalmente alterada a calcosina, bornita + digenita, con evidencias geométricas que indican que la calcopirita se altera a bornita y luego la bornita a digenita. Esto sucede preferentemente en venillas.

Los sulfuros primarios presentes son: calcopirita, bornita, molibdenita y pirita. La calcopirita ocurre principalmente en venillas y en menor proporción diseminada y asociada a la bornita. La molibdenita se presenta en venillas y relacionada a la calcopirita.

7.1.2.5 Tipo de Alteración

Alteración Potásica Magmática Tardía

Es característica por un incremento de feldespato potásico con estilo pervasivo selectivo principalmente en la matriz de la roca y asociado al desarrollo de venillas de cuarzo del tipo A en zonas de stockwork, con sílice gris pervasivo y cuarzo granular-fino.

Alteración Potásica

Caracterizada por el ensamble cuarzo-ortosa-biotita. La biotita hidrotermal es de color pardo, de composición ferrígena e incluye circón radiactivo (Pérez E., 2000). Ocurre como finas o gruesas diseminaciones asociadas a calcopirita y en micro venillas como parte del stockwork de cuarzo-calcopirita-bornita con feldespato potásico.

Alteración Fílica

Se encuentra como una alteración contemporánea lateral a la potásica. No presenta textura destructiva y se muestra como alteración de cuarzo-sericita pervasiva de la matriz y sericitización de la plagioclasa, feldespato potásico y biotita. Esta alteración es resultado directo de una disminución en la proporción K^+/H^+ en el enfriamiento del fluido. La fase tardía de temperaturas más bajas ocurre localmente a lo largo de estructuras y venillas de pirita tipo D, que son raras.

Alteración Arcilla-Sericita (Illita)

Muestra estilos de alteración pervasiva de fenocristales de plagioclasa en una mezcla de arcillas e illita. Esta alteración hidrolítica no está asociada a la mineralización de sulfuros y es de origen hipógeno tardío con disminución de pH. Existe alteración con características similares generada durante la meteorización y oxidación de los sulfuros.

Silicificación

Es evidente la introducción de sílice en venillas de cuarzo. Comúnmente se observa que reemplaza la matriz del pórfido. Las venillas de sílice pueden agruparse en:

- a. Venillas tipo A, sin sulfuros,
- b. Micro venillas de cuarzo-calcopirita-bornita y
- c. Venillas de cuarzo vítreo grueso con una grieta central rellena de calcopirita +- molibdenita.

7.1.2.6 Recursos Minerales

A la fecha se tiene la información que se ha cubicado en estudios de prefactibilidad y después del diseño de tajos un estimado de 355 millones de toneladas de material mineralizado con un contenido de 0.62% Cu, 0.05% Mo y 0.039 g/Tn Au. (Página Web Grupo México).

7.1.3 Proyecto Tumipampa

7.1.3.1 Ubicación

El proyecto Tumipampa se encuentra ubicada en el distrito de Circa, provincia de Abancay y región de Apurímac, a cotas 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).

7.1.3.2 Geología Regional

En el área del proyecto Tumipampa afloran rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas. Estas últimas correspondientes al Batolito Andahuaylas-Yauri. Además existen depósitos cuaternarios de significativo espesor.

Rocas Sedimentarias no clásticas

Están representadas por calizas de la Fm. Ferrobamba, de edad Albiano-Turoniano (Cretácico Medio). Consisten en una secuencia potente de calizas de coloración negruzca a gris oscura, localizadas en las partes norte y oeste del proyecto. Se encuentran en contacto directo con el techo del Grupo Yura mediante una clara discordancia (erosional o depositacional no estudiado), debido a la ausencia de la Fm. Mara. En otros puntos están en contacto directo con las rocas intrusivas, formando halos de caliza marmolizada.

Rocas Sedimentarias clásticas

Están conformadas por las areniscas cuarzosas u ortoareniscas de la Fm. Soraya del Grupo Yura (Cretácico Inferior). Consiste en limolitas, niveles lutíticos carbonosos (grafito), areniscas cuarzosas blancas (ortoareniscas) y areniscas cuarzosas 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 ensamble cuarzo-sericita-pirita que presenta destrucción total de la matriz, denominadas en los estudios petrográficos como metasomatita.

