



**INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO**

**DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS**

**PROSPECCIÓN GEOLÓGICA MINERA DEL ANAP**

**PAMPA GRANDE**



## **INFORME FINAL**

**Elaborado por:**

Víctor TORRES  
Joel OTERO  
Oliberth PASCUAL  
Juan PAULLO  
Eder VILLARREAL

Ronald YUPA  
Carlos VALENCIA  
Rosmery FLORES

**Junio 2015**

# Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Ubicación y Acceso .....	1
1.2.	Estudios Previos .....	2
1.3.	Clima y Vegetación .....	2
1.4.	Recursos Locales e Infraestructura .....	3
1.5.	Condiciones Ambientales, Comunes y Sociales .....	3
1.6.	Concesiones Mineras .....	5
1.7.	Trabajos Realizados .....	9
1.7.1.	Geoquímica de Sedimentos y Rocas .....	9
1.7.2.	Análisis Espectral .....	9
1.7.3.	Cartografiado Geológico .....	12
1.7.4.	Trabajo Social y seguridad .....	12
1.8.	Participantes .....	15
II.	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL .....	16
2.1.	Geología Regional .....	16
2.2.	Geología Estructural .....	18
2.3.	Aspectos Metalogenéticos Regionales .....	20
III.	ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN .....	21
IV.	PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA .....	21
4.1.	Métodos de Muestreo y Enfoque .....	22
4.2.	Prospección Geoquímica de Sedimentos de Quebrada .....	23
4.3.	Prospección Geoquímica de Rocas y Suelos .....	25
4.4.	Procesamiento Geoquímico de Sedimentos de Corrientes .....	33
4.4.1.	Interpretación geoquímica .....	33
4.5.	Procesamiento Geoquímico de Rocas .....	38
V.	ÁREAS PROSPECTIVAS EN EL ANAP PAMPA GRANDE .....	45
5.1.	Área Prospectiva Ullpachan .....	45
5.1.1.	Generalidades .....	45
5.1.2.	Geología local .....	46
5.1.3.	Geología Estructural .....	49
5.1.4.	Alteración Hidrotermal .....	49
5.1.5.	Mineralización .....	53
5.1.6.	Control de la Mineralización .....	56
5.1.7.	Tipo de depósito .....	57
5.1.8.	Prospección Geoquímica de rocas .....	59

5.1.9.	Distribución Geoquímica del W, Mo y As en la Anomalía Ullapcham.....	66
5.1.10.	Conclusiones.....	69
5.2.	Área Prospectiva San Apolonio.....	70
5.2.1.	Generalidades.....	70
5.2.2.	Geología local.....	71
5.2.3.	Geología Estructural.....	72
5.2.4.	Alteración Hidrotermal.....	72
5.2.5.	Tipos de Mineralización.....	77
5.2.6.	Control de la Mineralización.....	80
5.2.7.	Tipo de depósito.....	81
5.2.8.	Prospección Geoquímica de rocas.....	81
5.2.9.	Distribución Geoquímica del Zn, y Hg en la Anomalía San Apolonio.....	91
5.2.10.	Conclusiones.....	95
5.3.	Otros Sectores Anómalos.....	96
5.3.1.	Anomalía Barro Negro.....	96
5.3.2.	Anomalía Pueblo Libre.....	97
5.3.3.	Anomalía Paraíso.....	98
5.3.4.	Anomalía San Agustín -Tres Ríos.....	101
VI.	MÉTODO GEOFÍSICOS.....	103
6.1.	Método de Polarización Inducida.....	103
6.2.	Método de Magnetometría.....	103
6.3.	Trabajos de Campo e Instrumentación.....	104
6.4.	Trabajos Realizados.....	104
6.5.	Procesamiento de Datos.....	108
6.5.1.	Procesamiento de Datos Magnéticos.....	108
6.5.2.	Procesamiento de Datos de Polarización Inducida.....	109
6.6.	Interpretación.....	109
6.6.1.	Interpretación de Datos Polarización Inducida.....	109
6.6.2.	Interpretación de Datos Magnéticos.....	112
6.7.	Conclusiones y Recomendaciones Geofísicas.....	115
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119
	Relación de figuras:.....	121
	Relación de tablas:.....	123
	Relación de fotos:.....	125
	ANEXOS:.....	126

## RESUMEN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de su dirección de Recursos Mineros y Energéticos, actividad ANAP's, realizó la evaluación Geológico Minero del ANAP Pampa Grande; los trabajos de campo fueron encargados a los suscritos, con fines de corroborar los hallazgos realizados en anteriores trabajos, muestreos geoquímicos de "stream sediment" "rock chip" y cartografiado geológico entre otros estudios, llevados a cabo por INGEMMET en el cuadrángulo de Cajabamba 16 g; los cuales reportan valores anómalos de Zn, Mo, As y Hg así como definir la naturaleza de las ocurrencias minerales relacionadas a estos elementos metálicos dentro de la zona del ANAP Pampa Grande.

Las actividades de prospección se realizaron durante los meses de abril a octubre del 2014, y se retomaron los trabajos prospectivos durante los meses de abril y mayo del 2015 enfocándose principalmente en el reconocimiento, revisión de anomalías geoquímicas y espectrales en una primera instancia; para luego continuar con los trabajos de cartografiado geológico, de alteraciones hidrotermales, muestro geoquímico de rocas, sedimentos de corriente y agua, así mismo se llevaron a cabos los trabajos de prospección geofísica magnetometría y polarización inducida (IP). El ANAP está ubicado en la región de La Libertad, provincias de Otuzco, distritos de Agallpampa y Usquil. Tiene un área de 8,700 has con altura promedio de 4100 m.s.n.m.

El ANAP Pampa Grande está dentro de la franja metalogenética XXI donde se hallan múltiples ocurrencias mineras como la mina Lagunas Norte, Alto Chicama (Barrick Gold Corporation); la mina Comarsa (Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.); la mina La Virgen (Compañía Minera San Simón S.A.) y la Mina Quiruvilca; también están los proyectos de oro y plata Caupar (S.A.C Sociedad Minera Trinity Perú SAC), Shahuindo (Sulliden Exploration Inc.); Tres Cruces (New Oroperu Resources Inc.) y La Arena (Río Alto Mining Limited). El marco geológico regional del ANAP, está conformado por rocas sedimentarias del Cretácico (Grupo Goyllarisquizga) y volcánicas de edad Oligomiocénico (Grupo Calipuy). El principal control estructural regional lo constituye el sistema de fallas Pallasca-Cordillera Blanca de orientación NO-SE; relacionado a este corredor estructural, se encuentran 03 lineamientos que se disponen en forma paralela; estos son: de norte a sur, Dos de Mayo-Barro Negro-Tambo de dirección N310°, Payhual – San Apolonio de dirección N 300°-310° y Otuzco-Quirúvilca-Tres Cruces de sentido N300°-305°.

Se recolectaron un total de 337 muestras, en las campañas de campo realizadas por INGEMMET durante el 2014 y 2015; 307 muestras de rocas primarias con 30 muestras de control lo que equivale al 9.5% QA/QC; además 24 muestras de sedimento de corriente distribuidas en 20 muestras primarias 2 blancos 1 estándar y 1 duplicado.

En este ANAP se han reconocido dos targets nominados como **ANOMALÍA ULLAPCHAM**, esta consiste de afloramientos discontinuos de un lithocap silíceo o litocapa silícea, cuerpo de sílice mantiforme con textura bandeada a coliforme de sílice opalina a calcedonica; con goethita, hematita, jarosita y diseminaciones de pirita, en algunos sectores se puede observar estructuras anulares de sílice porosa a oquerosa con óxidos, que estaría relacionada a conductos de escape de gases; en algunos lugares se observa la textura "patchy" definida por parches de caolín-illita ameboidea que se encuentran en rocas silicificadas, que nos sitúa en la parte media a inferior de la litocapa, como por ejemplo en los yacimientos de La Escondida y Yanachocha. La proximidad al pórfido de cobre se puede deducir por la firma geoquímica con

anomalías de molibdeno y arsénico además la presencia de calcopirita en trazas muestra PG14-112, nos hace pensar en la proximidad al sistema tipo pórfido de cobre-, sus dimensiones son 1.7 por 0.15 km su espesor esta entre 0.5 a 1m y pueden alcanzar los 2m; su rumbo varía entre N 300° a 290° y su inclinación es de 20° NE; cubren un área de unos 2.5 km. Presentan anomalías geoquímicas de rocas en Mo (> 10ppm), As (> 10ppm) las que circunscriben una anomalía de 650 x 100 m de rumbo N35° para el Mo>10 ppm y otra de 220 x 40 m de dirección N40° para el Mo>25 ppm.

**ANOMALÍA SAN APOLONIO**, constituida por venillas irregulares tipo network de sílice gris con óxidos; anchos promedio 02 centímetros con direcciones de N50° a 60° N70° a 80°, N20° a 30° y N300° a 310°, esta estructuras se han desarrollado en andesitas de color gris blanquecino de textura porfirítica con fenocristales de plagioclasas tiene una alteración tipo sílice–argílica; sus dimensiones son: 1,5 km de largo por 0,3 km de ancho tiene una dirección de N60°. Además se han reconocido dos estructuras discontinuas de brechas hidrotermales polimícticas matriz soportada conformada por sílice y arcillas blancas 20% y cuyo cemento es sílice y óxidos, sus fragmentos son de 70% cuarcitas con diseminaciones y venillas irregulares de óxidos, 20% andesitas porfíricas gris rojizas y 10% andesitas porfiríticas con fenocristales de plagioclasas con alteración de sílice ARCs blancas, de forma subangulosa a subredondeada cuyos diámetros de estos clastos son mayores 13 a 10 cm, en promedio es 4 cm y menores 0,5 cm además se observa venillas irregulares de sílice gris con óxidos de anchos centimétricos, de rumbo N65°/35°SE ancho 1,0 m. y de extensión de afloramiento 4 m. Por su parte la segunda estructura de brecha su dirección varia N40°/60°NW ancho 0,80 m. y de corrida de afloramiento de 3 m. Reporta valores anómalos para el Zn (> 100 ppm) y Hg (> 1 ppm), que delimitan una superficie de 1,5 km de largo por 0,3 km de dirección de N60°. En ambos sectores no se reportan valores anómalos de Au ni Ag.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Ubicación y Acceso

El ANAP está ubicado en la región La Libertad, provincia de Otuzco, distritos de Agallpampa y Usquí. Tiene un área de 8,700 hectáreas con una altura promedio de 4100 m.s.n.m. (Fig. 1.1 y 1.2). Tabla 1.1.

Tabla 1.1.- Acceso ANAP Pampa Grande

Ruta	Distancia	Vía de acceso	Tiempo
Lima – Trujillo	570 km.	Carretera asfaltada	8.
Trujillo-Otuzco	75 km.	Carretera asfaltada	1.30
Otuzco-Usquí-Barro Negro	45 km.	Carretera afirmada	2
Otuzco-Agallpampa-Pueblo Libre	32 km.	Carretera afirmada	1.10
Otuzco-La Morada-Proyecto	40 km.	Carretera afirmada	1:30

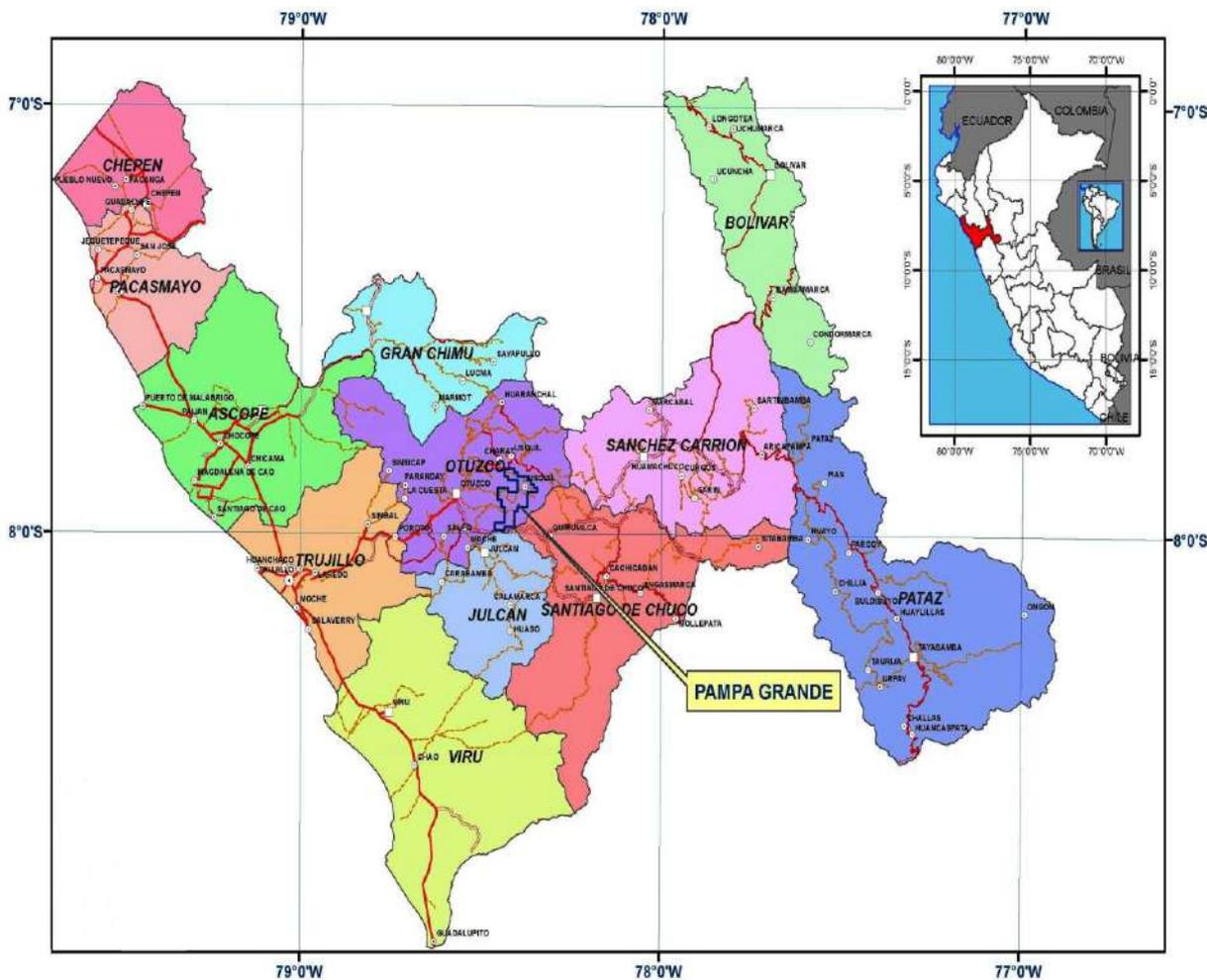


Fig. 1.1 Plano regional de ubicación del ANAP Pampa Grande

## **1.2. Estudios Previos**

Las primeras referencias para el área de estudio se remonta a la colonia exactamente en el año 1789; se reporta por primera vez la mineralización de la mina Quiruvilca, luego durante principios y mediados del siglo XX se han dado lugar una serie de trabajos de campo llevados a cabo por el ex Banco Minero del Perú; en donde se registra la existencia de diversas ocurrencias de mineralización en las localidades de Agallpampa, Usquil y Barro Negro.

INGEMMET efectuó el levantamiento geológico de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa a escala 1:100 000 (Cossío, 1964), designando con el nombre de «Volcánico Calipuy» a unos depósitos volcánicos localizados en el valle de Chuquicara, entre Choloque y la Hacienda Calipuy. En base a la posición estratigráfica suprayacente a las rocas mesozoicas del Grupo Goyllarisquizga, se le asignó una edad comprendida entre el Cretáceo superior al Terciario inferior.

Hollister & Sirvas (1978) datan por el método K/Ar, el material que se analiza fueron hornablenda y biotita provenientes de las lavas de la zona de Quiruvilca, entre el Oligoceno y el Mioceno. Bartos (1987, 1990) caracteriza al yacimiento, amplía el marco estructural, tipos de alteración hidrotermal, mineralización, zonamiento y su temperatura (300 a 350°C) basado en la presencia de enargita en el yacimiento minero de Quiruvilca. Numerosos estudios de muestran que la mineralización ocurrió en el Mioceno. (Noble et al., 2004; Montoya et al., 1995; Gauthier et al., 1999).

Posteriormente durante la primera década del siglo 21 se reportan trabajos de exploración en los alrededores del ANAP, en Barro Negro la empresa Minera Las Princesas lleva a cabo trabajos de perforación, no se cuenta con los resultados; por su parte la empresa Sociedad Minera Trinity Perú SAC viene realizando trabajos de exploración en su Proyecto Caupar.

Durante el año 2012, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) por intermedio de la dirección de Recursos Minerales y Energéticos; elaboran el mapa de potencial minero, el cual fue clave para la solicitud del ANAP, posteriormente en marzo del 2013, los Ingenieros VILLARREAL E., y ACOSTA J; preparan el Informe Técnico con el fin de estudiar el potencial económico de la zona de estudio que ocupa unas 8,700 has. En el mes de octubre del mismo año los ingenieros Valencia M. Lozada V & Santisteban A; realizan los trabajos de campo del proyecto GE-33: Geología económica y metalogenia por regiones: Región La Libertad; recolectan 45 muestras de esquirla de roca solo para el área que ocupa el ANAP Pampa Grande. Entre los años 2014 y 2015 se realizan los trabajos de prospección y evaluación lográndose determinar dos (02) áreas de mayor potencial prospectivo, que corresponde a San Apolonio y Ullapcham.

## **1.3. Clima y Vegetación**

El clima sería tipo Serranía Esteparia, con clima templado cálido y seco con insolación permanente y lluvias de verano durante los meses de enero a marzo, la temperatura va disminuyendo con la altitud. Relieve abrupto con valles estrechos y profundos; de suelos superficiales de influencia volcánica, solo utilizables para el desarrollo de los pastos alto andinos. Se observa afloramientos con una vegetación constituida principalmente por gramíneas, tubérculos, cactáceas y molles; los pobladores de las comunidades y caseríos se dedican a la crianza de ganado vacuna y porcino.

#### **1.4. Recursos Locales e Infraestructura**

En esta región el principal recurso es la agricultura (cultivo de maíz, papa, cebada, etc.) y ganadería (crianza de ganado vacuno y porcino), la energía eléctrica proviene de la Subestación hidroeléctrica de Otuzco-Charat-Florida-Motil, que emplea las aguas del río Motil, la infraestructura vial es muy buena ya que cuenta con accesos directos carretera asfaltada Trujillo-Otuzco y Agallpampa-Paraíso.

#### **1.5. Condiciones Ambientales, Comunales y Sociales**

En lo que respecta a los impactos de índole social, el ANAP Pampa Grande se encuentra en terrenos superficiales de dos (2) distritos Agallpampa y Usquíl (Fig. 1.2) sus comunidades dentro de los límites de ANAP son de sur a norte: Paraíso, Cesar Vallejo, Punas, Pueblo Libre, Labunday, Ullapcham, Independencia, San Apolonio, Payhual, San Agustín-Tres Ríos y La Morada. En Usquíl se encuentran las comunidades de Alfonso Ugarte, Los Andes, Barro Negro Bajo y Barro Negro Alto; todas pertenecen a la provincia de Otuzco. Al tener contacto con las comunidades se presentaron una serie de impases como fue el que se tuvo con el centro poblado de Barro Negro Bajo; luego de una reunión con las autoridades de la Ronda Campesina, se nos dijeron que "— la comunidad tiene un acuerdo de no permitir exploración minera dentro de su territorio." Por ello procedimos a retirarnos de la zona, situación similar se presentaron en las comunidades de Payhual, La Morada Tres Ríos, Cesar Vallejo, Punas, San Agustín, Labunday y San Apolonio pero a pesar de ello hemos podido lograr avanzar con los objetivos propuestos. Sin embargo en las Comunidades Ullapcham, Pueblo Libre y Paraíso, ubicadas hacia el Sur del ANAP Pampa Grande, se notó un ambiente en pro de la minería. Durante los meses de junio, agosto, setiembre y octubre en la comunidad de Agallpampa y Usquíl Se dieron charlas informativas donde se expuso los objetivos y las actividades a realizar y se presentó a los integrantes de INGEMMET.

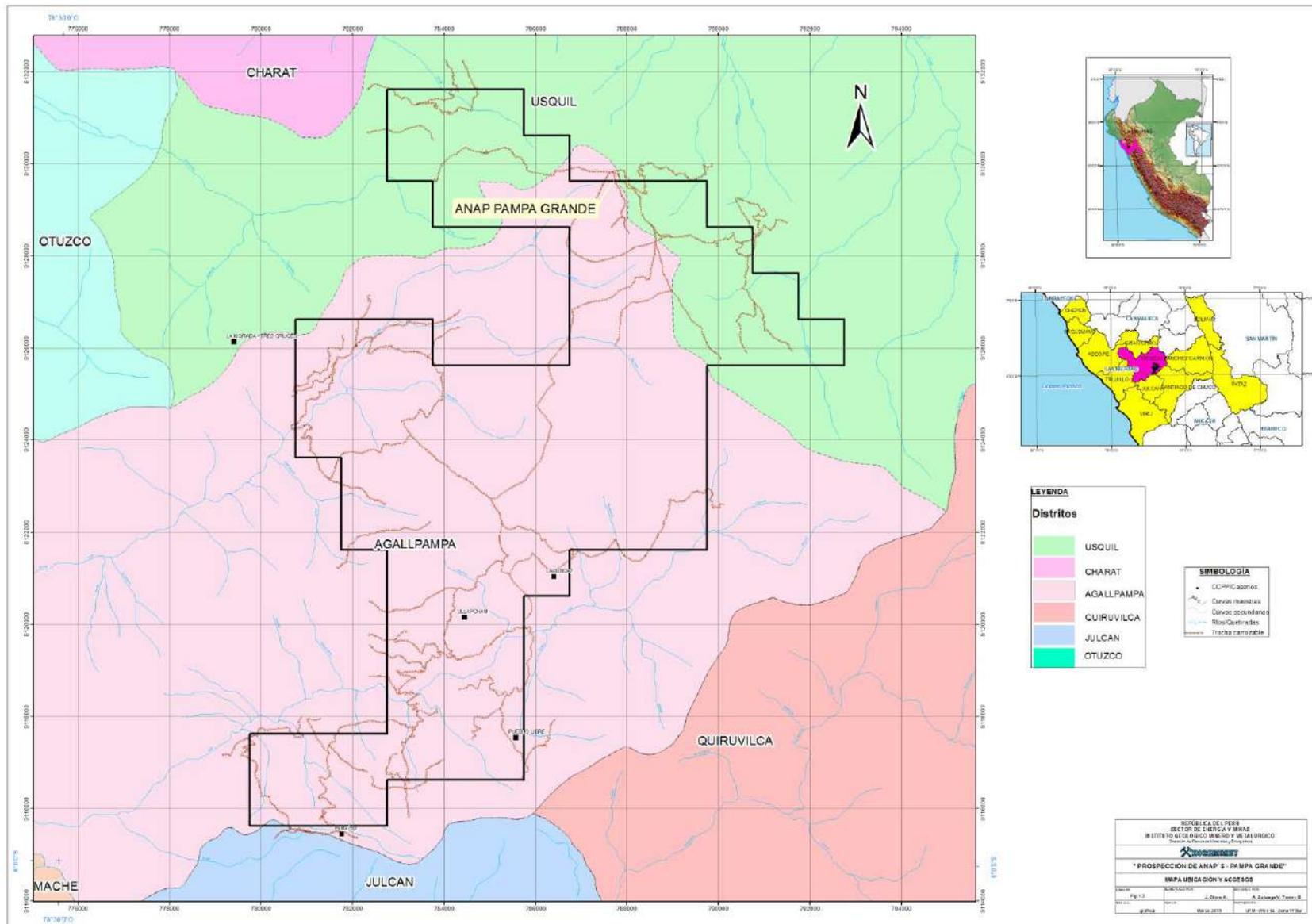


Fig. 1.2 Mapa de límites provinciales y distritales

“Anap Pampa Grande”

## 1.6. Concesiones Mineras

El ANAP Pampa Grande con 8700 hectáreas fue solicitada y asignada al INGEMMET por el Decreto Supremo N° 036-2013-EM, publicado el 03 de Octubre del 2013, para su prospección por un periodo de 2 años.

Limita: Por el norte con las propiedades mineras de Golden Ideal Gold Mining SAC (1), Super Strong Mining S.A.C. (1), Minera Barrick Misquichilca S.A (1). Por el Este con las concesiones de Corporacion Cristal del Sol S.R.L.(1) y Compañía Minera Quiruvilca S.A (2) Por el sureste con Compañía Minera Cerro las Gordas S.A.C.(2), Compañía Minera La Paloma S.A. (1), Minera Barrick Misquichilca S.A. (3) Fredy Mario Pinto Arce E.I.R.L. (1). Por el Oeste con S.M.R.L. Enrique I (1) Sociedad Minera Trinity Perú S.A.C (4) y por el noroeste con Super Strong Mining SAC (2) Daniel Martin Chavez Borja y Otros (1), Tableros Peruanos S.A. (1) y La Arena S.A. (Fig. 1.3). Las coordenadas de sus 36 vértices se muestran en la Fig.1.4 y Tabla 1.2

Las zonas arqueológicas se encuentran fuera del ANAP Pampa Grande, hacia el sur con coordenadas centrales 782052E y 9115193N tenemos: Muro de Sango 1 o el Paraíso, Muro de Sango 2 o el Mirador.

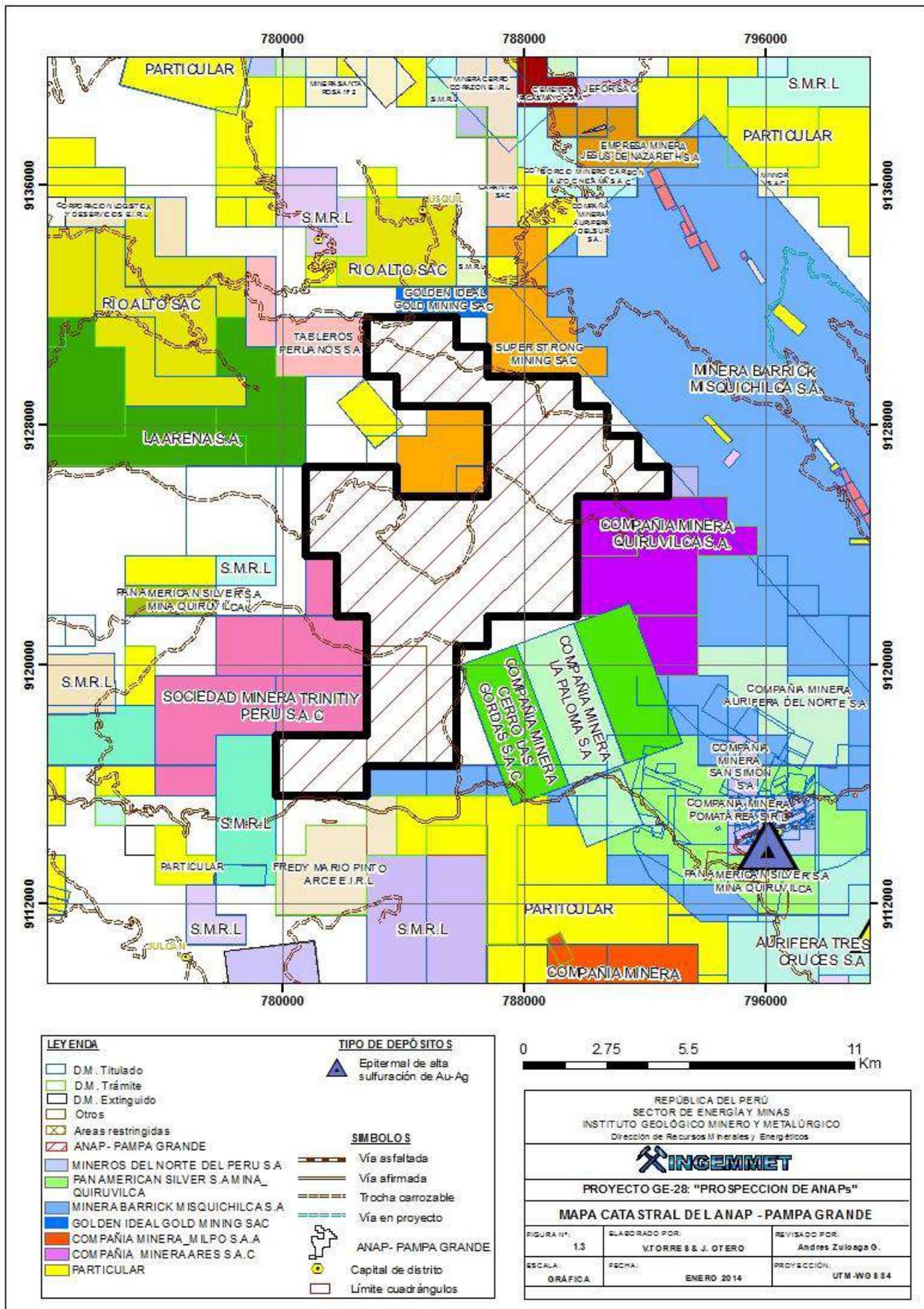


Fig. 1.3 Mapa Catastral del ANAP Pampa Grande

"Anap Pampa Grande"