Rocas Ígneas

Rocas con composiciones fundamentalmente de tipo granodiorita, diorita, cuarzo-monzodiorita y diques andesíticos; pertenecientes al Batolito Andahuaylas-Yauri. Estas rocas se han formado en varios eventos de pulsación del sistema magmático, formando stocks que posteriormente fueron intruídos por diques de diorita porfídica, los que atravesaron tanto las areniscas cuarzosas de la Fm. Soraya como las calizas de la Fm. Ferrobamba. Se les atribuye ser el aporte de las mineralizaciones de metales.

7.1.3.3 Geología Estructural

En el área se presentan lineamientos regionales de orientación Suroeste-Noreste, que al parecer determinan la dirección de las vetas de Cu-Au, que se extiende a lo largo del Manto el Dorado.

7.1.3.4 Tipo de Yacimiento, mineralización y alteración

Según la geología del proyecto se describe afloramientos de cuarcita donde se pudieron reconocer estructuras, tipo veta y brecha, con mineralización de Cu-Au y Fe-Au respectivamente, como un tercer tipo de mineralización en el proyecto, a parte de los de tipo skarn y pórfido de Cu-Au. Estas estructuras también fueron reconocidas mediante 1,100 m de

perforaciones desde superficie, con una mineralización que consiste de sulfuros diseminados en brechas de cuarcita con importantes anomalías de Au-Cu.

Yacimiento de Skarn

Tumipampa, presenta yacimientos tipo skarn en las calizas de la Fm. Ferrobamba, localizadas en la zona norte de las concesiones de exploración, afloran cuatro cuerpos de skarn en el contacto entre las rocas intrusivas del Batolito Andahuaylas-Yauri y la Fm. Ferrobamba, 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 de estos yacimientos consiste de calcopirita, pirita y granates con importantes anomalías de Au, Ag, Pb, Cu, Zn, Mo y Bi.

Se han tomado más de 1,100 muestras en superficie (tipo “rock chip”) y se han realizado estudios geofísicos de resistividad, magnetometría y cargabilidad, con el fin de caracterizar las anomalías y su ubicación. De esta manera se han podido identificar los cuatro blancos de exploración, que se han explorado en mayor detalle mediante campañas de perforación diamantina. Estos sondeos han cortado hasta 15.464 ppm Au (0.641 oz/t), 0.014% Cu en 4.85 m de corrida.

Yacimientos en vetas asociadas al intrusivo

A la fecha se han reconocido varias vetas con mineralización de Au-Cu asociadas a los intrusivos. Las principales estructuras son las vetas Avelia e Inés, emplazadas en las areniscas cuarzosas de la Fm. Soraya en el contacto con las rocas intrusivas. Se trata de vetas con dirección aproximada N60°E a N120°E, buzamientos subverticales, corridas de hasta 20 m y potencias hasta 2.10 m, que han llegado a reportar 1.10 m con 4.767 ppm Au.

Yacimientos en vetas alojadas en materiales sedimentarios

A parte de las vetas asociadas a las rocas intrusivas, existen una serie de estructuras tipo veta o manto, emplazadas en las areniscas cuarzosas de la Fm. Soraya, entre los que destaca el Manto Dorado, principal estructura del proyecto.

Este sistema de vetas tienen una dirección aproximada N145° a N170°, con corridas horizontales reconocidas en 250 m., corridas verticales reconocidas de hasta 300 m y potencias de 2 m. Por su parte, el Manto Dorado tiene una dirección N40° y buzamiento 25°NO, siendo reconocida mediante perforaciones a lo largo de una corrida horizontal de aproximadamente 200 m, desarrollo vertical de aproximadamente 300 m, y potencias de la zona mineralizada de hasta 1.50 m. Se encuentra asociado 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 trampa (de tipo redox) para la precipitación y acumulación de 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), cortada por un evento posterior de cuarzo, esfalerita y galena con alteración propilítica (carbonatos-clorita). Las leyes obtenidas han arrojado resultados de hasta 115.66 ppm Au, 0.52 oz/t Ag, 3.03% Cu para 1.10 m de ancho real.