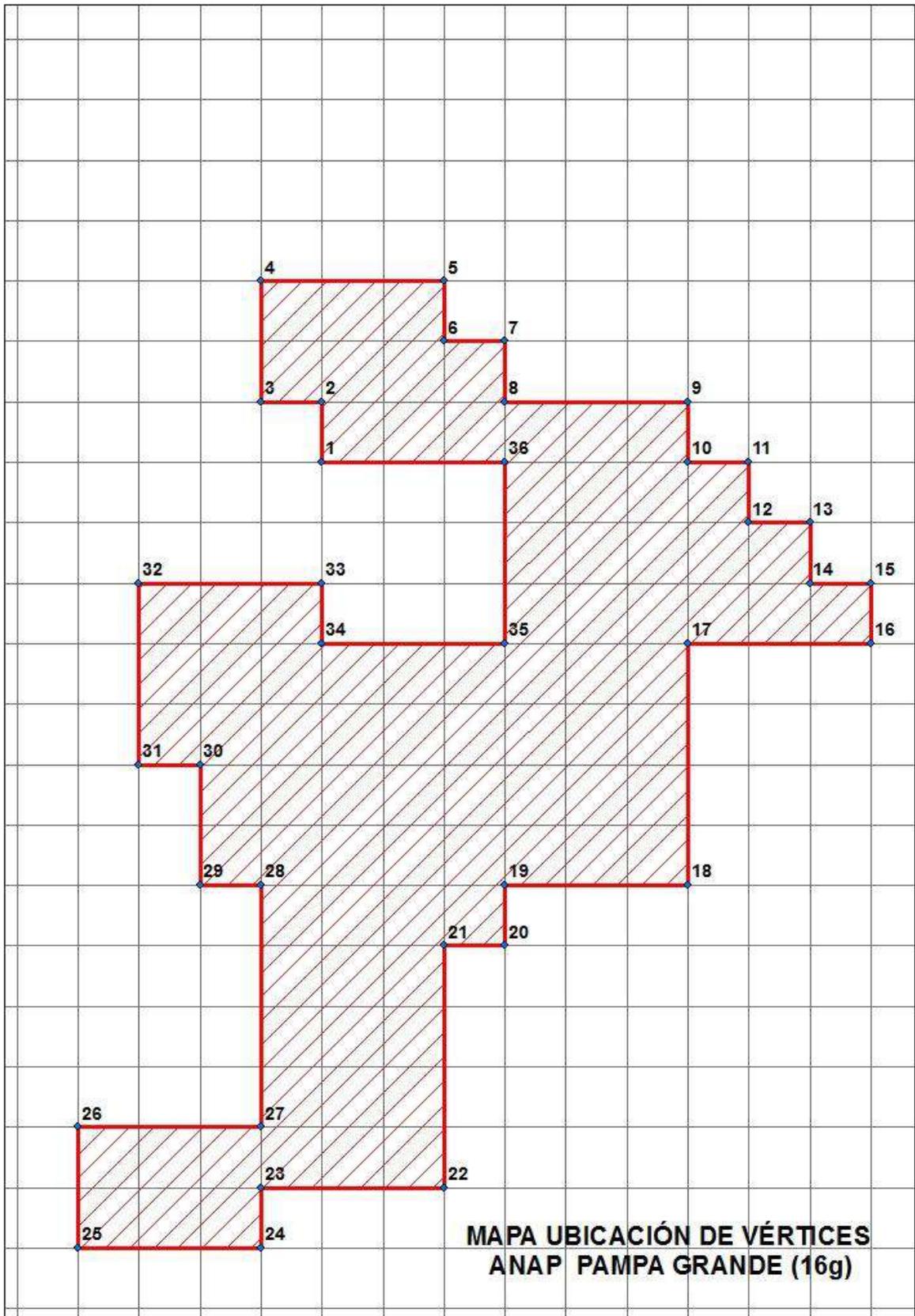


Fig. 1.4 Mapa de vértices ANAP Pampa Grande, PSAD56 – Zona 17

**Tabla 1.2.-** Coordenadas de vértices ANAP Pampa Grande, PSAD56 – Zona 17

<b>Vértices</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>
1	784000	9129000
2	784000	9130000
3	783000	9130000
4	783000	9132000
5	786000	9132000
6	786000	9131000
7	787000	9131000
8	787000	9130000
9	790000	9130000
10	790000	9129000
11	791000	9129000
12	791000	9128000
13	792000	9128000
14	792000	9127000
15	793000	9127000
16	793000	9126000
17	790000	9126000
18	790000	9122000
19	787000	9122000
20	787000	9121000
21	786000	9121000
22	786000	9117000
23	783000	9117000
24	783000	9116000
25	780000	9116000
26	780000	9118000
27	783000	9118000
28	783000	9122000
29	782000	9122000
30	782000	9124000
31	781000	9124000
32	781000	9127000
33	784000	9127000
34	784000	9126000
35	787000	9126000
36	787000	9129000

## 1.7. Trabajos Realizados

Durante la ejecución de los trabajos de prospección en el ANAP Pampa Grande, se han realizado las siguientes actividades:

### 1.7.1. Geoquímica de Sedimentos y Rocas

Fueron colectadas 20 muestras de sedimentos activos en quebradas y/o riachuelos, las cuales se enviaron al laboratorio SGS para ser analizadas por el método de ensayo al fuego de 50g para el Au y digestión por agua regia, además se ha considerado las muestras de sedimentos de la base de datos del INGEMMET. Estos resultados se procesaron y determinaron cuencas anómalas para los elementos Cu, Zn, y Hg; lo cual se detalla en el capítulo V.

Para el caso de roca se recolectaron un total de 313 muestras, distribuidas en 286 muestras (Chips) primarias a las cuales se adiciono 27 controles (10 blancos, 10 estándares y 7 duplicados), los resultados del tratamiento geoestadístico nos permitió identificar sectores interesantes (Barro negro, San Apolonio, Ullapcham y Paraíso) con elementos guías como el Hg, As, Mo, Zn; para el caso de Ullapcham los valores en As van de 100-250ppm y para el Hg 10-25ppm en menor proporción 25-50ppm con valores puntuales mayores a 100ppm.

### 1.7.2. Análisis Espectral

El procesamiento de imágenes ASTER para el ANAP Pampa Grande fue realizado por el laboratorio de Teledetección del INGEMMET, tuvo el objetivo de generar una guía de exploración para la ubicación de nuevas ocurrencias asociadas a modelos genéticos tipo porfídico y epitermales de alta y baja sulfuración. El área de estudio cubrió una extensión aproximada de 8,700 has correspondiente a la escena ASTER nivel AST\_L1B, AST\_L1B\_00308302003153904\_09202003094351 (Fig.1.5).

El procesamiento de imagen incluyó la combinación de bandas simples, cocientes de bandas e índices, para la clasificación de los minerales utilizando las imágenes ASTER, se emplearon como referencia las firmas espectrales obtenidas de las muestras de campo, para esto se eligió muestras que contenían minerales de nuestro interés. (Tabla 1.3)

**Tabla 1.3.-** Minerales identificados en el análisis espectral

Muestra	Minerales identificados
PG14_108	Caolinita-Goethita-Sílice
PG14_111	Sílice-Opalina-Goethita
PG14_193	Caolinita-Halloysita
PG14_175	Sílice-Goethita
PG14_180	Illita

Se realizó las combinaciones de color para las bandas RGB 4, 6, 8 y 3, 2, 1, que permiten identificar visualmente zonas con presencia de arcillas y óxidos respectivamente, teniendo como antecedente procesamientos realizados con anterioridad, se muestra coincidencias entre las zonas obtenidas a partir de las imágenes satelitales con las apreciadas en campo y las muestras extraídas de esta.

Para la clasificación de óxidos y arcillas se realizó un enmascaramiento de las zonas de sombra, vegetación y saturación, utilizando las bandas visibles (VIS) e infrarrojo (SWIR) mediante el método de análisis de componentes principales, se obtuvieron zonas con presencia de óxidos y arcillas.

Para la clasificación de minerales, se realizó el enmascaramiento de las zonas de sombra, vegetación y saturación, luego utilizando las bandas del infrarrojo (SWIR) de las imágenes ASTER, y las firmas espectrales de las muestras como referencia, mediante el método MTMF (Mixture Tuned Matched Filtering) se obtuvo un mapa de clasificación, en el cual se aprecia también correlación entre las zonas clasificadas con las zonas de las cuales fueron obtenidas las muestras de mano.

Los cocientes de bandas permitieron la identificación de óxidos de hierro, arcillas, carbonatos y sílice, mientras que los índices fueron utilizados para determinar la posible presencia de grupos de minerales de alteración (Fig.1.5), entre los que se consideraron los siguientes:

- Mapeo Caolinita: indica la probable presencia de caolinita-illita-esmectita.
- Mapeo Illita: indica la probable presencia de illita-caolinita-esmectita-muscovita.
- Mapeo Sílice: indica la probable presencia de sílice.

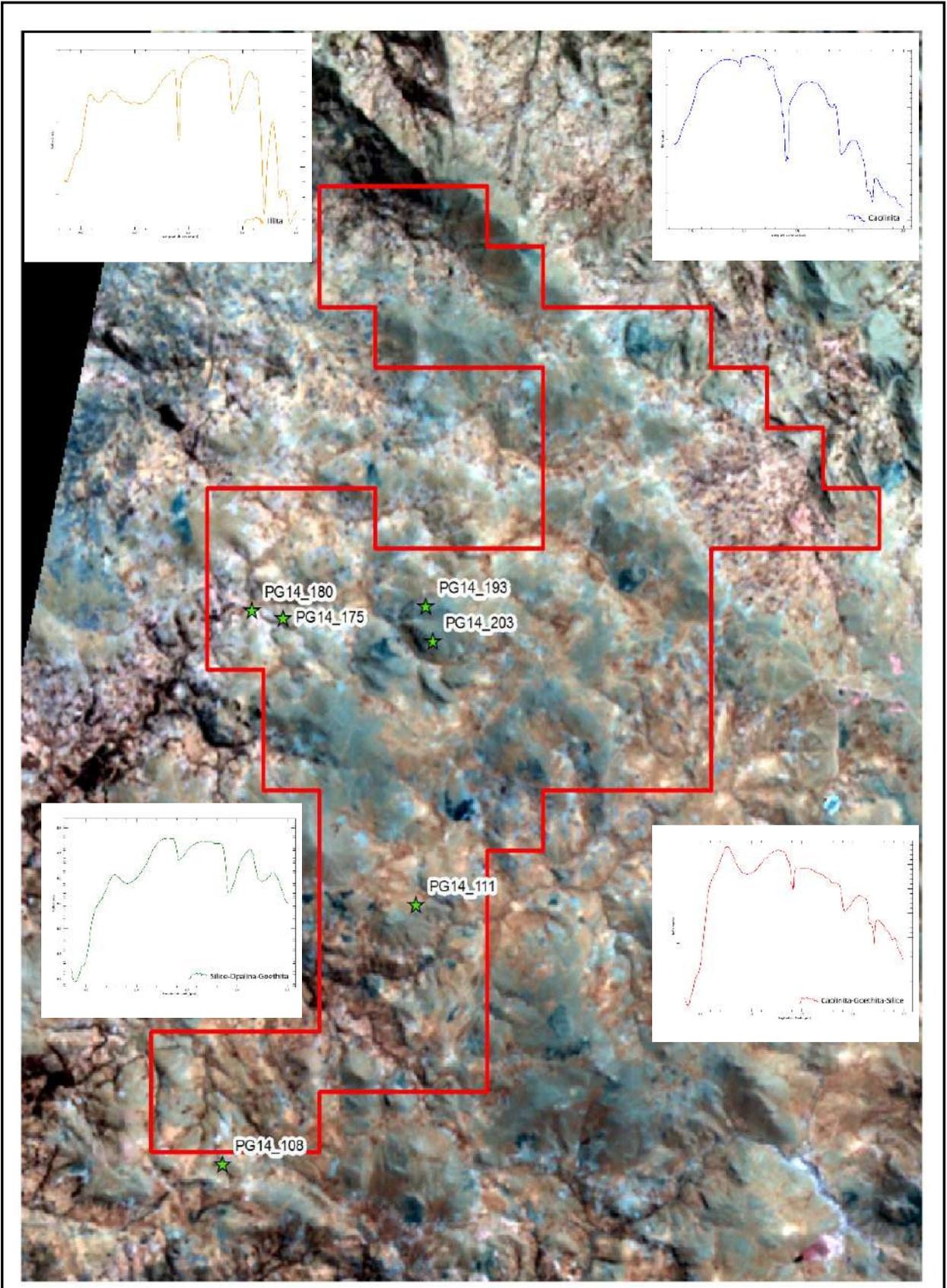


Fig. 1.5 Mapa de firmas espectrales.