Yacimientos diseminados

En la parte sur del proyecto existen brechas de cuarcita con anomalías y posibles mineralizaciones de cuarzo-pirita-calcopirita y óxidos de hierro con oro invisible, las que se presentan en forma diseminada o como relleno de fracturas en la cuarcita. En general, estas estructuras tienen un rumbo promedio N160° a N170°, con potencias hasta 25 m (veta Mylene). Existe otra orientación, N45° a N85° que se observa como brechas con mineralización diseminada (Crestón Silíceo).

Los muestreos de superficie, tipo “rock chip”, reportaron valores hasta 1.00 gr/t Au. Asimismo, se realizaron dos sondajes de perforación diamantina que arrojaron leyes de hasta 0.402 ppm Au para 15.05 m. y 0.150 ppm Au para 18 m. de ancho, interesantes anomalías que son para continuar con la exploración.

7.1.3.5 Recursos Minerales

Aun no se han realizado cálculo de reservas ya que es un proyecto nuevo y se encuentra en su etapa de exploración. Se han realizado algunas perforaciones que evidencian un yacimiento económico.

Tumipampa, exhibe un potencial probado para un depósito de vetas-mantos y/o skarn-diseminado de Au- Cu-Ag. Según las perforaciones se han reportado valores de 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 afloramientos de brechas.

8. Datos relevantes

Para el estudio del ANAP Suparaura, se realizaron análisis petrográficos y mineragráficos, adicionalmente, un estudio geocronológico, de una muestra del ANAP Suparaura, los mismos que se describen a continuación:

Estudios Petrográficos

Se realizó estudios petrográficos de 53 muestras de sección delgada, con el objetivo de estimar las características de textura de las rocas, los cuales verifican la descripción en campo. Este estudio significó mucho para definir la secuencia de depositación de la Formación Muñani, reconociendo litologías importantes como, limolitas, limoarcillitas, areniscas de grano fino y medio, areniscas arcósicas y tobas. Asimismo, el reconocimiento de rocas intrusivas y volcánicas que presentan facies porfíricas, presentando en algunos minerales de alteración como: clorita, epidota, sericita y arcillas, entre otros.

Los 53 estudios petrográficos se adjunta en el Anexo IV. Descripción Petrográfica.

Estudio Mineragráfico

Se realizaron 10 estudios mineragráficos de sección pulida con el propósito de definir el estilo de mineralización y asociación mineralógica. Considerando una descripción macroscópica y microscópica. En la descripción microscópica, se toma como relevancia identificar minerales hipógenos y supérgenos, sugiriendo una paragénesis mineralógica.

Estos parámetros descritos en los análisis han sido de mucha utilidad para sugerir un modelo acerca del tipo de ocurrencia y/o depósito mineral, que contribuye en la descripción de la mineralización y alteración del informe.

Los 10 estudios petrográficos se adjunta en el Anexo IV. Descripción Mineragráfica.

Estudio Geocronológico

Se seleccionó una muestra para datar la edad de emplazamiento del intrusivo. Esta muestra tiene el código DATA SUP-001, se ubica cerca al pueblo de Suparaura de coordenadas 8'455,532 Norte, 702,215 Este y con una altitud de 3204 m.s.n.m. Macroscópicamente se ha clasificado como una diorita. Los resultados radiométricos permitirán establecer la relación con el emplazamiento del Batolito Andahuaylas –Yauri.

La muestra DATA SUP-001, fue enviada al Servicio Geológico Chino, para su respectiva datación, pero aún no se tiene el resultado.