### **1.7.3. Cartografiado Geológico**

El cartografiado geológico regional en el ANAP Pampa Grande está al 80%, faltando el cartografiado al detalle del mismo que por impases con la comunidad de Barro Negro no se pudo completar; la base del cartografiado fueron las hojas topográficas 16g a escala 1/25, 000 editadas por el Ministerio de Agricultura; afinada con el procesamiento de la topográfica obtenida a partir de las imágenes satelitales.

Para los efectos de los trabajos de prospección de las 8, 700 hectáreas se fijaron itinerarios previstos en gabinete de tal forma que los datos geológicos obtenidos en el campo fueron vertidos sobre las hojas topográficas e imágenes satelitales.

Como el trabajo de campo se realizó en tres etapas, hubo oportunidad de contar con buenos elementos de juicio para realizar el reconocimiento y determinación de al menos dos blancos con un importante carácter prospectivo: Anomalía Ullapcham y Anomalía San Apolonio.

Como complemento a estos trabajos de prospección se han realizado el estudio petrominerográfico de 24 muestras, además se han realizado el análisis mineralógico por difracción de rayos X y medidas espectrales con espectro radiómetro FIELDSPEC para 34 muestras.

### **1.7.4. Trabajo Social y seguridad**

#### **1.7.4.1. Distrito de Agallpampa**

Durante el 2011 se dio lugar al conflicto socio ambiental entre la empresa minera Trinity Perú S.A.C y las comunidades de Chota, San Pedro, California y Caupar del distrito de Agallpampa, en la que los comuneros detuvieron dos profesionales que realizaban un taller informativo en el centro poblado menor de San Pedro Alto, del distrito de Agallpampa, debido a ello tuvo que intervenir el personal policial de la comisaría de Agallpampa informando que los profesionales que desarrollaban el taller, identificados como Jorge Palacios y Carlos Camacho, fueron obligados a caminar descalzos aproximada de 2 km hasta llegar al centro poblado de Chonta, en donde se les hizo firmar un acta de compromiso de no efectuar labores de prospección en la zona. Posteriormente, fueron liberados y retornan a Agallpampa resguardados por agentes policiales. Según informaciones recogidas en el terreno la empresa carecía de los premisos y acuerdos respectivos de las comunidades; además la población se opone a la actividad minera por temor que contamine las aguas de los ríos Motil y Chota.

En julio del 2013, la empresa Sociedad Minera Trinity Perú SAC pretendió reiniciar sus actividades, a la que las autoridades comunales y dirigentes de las rondas campesinas del distrito de Agallpampa y de la provincia de Otuzco rechazaron nuevamente la presencia de la empresa en su jurisdicción y ratificaron su compromiso de seguir luchando para impedir que la mencionada empresa continúe realizando los trabajos de exploración en el centro poblado Caupar, ya que no cuenta con autorización de la autoridad de la comunidad, tampoco ha realizado la consulta previa a la población y se ha enfrentado abiertamente a los moradores, denunciándolos ante el ministerio público a 20 moradores de Caupar.

Para dar solución a este conflicto asistieron autoridades distritales y el gobernador, juez de paz del distrito, y autoridades comunales, y dirigentes de las rondas campesinas.

La situación actual, del proyecto minero Caupar aún se encuentra paralizado en sus actividades de exploración, los pobladores aducen que es por temor a la contaminación ambiental de sus ríos Chota y Motil. Las comunidades vecinas que se ubican en los alrededores como son Cesar Vallejo, Punas, San Agustín, Tres Ríos, La Morada y Labunday son abiertamente anti mineras no desean que se haga trabajos de prospección dentro de sus localidades en algunos casos nos han amenazado que si nos vuelven a ver por su localidad trabajando procederán a secuestrarnos haciéndonos pasar por la cadena ronderil además de arrebatarlos la camioneta o quemarla. Por su parte las autoridades y pobladores de las comunidades de Paraíso, Independencia, San Apolonio, Pueblo Libre y Ullapcham apoyan la realización de los trabajos de prospección. (Foto 1.1 y 1.2)

#### 1.7.4.2. Distrito de Usquí

El ANAP se ubica al sur de este distrito, en donde se han suscitado una serie de conflictos sociales en contra de las actividades de prospección y exploración minera; los más recientes se dieron lugar en junio del 2006, entre la empresa minera Las Princesas y el Centro Poblado Menor de Barro Negro, comunidad que se encuentra dentro del área que ocupa este ANAP. Los dirigentes de las rondas, tomaron esas acciones, en defensa del agua del grupo de lagunas que se encuentran ubicadas en Barro Negro. Además de este hecho nos informaron que la ronda campesina de esta misma comunidad hace cinco años aproximadamente le hicieron firmar un documento donde se comprometían a no volver nunca más a realizar trabajos de prospección y menos de explotación a la compañía minera Barrick cuando esta empresa realizaba trabajos de prospección y exploración en los alrededores Barro Negro, hace dos años esta misma empresa intento retomar los trabajos de prospección en la zona de las lagunas, siendo detenidos los trabajadores por los campesinos, arrebátándoles una camioneta, la misma que vienen siendo usando en las movilizaciones de las rondas dentro su jurisdicción. Durante el mes de Abril del 2014 la Brigada compuestas por los ingenieros Juan Paullo, Eder Villarreal y Joel Otero de nuestra institución, fueron intervenidos, detenidos y coaccionados por la ronda campesina a firmar un acta para que se retiren del centro poblado, sentando un antecedente más del retiro de los profesionales relacionados a la actividad minera.

La situación social actual en el centro poblado Barro Negro es muy tensa, la población campesina, ronderos son antimineros, aducen ser defensores del medio ambiente, a pesar de haberse hecho campañas de sensibilización social, esta comunidad se mantiene reacia a que se realizasen los trabajos de campo y nos han amenazado con agredirnos físicamente y con el decomiso de la camioneta si regresábamos a intentar hablar con ellos.



Foto 1.1 Reunión con las autoridades y ronda campesina de La Morada-Tres Ríos.



Foto 1.2 Charla con la Comunidad de Pueblo Libre.

#### 1.7.4.3. Recomendaciones

##### Agallpampa

- Los hechos informados en este reporte, demuestran lo difícil que es el tema social en esta zona; por lo que de continuar en el futuro algunos trabajos se **recomienda**:
- La intervención de un profesional de relaciones comunitarias durante el tiempo que sea necesario a fin de que pueda trabajar con las poblaciones asentadas en su fortalecimiento, capacidades, conociendo su territorio y obtención de permisos y autorizaciones de esta manera el ANAP se podría ofertar a los inversionistas con el primer requisito que exige la ley, el permiso social otorgado por las poblaciones asentadas en el área de influencia del ANAP.

Usquil.

- Por el momento no es posible desarrollar los estudios geológicos en este distrito, debido a que en el mes de abril del 2014 el ingreso a dicha zona fue informal, cosa que se debe mejorar con las presentaciones y coordinaciones con autoridades regionales, distrital y comunales, para persuadir a las rondas campesinas se debe replantear la estrategia como por ejemplo realizar estudios geoambientales en los cuales se hará énfasis en la calidad de sus recursos hídricos de las 04 lagunas y microcuencas.

### 1.8. Participantes

Durante el 2014, INGEMMET inicia los trabajos de prospección en el ANAP Pampa Grande en la búsqueda de target de exploración dentro de la zona de estudio; los trabajos de gabinete contaron con la participación de la geóloga **Merly Mendoza** (Fotos 1.3). Por otra parte mencionar al personal de laboratorio del INGEMMET en especial a los ingenieros **Edwin Loaiza, Ana Condorhuaman, Victor Chumbe, Palermo Carrasco, Katherine Gonzales, Juan Casas** y a la Doctora **Carmen Juli Sucapuca**, quienes colaboraron con el desarrollo de la evaluación y prospección de este ANAP .



Foto 1.3 Geólogos del INGEMMET con el personal de apoyo de la comunidad.

## II. CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

### 2.1. Geología Regional

El marco geológico regional lo constituyen rocas sedimentarias del Grupo Goyllarisquizga-Cretácico inferior el mismo que infrayacen en discordancia angular a las rocas volcánicas del Grupo Calipuy de edad Oligomiocénico, divididas en dos unidades: Complejos Volcánicos de Caupar; definido por P. Navarro, M. Rivera & M Monge (2010). Estas rocas reportan una edad Ar/Ar de 24.6 +/-1.1Ma perteneciente al Oligoceno. Le suprayacen en discordancia angular el Complejo Volcánico Payhual, cortadas por domos y diques subvolcánicos andesíticos; estas secuencias volcánicas presentan una alteración sílice-argílica moderada a fuerte, como se observa en las anomalías Ullapcham y San Apolonio.

#### 2.1.1. Unidades Litoestratigráficas.

En el ANAP Pampa Grande están representadas secuencias sedimentarias del mesozoico; pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga del Cretaceo mientras que en el cenozoico se exponen las rocas volcánicas del Grupo Calipuy de edad Paleógeno y Neógeno, estas últimas ampliamente distribuidas en el área que abarca la zona de estudio.

##### 2.1.1.1. Unidades Mesozoicas

Estas unidades litoestratigráficas en el ANAP Pampa Grande, están representadas por las formaciones del Grupo Goyllarisquizga a continuación se detallan todas estas unidades.

##### 2.1.1.1.1. Grupo Goyllarisquizga

En Pampa Grande afloran las rocas del Grupo Goyllarisquizga, definida inicialmente como formación por Mc Laughlin (1925), posteriormente elevada a la categoría de grupo por Wilson (1963). Se distinguen a 03 de sus 04 formaciones y estas son:

##### 2.1.1.1.1.1. Formación Chimú (Ki-ch)

Descrita por Stappenbeck (1929), como cuarcitas Wealdiano, luego Benavides (1956) la nombra como Formación Chimú, señala como localidad tipo los Baños de Chimú, valle del río Chicama. Sus mejores afloramientos en el ANAP se encuentran en Barro Negro Bajo y La Morada –Tres Ríos. Litológicamente está compuesta por areniscas cuarzosas de grano fino, color gris claro a blanquecinas, con tinciones de óxidos que le dan tonalidades marrón rojizas. Infrayace a la Formación Santa, su espesor estimado es 300 m.

##### 2.1.1.1.1.2. Formación Santa (Ki-sa)

Definida por Benavides (1956) en el río Santa en el Callejón de Huaylas. En el ANAP aflora en Barro Negro Bajo, a lo largo del Valle del río Mollebamba en el extremo noreste del ANAP. Se encuentra conformada por calizas y limoarcillitas gris oscuras.

#### 2.1.1.1.1.3. Formación Carhuaz (Ki-ca)

En el valle del río Santa al noroeste de Carhuaz; Benavides (1956) nombró así a una secuencia silicoclásticas, que aflora en el área de estudio está constituida por areniscas intercaladas con limolitas y limoarcillitas de color gris rojizo. El grosor aproximado es de 400 m. Sus mejores afloramientos en la zona de estudio se encuentran en La Morada – Tres Ríos, y Barro Negro Bajo.

Estratigráficamente sobreyacen a la Formación Santa y subyace a la Formación Farrat en concordancia, la presencia de fósiles como *Valanginites brogii*; sugiere una edad del Valanginiano superior.

#### 2.1.1.2. Unidades Cenozoicas

Para el ANAP Pampa Grande, está representado por unidades litológicas volcánicas del Grupo Calipuy.

##### 2.1.1.2.1. Grupo Calipuy

Cossio A. (1964) define con el nombre de Volcánicos Calipuy a una secuencia de rocas volcánicas que afloran en el valle de Chuquicara, entre Choloque y la Hacienda Calipuy; luego es elevada a la categoría de Grupo por Wilson (1975). En el año 2010 Navarro P., Rivera M & Monge R.; dividen a las secuencias volcánicas del Calipuy en segmentos de acuerdo a su ubicación geográfica, esto son: 1) Huancabamba, 2) Cajamarca, 3) Santiago de Chuco y 4) Cordillera Negra; Además ellos logran definir la ocurrencia de cuatro eventos volcánicos entre el Eoceno al Mioceno: Eoceno- Oligoceno inferior (~40-28 Ma), Oligoceno superior (~28-24 Ma), Mioceno inferior (~23-17 Ma), Mioceno medio (~17-10 Ma). En el área que ocupa el ANAP Pampa Grande, Navarro P y su equipo identifica los centros volcánicos de Caupar, Payhual y Quiruvilca; estos serán descriptos más ampliamente en el capítulo de la geología del área en estudio.

##### 2.1.1.2.2. Depósitos Cuaternarios

Los depósitos cuaternarios se encuentran rellenando los valles, depresiones y planicies. Depósitos Fluvioaluviales (Q-fl/al), se encuentran ocupando antiguos valles, quebradas, llanuras y pampas que se encuentran sobre los 4 000 m de altitud y están constituidos por acumulaciones clásticas heterogéneas envueltos en una matriz areno limosa. Depósitos Palustres (Q-p), con este nombre se han denominado a los depósitos que se caracterizan por formar reservorios naturales de agua en las zonas altas, por su composición arenosa, limosa y arcillosa con niveles de materia orgánica. El grosor de estos depósitos varía desde unos cuantos metros a más de 50 m.

## 2.2. Geología Estructural

EL ANAP Pampa Grande se sitúa al sur de la Deflexión de Cajamarca (Navarro, P., 2007). Estructuralmente está controlada por el sistema de fallas inversas Pallasca-Cordillera Blanca (PCB) que se extiende unos 200 km aproximadamente de dirección NO–SE que hacia el norte cambian de dirección a E-O y forma parte de la Deflexión de Cajamarca. Este sistema de fallas delimita al menos dos dominios estructurales el primero al oeste constituido por diferentes centros eruptivos, los cuales estuvieron controlados por fallas que actualmente se exponen a manera de lineamientos que tienen direcciones NO-SE, NE-SO y E-O, las que controlan el emplazamiento de los centros eruptivos, cuerpos subvolcánicos y porque no la ocurrencia de yacimientos minerales. (Fig.2.1) Por su parte al este del corredor estructural se encuentra dominado por las secuencias sedimentarias del Cretáceo con abundantes pliegues con dirección NNO-SSE, que hacia el norte cambian a ESE- ONO. Asociado a este dominio tectónico se encuentran los lineamientos menores como son de norte a sur Dos de Mayo-Barro Negro-Tambo y Otuzco-Quiruvilca-Tres Cruces.

En el ANAP Pampa Grande, a partir del cartografiado geológico e interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas se ha podido determinar que son tres sistemas de lineamientos estructurales; se disponen en forma paralela de norte a sur y estos sistemas corresponden a:

(1) N 310° Lineamiento Dos de Mayo-Barro Negro-Tambo.

(2) N 300°-310° Lineamiento Payhual –San Apolonio.

(3) N 300°-305° Lineamiento Otuzco-Quiruvilca-Tres Cruces

A lo largo de estos lineamientos se encuentran los dos prospectos San Apolonio yUllapcham, también se tiene una serie de cuerpos subvolcánicos que han afectado a las rocas del complejo volcánico Caupar–Payhual; lo que nos hace pensar que estos estuvieron controlados por algunas fallas que en la actualidad se exponen en superficie a manera de lineamientos.

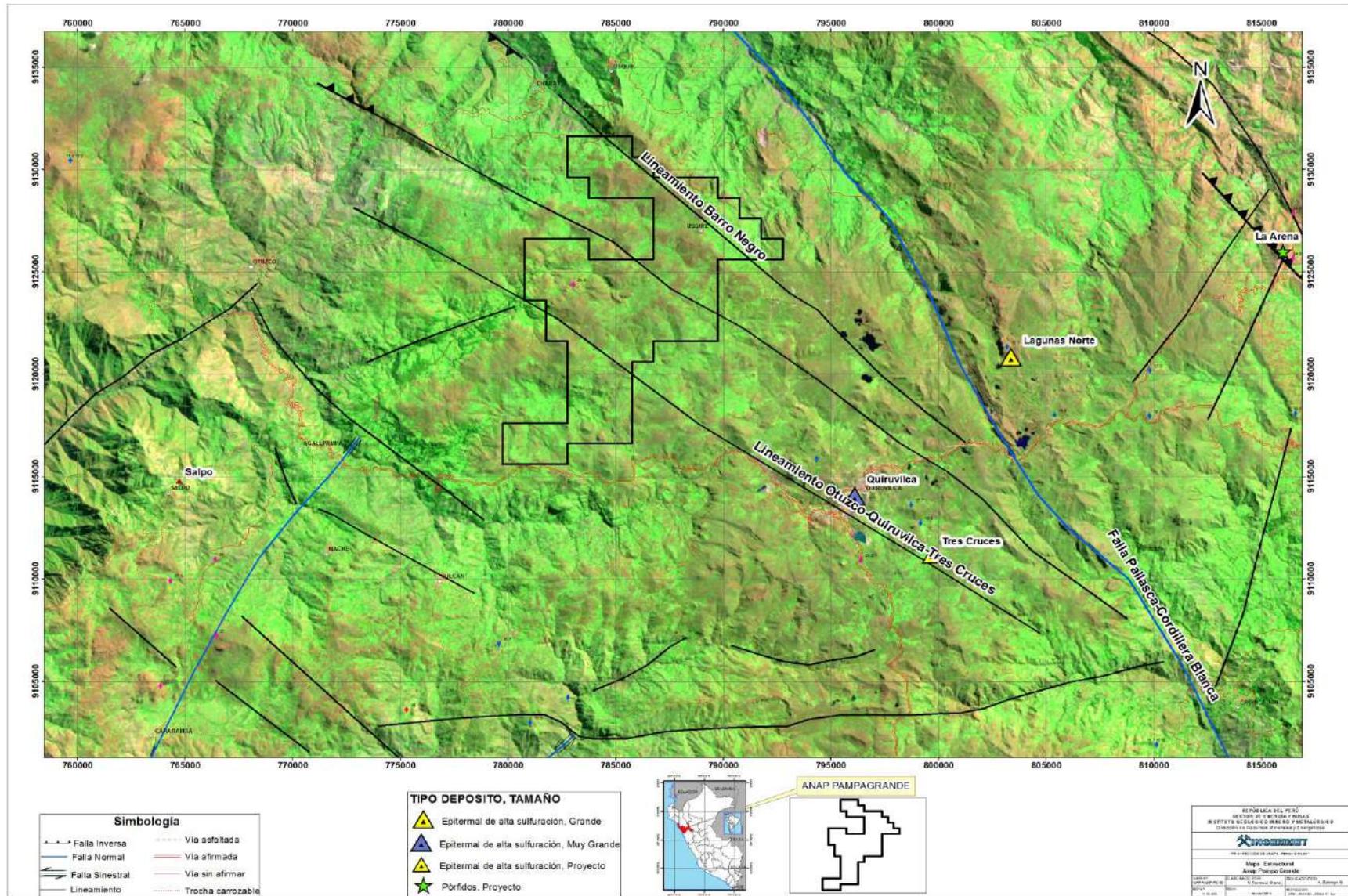


Fig. 2.1 Lineamientos Regionales ANAP Pampa Grande

### 2.3. Aspectos Metalogénicos Regionales

El ANAP Pampa Grande se ubica dentro de la franja metalogénica XXI en donde la múltiples ocurrencias mineras como son la mina Lagunas Norte, Alto Chicama (Barrick Gold Corporation); la mina Comarsa (Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A.); la mina La Virgen (Compañía Minera San Simón S.A.); el proyecto de oro y plata Shahuindo (Sulliden Exploration Inc.); el proyecto aurífero Tres Cruces (New Oroperu Resources Inc.), La Arena (Río Alto Mining Limited) y la Mina Quiruvilca. (Fig. 2.2).

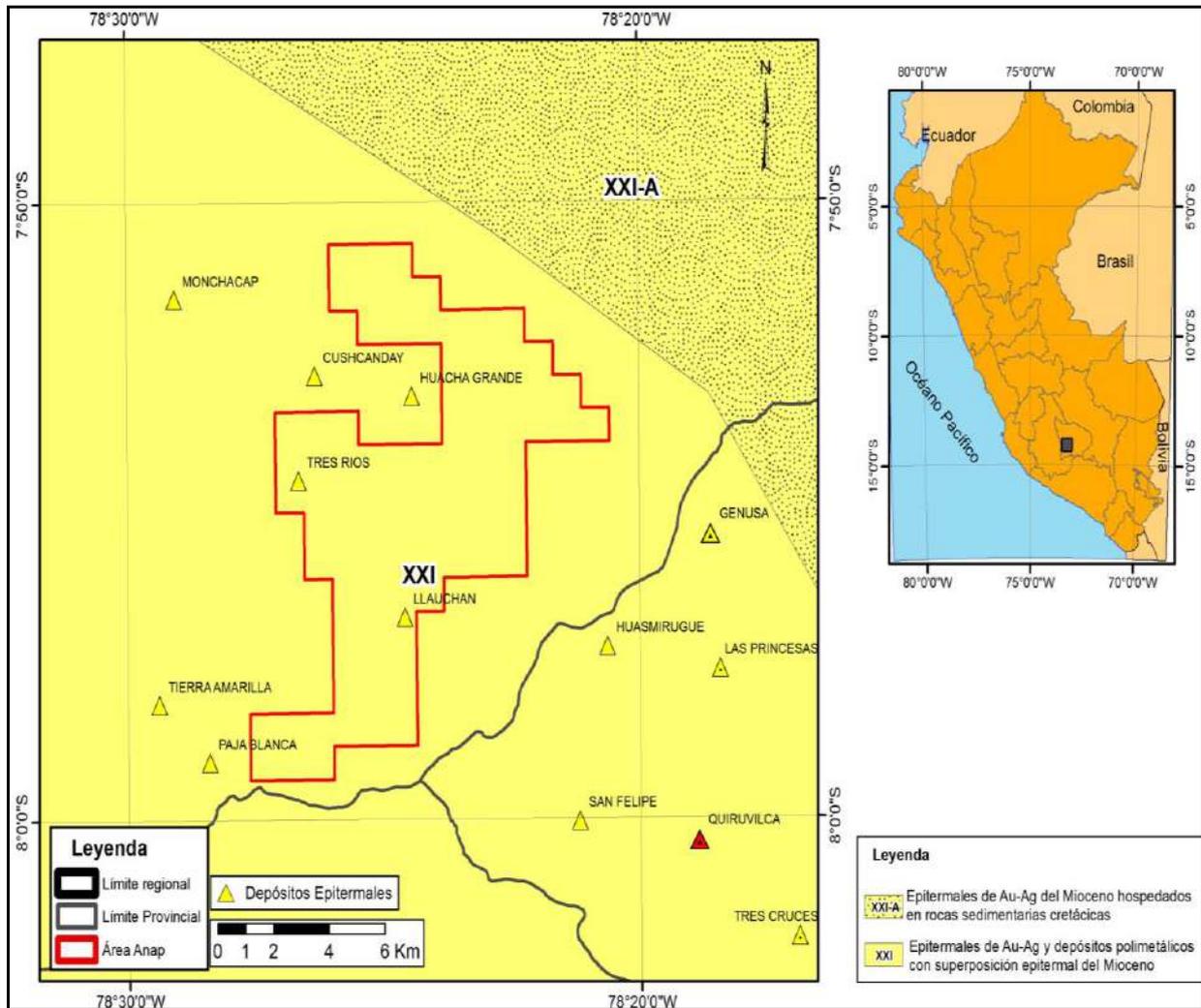


Fig. 2.2 Franja Metalogénica XXI presente en el ANAP Pampa Grande.

### III. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

En la zona de estudio se han reconocido alteraciones hidrotermales que van desde una silicificación masiva a propilítica, que afecta a rocas volcánicas del Grupo Calipuy.

La mineralización en general para el ANAP, estaría asociada a cuerpos del tipo pórfidos no aflorantes o distales que solo han generado en superficie cuerpos de sílice mantiforme como el caso del lithocap en Ullapcham y en otros ha producido estructuras de escape de venillas irregulares tipo network y brechas hidrotermales como se observan en el sector San Apolonio. (MAF-PG-14-02 Anexo I).

### IV. PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

Los Trabajos de Prospección geoquímica estuvieron básicamente orientados a la toma de muestras de rocas y sedimentos, Durante el año 2014 y 2015 los profesionales del INGEMMET, recolectaron 331 muestras, distribuidas de la siguiente manera: 24 muestras de sedimentos de quebrada, 277 muestras de rocas y 30 muestras de suelo; estas fueron preparadas y analizadas en el laboratorio SGS del Perú, empleando análisis de ensayo al fuego de 50g para el Au y digestión por agua regia para los demás elementos.

**Tabla 4.1.-** Límites de detección máximos y mínimos de análisis geoquímicos.

Elemento	Lím. Det. Mínima	Lím. Det. Máxima
Au	5ppb	5ppm
Ag	0.5ppm	0.1%
Al	0.01%	15%
As	5ppm	10%
Ba	5ppm	1%
Bi	0.02ppm	1%
Ca	0.01%	15%
Cd	0.01ppm	1%
Co	0.1ppm	1%
Cr	1ppm	1%
Cu	0.5ppm	1%
Fe	0.01%	15%
Hg	0.01ppm	1%
K	0.01%	15%
La	0.1ppm	1%
Li	1ppm	5%
Mg	0.01%	15%

Elemento	Lím. Det. Mínima	Lím. Det. Máxima
Mn	5ppm	1%
Mo	0.05ppm	1%
Na	0.01%	15%
Ni	0.5ppm	1%
P	50ppm	1%
Pb	0.2ppm	1%
Sb	0.05ppm	1%
Rb	0.2ppm	1%
Sr	0.5ppm	1%
Ti	0.01%	15%
Tl	0.02ppm	1%
V	1ppm	1%
W	0.1ppm	1%
Y	0.05ppm	1%
Zn	1ppm	1%
Zr	0.5ppm	1%

Los límites de detección para cada elemento se muestran en la tabla 4.1; las características de estas junto con los resultados analíticos se presentan en el Anexo II (Tabla T3). Para esto las muestras obtenidas se han dividido en dos grupos 1) Muestras de Sedimento de Corriente y 2) Muestras de Rocas y suelo; a cada grupo se les ha hecho su propio procesamiento geoestadístico.

#### **4.1. Métodos de Muestreo y Enfoque**

En el ANAP Pampa Grande se obtuvieron 277 muestras de roca y 30 de suelo en cinco campañas de campo: 1.- meses de abril-mayo, 2.- agosto, 3.- setiembre-octubre, 4.- 15 abril al 4 mayo y 15 al 26 de mayo, empleándose el método de muestreo aleatorio simple y aleatorio sistemático según el caso. Esto nos permitió identificar toda la litología y estructuras del área de estudio, el tipo de muestreo empleado fueron rock chip y canales para estructuras mineralizadas. Las muestras extraídas son de calidad y representativas del área de estudio; por lo que no se identificó ninguna fuente de contaminación en campo.