9. Conclusiones y recomendaciones

- El estilo de mineralización que se aprecia en el ANAP Suparaura, está relacionada a los depósitos del tipo “Sediment Hosted” (Estratoligado) alojado en las capas rojas del miembro superior de la Fm. Muñani, generalmente concordante y/o levemente discordante a la estratificación.
- La mineralogía en las areniscas consta de dos tipos y/o estilos; el primer caso, la calcopirita se presenta relleno de espacios intersticiales de la arenisca y en venillas que cortan a la roca receptora, en el segundo caso, se puede apreciar a la malaquita asociado con materia orgánica que actúa como un agente reductor y controlador de la precipitación de óxidos de cobre.
- La alteración propilítica y sericitización mayormente están relacionadas al emplazamiento de diques dioríticos y andesíticos con intensidad de débil a moderada.
- Los diques dioríticos generalmente son estériles, a diferencia de los diques andesíticos que es el último evento magmático, presenta mineralización: malaquita, crisocola con especularita (Sector Supalla, muestra SUP-111) y malaquita con covelina (Sector Huanchuylo, muestra SUP-189).
- En el ANAP Suparaura se observan fallas pequeñas y fracturas locales que habrían servido para la depositación y/o removilización del mineral.
- La geomorfología del área es bastante agreste y cubierta por intensa vegetación que dificultan los trabajos de muestreo y seguimiento de los horizontes mineralizados, sus exposiciones son muy pocas y difíciles de correlacionar.
- Yacimientos de este tipo con los que se puede comparar se tiene en las localidades de Sicuani (Cusco), con mejores exposiciones y contenido metálico.
- Las posibilidades de encontrar mineralización diseminada no es alentador debido a la geofísica, pues que las respuestas de los métodos eléctricos de cargabilidad y resistividad (1-4mV/V), son débiles.
- Las pocas evidencias de mineralización encontrada, así como, los resultados hacen que esta ANAP tenga muy poco interés prospectivo.

POR LO TANTO: Se recomienda; No efectuar más trabajos de prospección.

10. Referencias bibliográficas

- 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.
- Lipa, R.; Zuloaga, A. & Linares, E. (2003) Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Andahuaylas (28-p), Escala 1:50 000, Lima, INGEMMET, 20p.
- Perelló, 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 region, Peru. In: Economic Geology, V. 98, Pág. 1575 – 1605.
- Jacay, J. & Sempere, T. (2004) Nuevas contribuciones del IRD y sus contrapartes al conocimiento geológico del sur del Perú. Publicación Especial N° 5 - Sociedad Geológica del Perú.
- Carlotto, V., Quispe J., Acosta., H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, M., Díaz-Martínez, E., Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T., Lu, S., y Cueva, E., (2009) Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú, Bol. Soc. Geol. Peru, vol. 103 89 p.
- 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.
- Marocco, R. (1978) Un segment est-ouest de la chaine des Andes peruvienes: La deflexión d Abancay. Trav. Doc.ORSTOM, 94: 195 pp.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., Mamani, L., Díaz-Martínez, E. Navarro, P., Jaimes, F., Velarde, T., Lu, S., Cueva, E. (2009). Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. Bol. Soc. Geol. Perú, 103, 1-89.
- 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”
- Velazco M., Díaz, R., (1962) Mina, María del Carmen (Zona de Apurímac); Chapimarca - Informes Técnicos del Banco Minero
- Núñez Chávez, F. & Corrales, E. octubre (2004) - Características de la mineralización y clasificación del depósito porfirítico Los Chancas, Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, PE, Resúmenes extendidos.
- Loza, M. (2004) – Los yacimientos Estratoligados de Cobre de Cusco y Sicuani (Eoceno - Oligoceno): Sedimentología, Tectónica y Metalogenia. Tesis Titulación, Universidad Nacional San Antonio Abad, Cusco, 150 p.

- Rivera, R., Bustamante, A., Acosta, J., Santisteban, A. (2010) – Evaluation of Ore Deposits Potential in the Andahuaylas – Yauri Batholith. INGEMMET, Proyecto GE-24, 111 p.
- Flint, S. (1990) - The Sediment-Hosted, Stratabound Copper Deposits of San Bartolo, Northern Chile. Stratabound Ore Deposits in the Andes. L. Fontboté, G.C.: Amstutz, M. Cardozo, E. Cedillo, J. Frutos (Eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1990. 621-636p.
- Tumalián, H. (2001) – Yacimientos tipo manto singenético o epigenético, Revista Minas de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería, 12-25 p.
- Fontboté, L., Amstutz, G.C., Cardozo, M., Cedillo, E., Frutos, J. (1990) Softcover reprint of the original 1st ed. 1990, XV, 817 p. With 1 Falttafel. In 2 volumes, not available separately.
- Rutland, R. (1966).- An Unconformity in the Corocoro Basin, Bolivia, and Its Relation to Copper Mineralization. Economic geology Vol.61 962-964 p.
- Ljunggren, P. & Meyer, H. (1964).- The Copper Mineralization in the Corocoro Basin, Bolivia. Economic Geology Vol. 59, 1964. 110-125p.
- Vivallo, W., Henríquez, F. (1998) – Génesis común de los yacimientos estratoligados y vetiformes de cobre del Jurásico Medio a Superior en la Cordillera de la Costa, Región de Antofagasta, Chile. Revista Geológica de Chile, Vol. 25, No 2, 199-228 p.
- Sato, T. (1984) - Manto type copper deposits in Chile: a review. Bulletin of the Geological Survey of Japan. V. 35, p. 565-582.
- Yacimientos Estratoligados de Cu (Ag) Chilenos, Disponible en: <http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/YACIMIENTOS%20ESTRATOLIGADOS%20DE%20Cu.pdf>
- William J.; Hinze, R.; R.B. Von Frese & Afif H. Saad (2013) Principles, Practices, and Applications. Gravity and Magnetic Exploration, Cambridge University Press.
- Telford, W. M.; Geldar, L.P., & Sheriff, R.E. (1990) - Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- Prabhakar S. Naidu & Mathew, M.P. (1998) Analysis of Geophysical Potential Fields, A Digital Signal Processing Approach. Advances in Exploration Geophysics 5.
- Dolan, W. M. & McLaughlin, G. H. (1967) - Considerations concerning measurement standards and design of IP equipment. Symp. on Induced Electrical Polarization, Eng. Geosc., Dep. Mineral Technol., University of California, Berkeley, Proc., p.2-31
- Emerson, D. W.; (ed.) (1980) - The geophysics of the Elura ore body, Australian Society of Exploration Geophysicists. 11(4) p. 10-16
- Sumner, J. S.; (1976), 'Principles of induced polarization for geophysical exploration', Elsevier Publishing, Amsterdam, 277pp.
- R.M.S. White S. & Collins M.H. (2003) Loke Resistivity and IP arrays, optimised for data collection and inversion. Exploration Geophysics 34, 229–232.

Broughton Dave January 18, 2007 Field review of Cu mineralization in Mitu Group red beds, central Peru pag 1-13

Broughton and T Rogers oct 4 2010 Discovery of the Kamoia Cu Deposit Central African Copperbelt, DRC pag 1-34.