##### **4.1.1. Preparación y control de muestras en el ANAP Pampa Grande**

Las muestras recolectadas en el ANAP Pampa Grande cumplen con un riguroso control de calidad (QA/QC) desde la extracción hasta él envió a los laboratorios para su respectivo análisis geoquímico, los cuales se detallan:

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

##### **4.1.2. 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.)

##### **4.1.3. Recepción de muestras**

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

##### **4.1.4. Verificación de datos**

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

1. Cada integrante de brigada entregó sus tarjetas de campo debidamente ordenadas y con los datos validados.
2. Una vez entregadas todas las tarjetas de campo a un encargado se procedió a guardarlas en un fichero, para luego ingresarlas a la base de datos Excel del ANAP Pampa Grande.

- Realizada la verificación de la información cada integrante ingresará las descripciones de las tarjetas de campo a la base de datos Geocientífica de INGEMMET.

## 4.2. Prospección Geoquímica de Sedimentos de Quebrada

Durante el mes de octubre de 2014 se realizó un muestreo de sedimentos activos en quebradas de primer y segundo orden en el ANAP Pampa Grande y sus alrededores, cubriendo la parte sur del área total del ANAP; conjuntamente a un muestreo de esquirlas de roca referenciales (MAF-PG-14-03 Anexo I) en áreas donde se ubicó indicios de mineralización. Las características de estas muestras y sus resultados analíticos se presentan en el anexo II.

### 4.2.1. Recolección de Muestras

Se recolectaron 20 muestras de sedimentos de quebradas siendo tamizadas en campo con tamices 30, las muestras fueron colocadas en bolsas microporosas debidamente codificadas y selladas el peso mínimo de cada muestra ha sido 4kg.

La ubicación de muestras se presenta en el mapa (MAF-PG-14-03 Anexo I), la descripción y resultados analíticos de cada muestra de sedimentos referenciales se resumen en el anexo II (Tabla T2 y T3)

### 4.2.2. Aseguramiento y Control de Calidad

Adicional a las 20 muestras de sedimentos de quebradas (Tabla T1 anexo II), recolectadas en el campo, se incluyeron 4 muestras de control (2 blancos finos, 1 estándares y 1 duplicados) como parte del programa de Aseguramiento y Control de Calidad (QA/QC) usado en Pampa Grande (Tabla 4.2). Los resultados certificados de los estándares empleados se presentan como anexo II.

Tabla 4.2.- Distribución de muestras de esquirlas de roca

N° Reporte Analítico	Total muestras	Muestras roca	Muestras Control	Tipo Control	Detalle	N°
GQ 1404341	24	20	04	Blancos	Arena silícea (~0.5mm)	1
					Blanco grueso cuarzo (1cm)	1
				Estándares	SRM Au alto G913-9	1
				Duplicados	Campo	1
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>04</b>			<b>4</b>

Con el material de blancos finos se monitoreó la contaminación en la etapa de pulverizado; los resultados analíticos obtenidos están cerca o son valores correspondientes a los límites de detección inferior para los elementos empleados en la interpretación geoquímica (As, Au, Ca, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Na, Pb, Ni, Sb, Sn y Zn). En el caso del Cu en la arena silíceo tiene como promedio 23 ppm Cu, propia del material (Tabla 4.3). Se concluye que no se tiene contaminación significativa en las etapas de preparación de las muestras de sedimentos de quebradas para los elementos empleados en la interpretación geoquímica.

**Tabla 4.3.-** Resultados analíticos para muestras de control blanco fino

Orden	Código Muestras	Tipo muestra de control	Au ppb	Ag ppm	Cd ppm	Cu ppm	Fe %	Mo ppm	Pb ppm	Sb ppm
1	SPG-14_01	BLK fino 0.5mm	5	0.14	0.08	23.6	0.69	3.59	3.7	0.82
2	SPG-14_27	BLK fino 0.5mm	5	0.01	0.07	22.9	0.81	5.33	3.2	0.84



**Fig. 4.1** Análisis de control de Cu en blanco fino

#### 4.2.3. Análisis de control de calidad para el elemento Au

El análisis y estudio respecto a la exactitud analítica del laboratorio SGS, en base a los estándares empleados, nos permite concluir que los niveles de exactitud analítica del laboratorio SGS para el informe analítico GQ1404340 son aceptables para el Au; tal como lo muestra la fig. 4.2

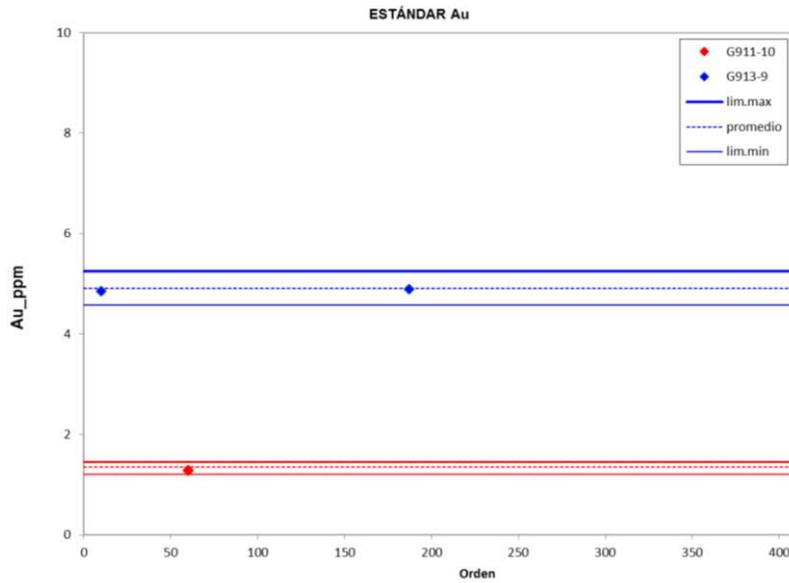


Fig. 4.2 Análisis de control para el elemento Au.

#### 4.2.4. Análisis de control de duplicados

En la Fig.4.3 se representa gráficamente los valores de Au, Cu, Pb y Zn. Los resultados obtenidos de las muestras duplicadas permiten concluir que la representatividad del muestreo es aceptable para las muestras recolectadas (Duplicados de campo).

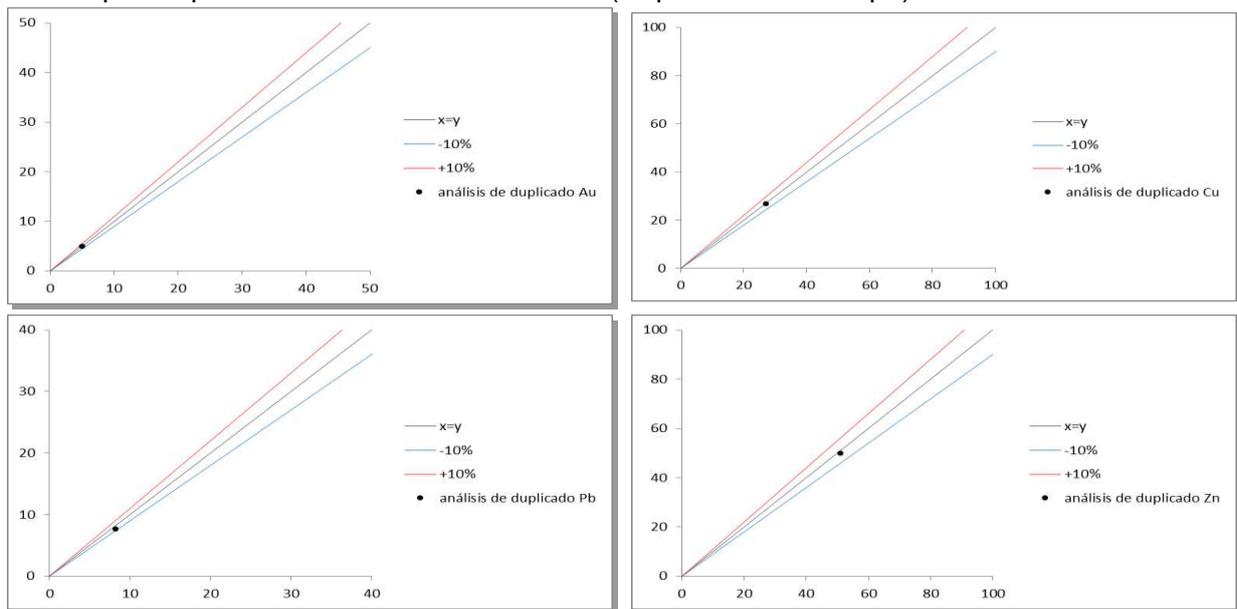


Fig. 4.3 Análisis de control de duplicados para los elementos Au, Cu, Pb y Zn.

### 4.3. Prospección Geoquímica de Rocas y Suelos

Durante los trabajos de evaluación geológica del ANAP Pampa Grande se han recolectado un total de 277 muestras de rocas y 30 de suelo. La descripción de las características de las muestras de rocas y suelo junto a los resultados analíticos y reportes de laboratorio se presenta en el anexo II (Tabla T2 y T3).

### 4.3.1. Aseguramiento y Control de Calidad

Adicional a las 277 muestras de rocas y 30 de suelo recolectadas en el ANAP Pampa Grande, se incluyeron 30 muestras de control analítico consistentes en 11 blancos, 10 estándares y 9 duplicados. El detalle de éstos se muestra en la tabla 4.4 y una copia de los certificados de los estándares en el anexo II.

Los resultados analíticos de los blancos de control insertados en las muestras de rocas son para el total de casos del orden del límite inferior para cada elemento analizado, o cercanos a éstos concluyendo que no se tienen niveles de contaminación tanto en la etapa de chancado (blancos gruesos) como en la etapa de pulverización, tal como puede apreciarse en la Tabla 4.6

Los estándares certificados empleados en el ANAP Pampa Grande proceden de los laboratorios GEOSTATS PTY LTD., de Australia (Anexo II). Los límites mínimos y máximos de tolerancia para los estándares han sido calculados considerando el promedio certificado  $\pm 2$  desviaciones (Tabla 4.5).

**Tabla 4.4.-** Distribución de muestras de esquirlas de roca

N° Reporte Analítico	Total muestras	Muestras roca	Muestras Control	Tipo Control	Detalle	N°	Total
GQ 1404340	337	307	30	Blancos	Arena silícea (~0.5mm)	6	11
					Blanco grueso cuarzo (1cm)	5	
				Estándares	*SRM Cu alto GBM 311-6	1	5
					SRM Cu medio GBM 309-10	1	
					SRM Cu bajo GBM313-4	2	
					SRM Cu muy bajo GBM906-6	1	
					SRM Au alto G913-9	1	5
					SRM Au medio G911-10	2	
					SRM Au bajo G313-3	1	
					SRM Au bajo GLG907-5	1	
				Duplicados	Campo	9	9
Pulpa	0						
<b>Total</b>	<b>337</b>	<b>307</b>	<b>30</b>			<b>30</b>	<b>30</b>

\*SMR (Standard Reference Material)

**Tabla 4.5.-** Valores de estándares de los certificados del laboratorio Geostats PTY LTD

Código Estándar	Elemento	Promedio	Desviación Estándar	Límite Mínimo	Límite Máximo
GBM313-4	As (ppm)	385	13	359	411
GBM313-4	Cu (ppm)	342	9	324	360
GBM313-4	Pb (ppm)	110	8	94	126
GBM313-4	Zn (ppm)	337	18	301	373
GBM313-4	Ag (ppm)	2.7	0.2	2.3	3.1
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
G913-4	Au (ppm)	1370	80	1290	1450

#### 4.3.2. Análisis de control de calidad para blancos gruesos y finos

En total, se procesaron 11 muestras de blanco gruesos y finos, que representa una tasa de inserción de 2.58% 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.

**Tabla 4.6.-** Resultados Analíticos Blancos de Control en muestras de rocas

Orden	Código	Tipo muestra	Au	Ag	Cd	Cu	Fe	Mo	Pb	Sb
	Muestras	de control	ppb	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm
1	PG14_030	Blanco fino 0.5mm	4	0.03	0.06	28.3	1.01	6.94	3.7	1.56
2	PG14_050	Blanco grueso 1cm	5	0.09	0.04	19.4	0.63	2.07	2.3	0.88
3	PG14_117A	Blanco fino 0.5mm	1	0.02	0.07	21.3	0.87	5.07	3.1	0.72
4	PG14_125	Blanco grueso 1cm	4	0.01	0.08	22.1	1.02	6.49	3.1	0.79
5	PG14_151	Blanco fino 0.5mm	2	0.03	0.09	21.8	0.72	4.47	3.5	0.77
6	PG14_201	Blanco grueso 1cm	3	0.04	0.1	23.5	1.08	4.95	3.7	0.76
7	PG14_219	Blanco fino 0.5mm	2	0.03	0.09	22.9	0.93	5.9	3.2	0.73
8	PG14_237	Blanco fino 0.5mm	<5	<0.01	<0.01	11.8	0.71	9.31	<0.2	0.38
9	PG14_270	Blanco fino 0.5mm	<5	<0.01	<0.01	9.8	0.61	7.14	0.3	0.3
10	PG14_289	Blanco fino 0.5mm	<5	0.02	<0.01	8.9	0.72	10.22	<0.2	0.31
11	PG14_336	Blanco grueso 1cm	6	0.02	0.08	20	1.53	0.44	8.6	0.06

#### Análisis de control de Cu en blancos gruesos y finos

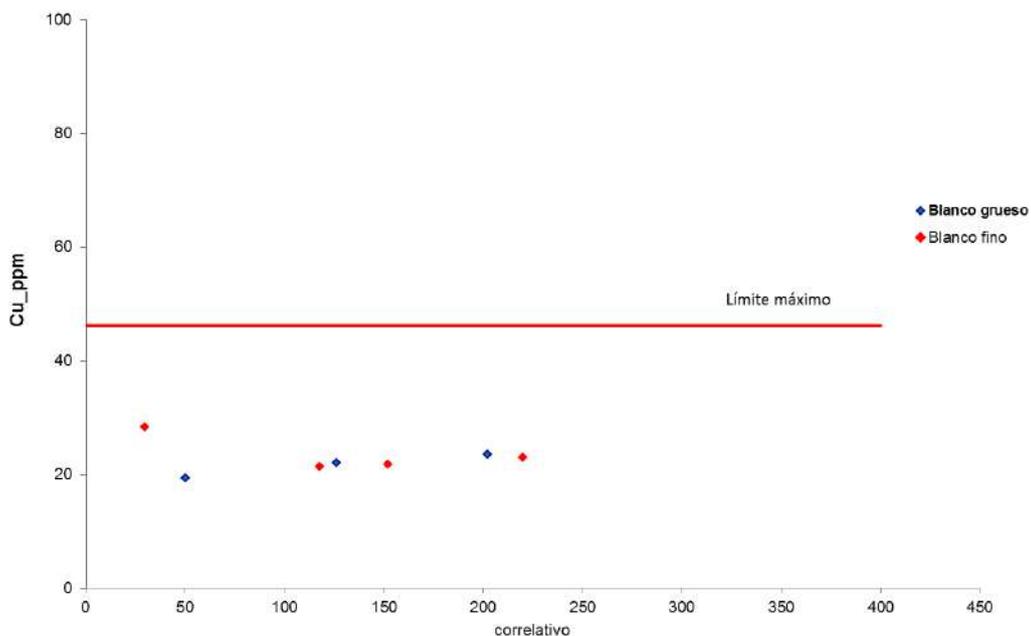


Fig. 4.4 Control de calidad del elemento Cu en blanco grueso y fino.