11. Lista de Figuras

Fig. 1.1 Mapa de ubicación ANAP Suparaura (UTM WGS 1984-Zona 18)	3
Fig. 1.2 Charla informativa en la Comunidad de Pampallacta.	4
Fig. 1.3 Mapa de Comunidades ANAP Suparaura.	5
Fig. 1.4 Mapa de vértices ANAP Suparaura (UTM WGS 1984-Zona 18)	6
Fig. 1.5 Mapa catastral del ANAP Suparaura.	7
Fig. 1.6 Imagen donde se muestra el desvío hacia el ANAP Suparaura, en la carretera Panamericana Sur Chalhuanca-Abancay-Cusco.	9.9
Fig. 2.1 Representación idealizada de la litoestratigrafía del ANAP Suparaura.	13
Fig. 2.2 Representación de la Formación Arcurquina.	13
Fig. 2.3 Muestra SUP-097 a) Limolitas color marrón rojizo de la Formación Ausangate.	14
Fig. 2.4 Imagen mirando al sur a) zona ubicada con coordenadas 700118 E – 8483508 N – 2459 m.	14
Fig. 2.5 a) Miembro inferior de la Formación Muñani, b) y c) arenisca en estratos gruesos ..	16
Fig. 2.6 a) al lado izquierdo se observa la imagen de la muestra SUP-172 representando el miembro inferior de la Formación Muñani.....	16
Fig. 2.7 Ilustración del nivel conglomerádico del miembro inferior de la Formación Muñani...	17
Fig. 2.8 Formación Muñani a) representa en buzamiento general hacia el este, b) Formación Muñani.	18
Fig. 2.9 Muestra SUP-168 con coordenadas 701530E/8454545N.....	18
Fig. 2.10 a) SUP-235, Arenisca arcósica, de grano fino, color beige con tonalidades verde claro.....	19
Fig. 2.11 SUP-024 Dique diorítico en el paraje Tarani – Quebrada Antajota.....	20
Fig. 2.12 SUP-024, Vista en nicoles paralelos. Fenocristales de plagioclasas en matriz de grano fino.....	20
Fig. 2.13 Imagen de un rodado cerca al km. 7, el cual ilustra el dique andesítico cortando a la diorita.	21
Fig. 2.14 SUP-380 Andesita porfírica, color gris verdosa con cristales de plagioclasas hasta 0.5mm	21
Fig. 2.15 Fotomicrografía de la muestra SUP-380.- Fenocristales de plagioclasas (PGLs).....	21
Fig. 2.16 Dominios Estructurales, Carlotto, V., et al 2009.	22
Fig. 3.1 Vista mirado al Noreste. Dique andesítico intruyendo a la arenisca (Sector Huinchojallani).	23
Fig. 3.2 A) Andesita con alteración de clt+ep en la matriz, dándole una coloración gris verdosa a la roca. B) Fotomicrografía. Nicoles cruzados.	24
Fig. 3.3 A) Diorita con alteración de clorita (clt) + epidota (ep) en la matriz, dándole una coloración gris verdosa a la roca; B) Fotomicrografía: Luz transmitida. Nicoles cruzados,	24
Fig. 3.4 A) Andesita de textura porfírica con alteración de clorita (clt) + epidota (ep) en la matriz y venillas de magnetita (mt), dándole una coloración gris oscura a la roca. B) Fotomicrografía. Nicoles Cruzados.....	25
Fig. 3.5 A) Roca andesítica con alteración propilítica fuerte. B) Fotomicrografía.....	25
Fig. 3.6 A) Detalle de la muestra con alteración ser-clt. B) Fotomicrografía.....	26
Fig. 3.7 A) Muestra de venilla en pórfido andesítico. B y C) Fotomicrografía.	26