#### 4.3.3. Análisis de control de calidad para los elementos Au, Ag, Cu, Pb y Zn.

Las Figuras 4.5 a la 4.11 muestran los resultados analíticos para los elementos Au, Ag, Cu, Pb y Zn; estos resultados se encuentran entre los límites de detección certificados para cada elemento, Se concluye que los niveles de exactitud analítica para el Au, Ag, Cu, Pb y Zn son aceptables,, siendo confiables los resultados remitidos por el laboratorios SGS DEL PERÚ SAC para estos elementos.

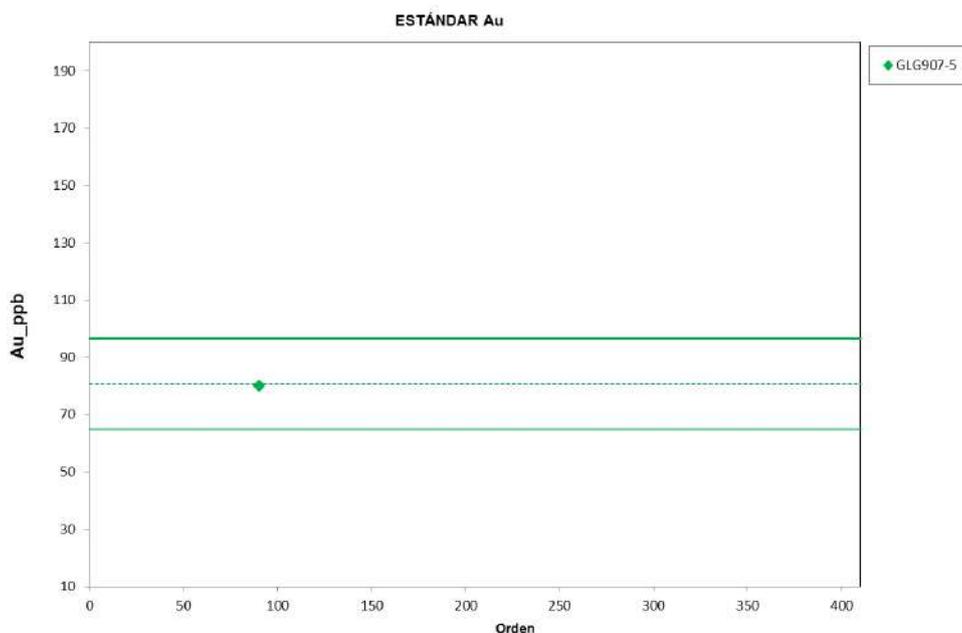


Fig. 4.5 Au (ppb) – Estándares

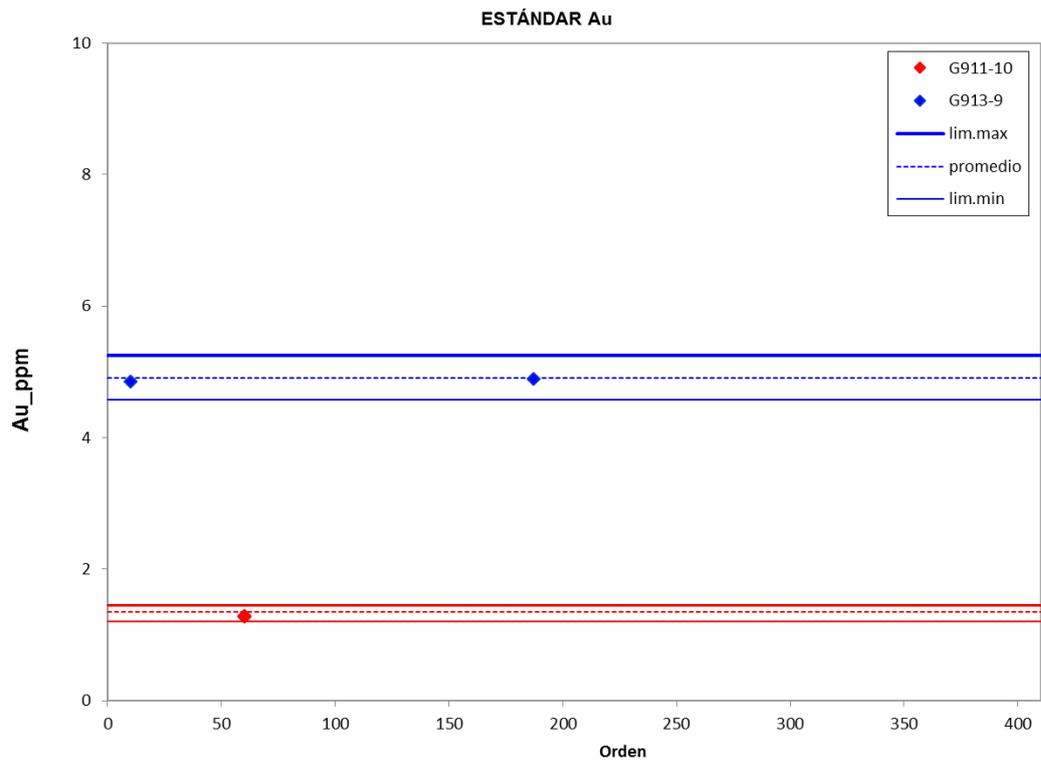


Fig. 4.6 Au (ppm) – Estándares

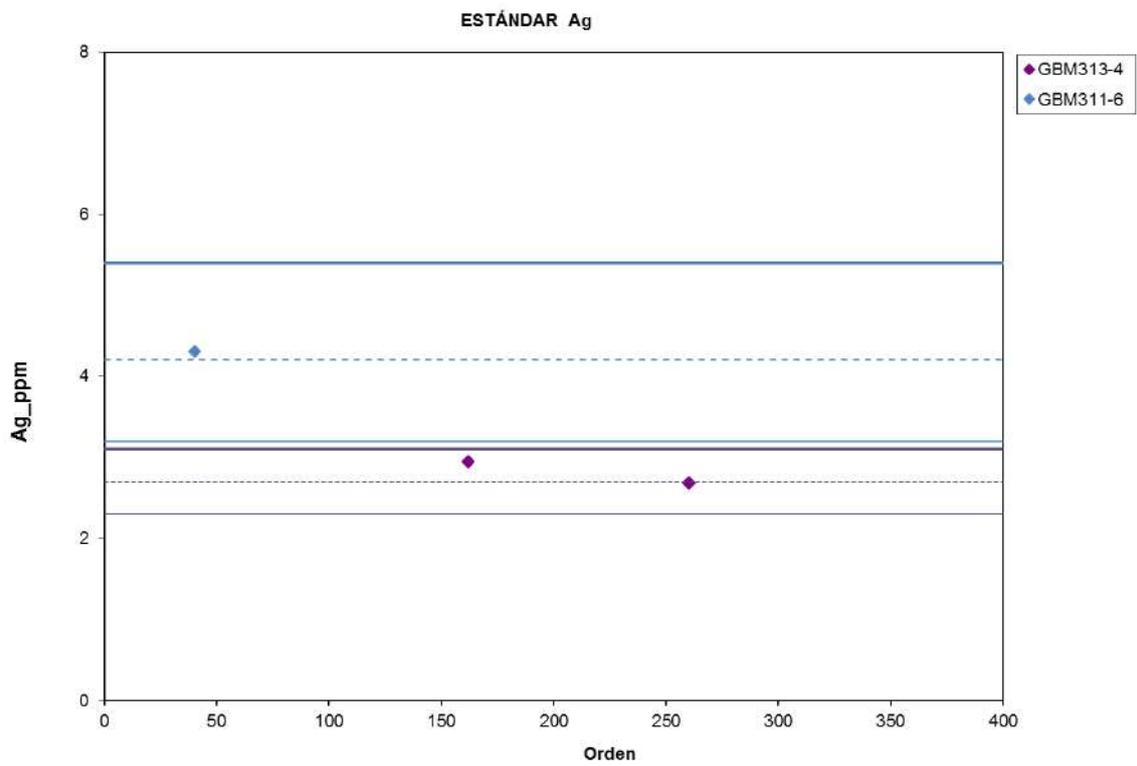
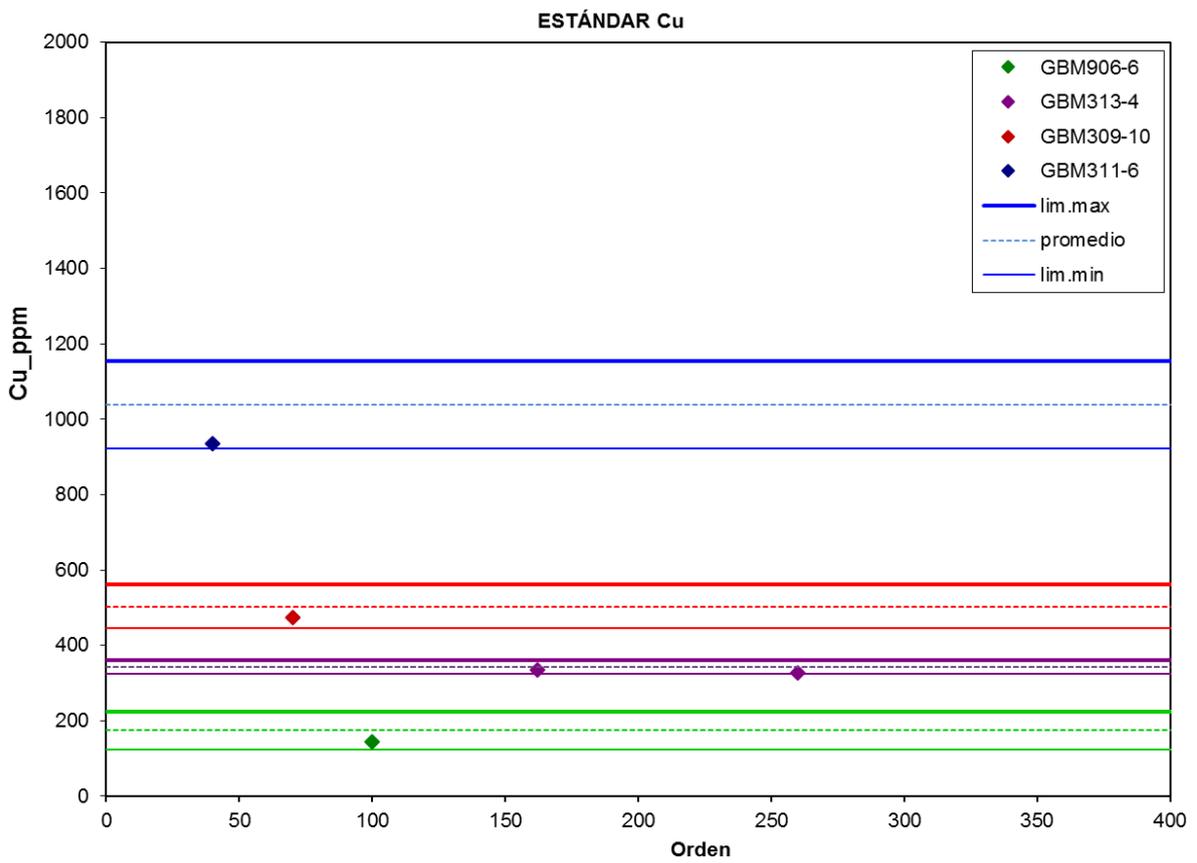
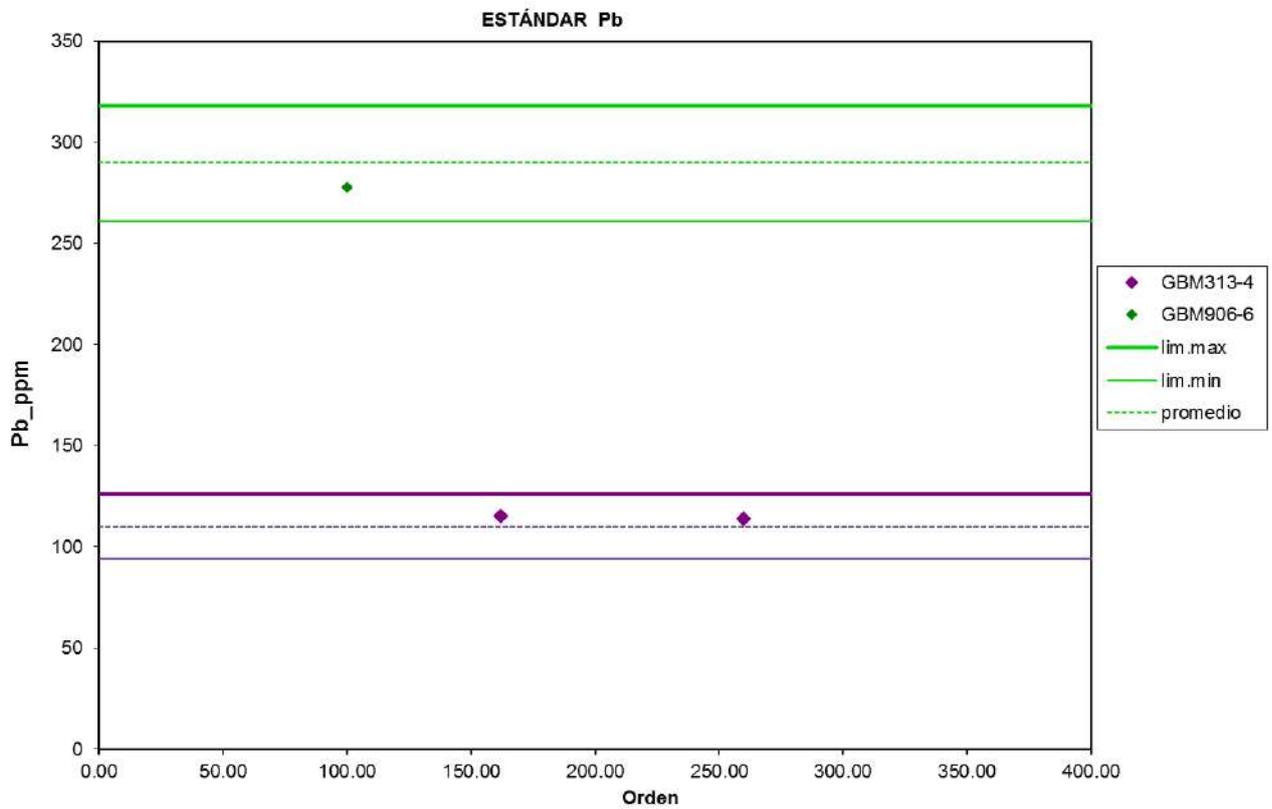