Fig. 3.8 A) Vista mirado al Noreste. Nivel de limolita con mineralización de malaquita. cercano al poblado de Suparaura.....	27
Fig. 3.10 Vista mirando al Noreste A) Afloramiento de arenisca gris marrón de grano medio, con rumbo N 37° O y buzamiento 27° NE.....	28
Fig. 3.11 A) Arenisca de grano fino de color gris. B) Fotomicrografía. Nícoles paralelos. Mineralización de (cv) y calcopirita (cp), en granos diseminados como relleno intersticial en la roca. C) Venilla de calcopirita (cp) en la arenisca.....	29
Fig. 3.12 Fotomicrografías de la muestra SUP-033. Nícoles paralelos. A) Mineralización diseminada de calcopirita (cp) en la roca.....	29
Fig. 3.13 A) Hacia la izquierda se puede observar la diorita y a la derecha la andesita con alteración propilítica fuerte (clt+ep).....	30
Fig. 3.14 A) Afloramiento de dique andesítico en zona de falla, vista mirando al norte.....	31
Fig. 3.15 Fotomicrografías de la muestra SUP-111. Nícoles paralelos. A) Venilla de magnetita (mt) con alteración a hematita (hm). B) Mineralización de malaquita (mlq).....	31
Fig. 3.16 Labores antiguas encontradas fuera del ANAP. A y B) Vetas de cuarzo con sulfuros como calcopirita (cp), pirita y óxidos de cobre, malaquita (mlq).....	32
Fig. 5.1 Análisis de control de calidad del elemento Cu en blanco grueso y fino	39
Fig. 5.2 Au (ppb) – Estándares de Au –Laboratorio SGS S.A.	40
Fig. 5.3 Cu (ppm) – Estándares.....	40
Fig. 5.4 Ag (ppm) – Estándares.....	41
Fig. 5.5 Pb (ppm) – Estándares.....	42
Fig. 5.6 Zn (ppm) – Estándares	43
Fig. 5.7 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de pulpa	45
Fig. 5.8 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de campo	45
Fig. 5.9 Cuadro mostrando la correlación de las muestras en la población sedimentaria	48
Fig. 5.10 Cuadro mostrando la correlación de las muestras en la población volcánica	51
Fig. 5.11 Cuadro mostrando la correlación de las muestras en la población intrusiva	54
Fig. 6.1 Mapa de Ubicación de Líneas de IP/Resistividad	61
Fig. 6.2 Mapa de Ubicación de las Líneas de Prospección Magnética.....	64
Fig. 6.3 Base magnética en el Prospecto Suparaura	65
Fig. 6.4 Compósito Intensidad del Campo Magnético Total.....	67
Fig. 6.5 Compósito Geología Reducción al Polo	69
Fig. 6.6 Compósito Geología Señal Analítica	70
Fig. 6.7 Lineamientos magnéticos	71
Fig. 6.8 Mapa de inversión magnética a 25m de profundidad.....	72
Fig. 6.9 Mapa de inversión magnética a 300m de profundidad.....	73
Fig. 6.10 Compósito de Geología – Señal Analítica – Cargabilidad.....	75
Fig. 6.11 Sección Interpretada de Geología – Resistividad - Cargabilidad.....	76
Fig. 7.1 Mapa metalogenético ANAP Suparaura.	78
Fig. 7.2 Mapa Geológico proyecto La Yegua.	79
Fig. 7.3 Plano de ubicación Proyecto Los Chancas	81
Fig. 7.4 Mapa Geológico Proyecto Los Chancas.....	82

12. Lista de Tablas

Tabla 1.1 Coordenadas UTM de vértices ANAP Suparaura: WGS 84 y PSAD 56 (zona 18s) ..	6
Tabla 1.2 Acceso ANAP Suparaura - Ruta 1.....	8
Tabla 1.3 Acceso ANAP Suparaura - Ruta 2	8
Tabla 5.1 Distribución de muestras de esquirlas de roca.....	37
Tabla 5.2 Resultados Analíticos Blancos de Control en muestras de rocas	38
Tabla 5.3 Resumen Valores Certificados Estándares.....	38
Tabla 5.4 Resultados analíticos muestras duplicadas	44
Tabla 5.5 Background, Treshold y rangos de anomalías de la población estadística de roca sedimentaria.....	46
Tabla 5.6 Muestras más significativas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn.	47
Tabla 5.7 Background, Treshold y rangos de anomalías de la población estadística de roca volcánica.....	49
Tabla 5.8 Muestras más significativas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn.	50
Tabla 5.9 Background, Treshold y rangos de anomalías de la población estadística de roca intrusiva.	52
Tabla 5.10 Muestras más significativas de Au, Ag, Cu, Pb y Zn	53
Tabla 6.1 Cobertura obtenida con el método IP2D periodo 2013	59
Tabla 6.2 Cobertura obtenida con el método IP3D periodo 2014	59
Tabla 6.3 Parámetros de adquisición del estudio de Polarización Inducida	60
Tabla 6.4 Parámetros de adquisición del estudio de magnetometría	60
Tabla 6.5 Coordenadas de las Base Magnética y Punto de Control.....	62
Tabla 6.6 Cobertura obtenida por el Método de Magnetometría periodo 2013	62
Tabla 6.7 Cobertura obtenida en el Método de Magnetometría periodo 2014.....	63