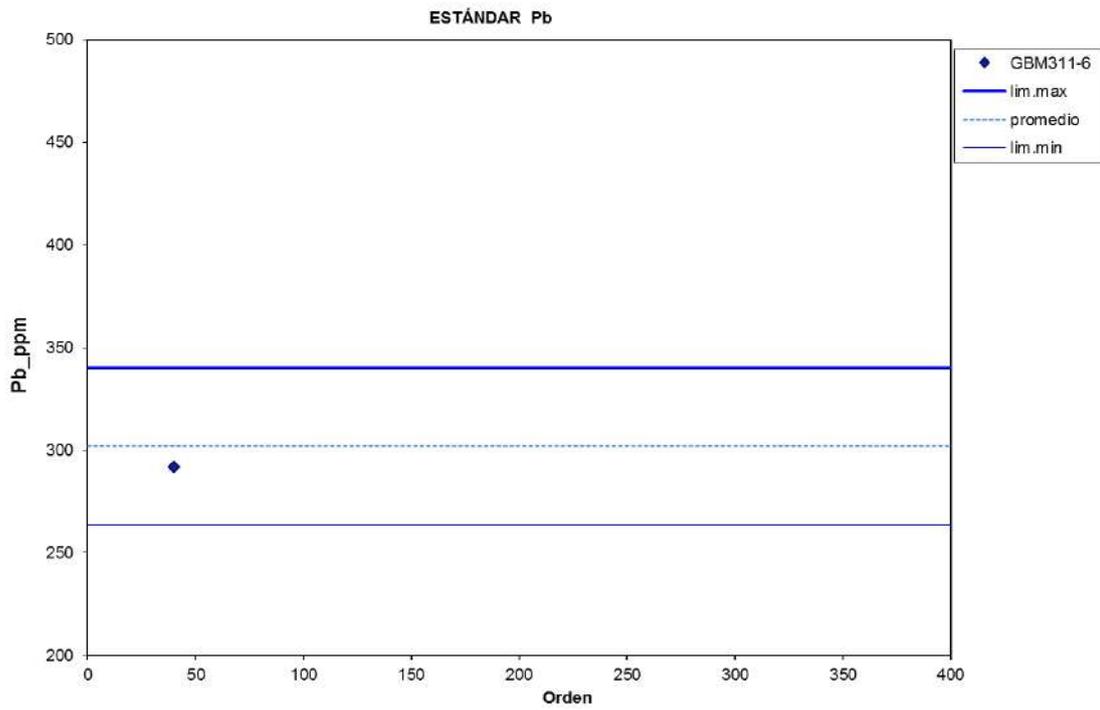
Fig. 4.7 Ag (ppm) – Estándares



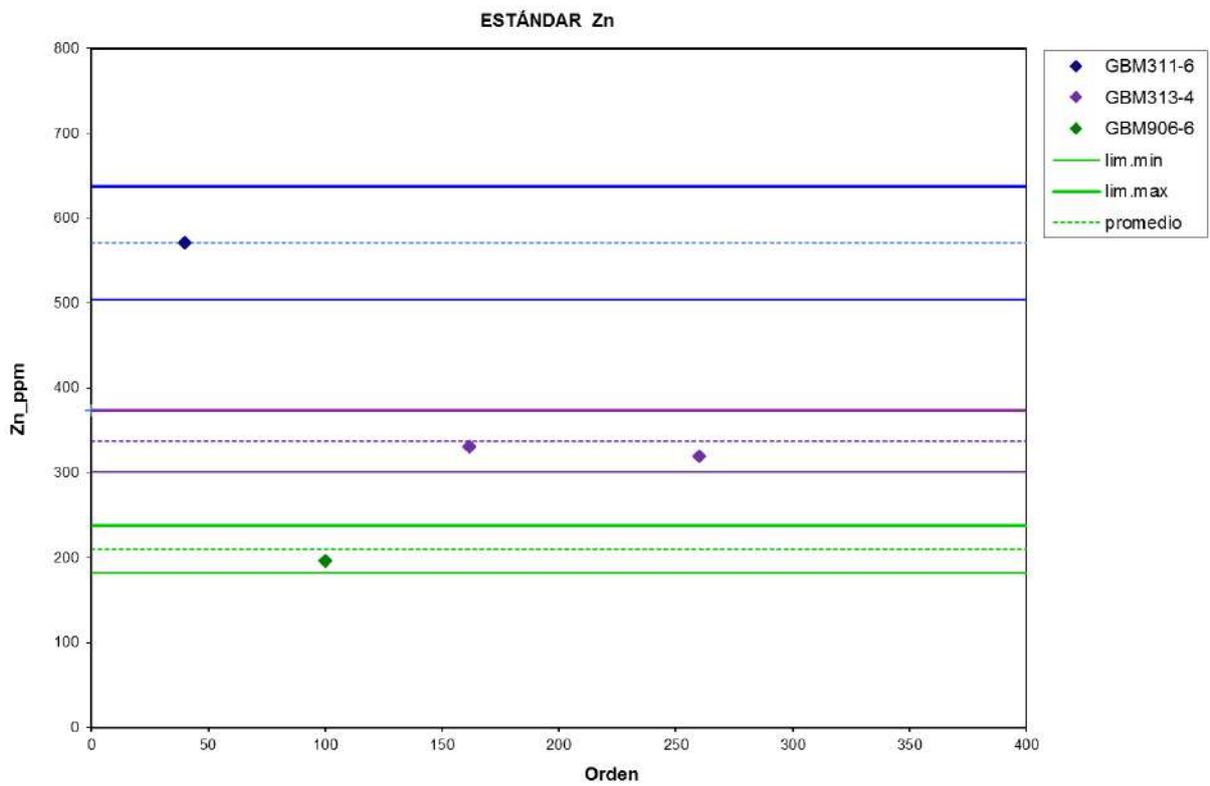
**Fig. 4.8** Cu (ppm) – Estándares



**Fig. 4.9** Pb (ppm) – Estándares



**Fig. 4.10 Pb (ppm) – Estándares**



**Fig. 4.11 Zn (ppm) – Estándares**

#### 4.3.4. Análisis de control de duplicados

La evaluación de las muestras duplicadas (campo y pulpa) tiene niveles de “Diferencia relativa porcentual” aceptables al 100% para el análisis del Au y 90-80% para la Ag, Cu, Cd, Mn, Mo entre otros.

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

Dónde:

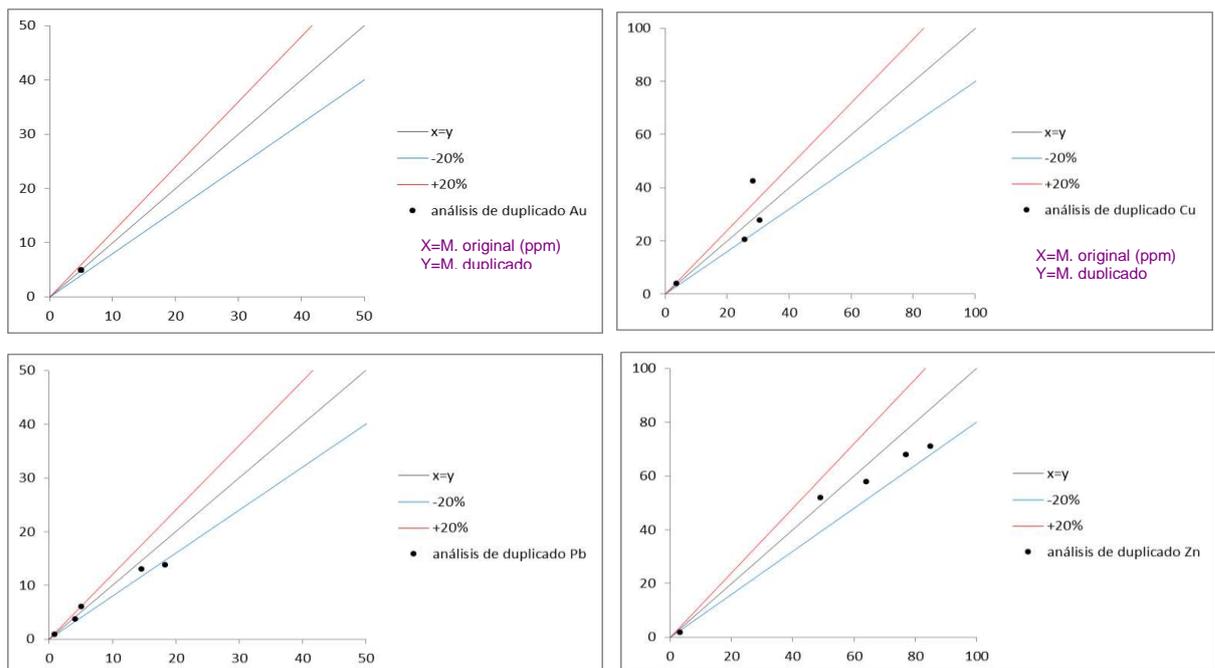
$\bar{X}$  = (Valor original + Valor duplicado)/2

$x_1$  = Valor original

**Tabla 4.7** Resultados analíticos de las muestras originales y duplicados.

Nº	Muestras	QAQC	Au_ppb	RPD Au	Ag_ppm	RPD Ag	Cd_ppm	RPD Cd	Cu_ppm	RPD Cu	Mn_ppm	RPD Mn	Mo_ppm	RPD Mo	Pb_ppm	RPD Pb	Sb_ppm	RPD Sb	Zn_ppm	RPD Zn
1	PG14_019	Original	5	0	0.09	10	0.17	5.56	12.7	8.96	2161	-1.03	0.28	18.84	2161	-1.03	0.46	6.12	49	2.97
1	PG14_020	DUP Campo	5		0.11		0.19		15.2		2117		0.41		2117		0.52		52	
2	PG14_079	Original	5	0	0.01	0	0.01	0	3.7	5.13	96	8.57	18.62	-17.22	0.8	11.11	0.09	21.74	3	-20
2	PG14_080	DUP Campo	5		0.01		0.01		4.1		114		13.15		1		0.14		2	
3	PG14_133	Original	5	0	0.05	-25	0.24	-37.14	25.6	-11.06	928	-8.10	0.68	-1.49	4.1	-3.80	0.16	-18.52	85	-8.97
3	PG14_134	DUP Campo	5		0.03		0.11		20.5		789		0.66		3.8		0.11		71	
4	PG14_172	Original	5	0	0.03	-20	0.05	-25	30.5	-4.63	959	-15.68	1.17	-12.5	18.3	-14.02	0.65	-12.07	64	-4.92
4	PG14_173	DUP Campo	5		0.02		0.03		27.8		699		0.91		13.8		0.51		58	
5	PG14_222	Original	5	0	0.04	11.11	0.08	5.88	28.2	-26.17	868	-19.39	0.86	-50.88	5.1	8.93	0.36	11.11	77	-6.21
5	PG14_225	DUP Campo	5		0.05		0.09		16.5		586		0.28		6.1		0.45		68	
6	PG14_248	Original	5.84	7.01	0.01	0.00	0.16	15.79	28.5	1.55	1987	14.92	3.84	14.76	18	18.74	0.12	11.11	56	2.61
6	PG14_247	DUP Campo	6.72		0.01		0.22		29.4		2684		5.17		26.3		0.15		59	
7	PG14_302	Original	2.92	0.68	0.04	0.00	0.2	2.44	16.5	11.53	0.22	2.22	1.03	10.43	2.8	1.75	0.22	8.33	96	-1.05
7	PG14_301	DUP Campo	2.96		0.04		0.21		20.8		0.23		1.27		2.9		0.26		94	
8	PG14_326	Original	5	0.00	0.08	0.00	0.18	-5.88	17.6	-0.28	660	-3.21	2.68	-2.49	4.6	-26.03	0.37	-2.78	80	-3.23
8	PG14_325	DUP Campo	5		0.08		0.16		17.5		619		2.55		2.7		0.35		75	

En la Fig.4.12 se representa gráficamente los valores de Au, Cu, Pb y Zn. Los resultados obtenidos de las muestras duplicadas permiten concluir que la representatividad del muestreo es aceptable para las muestras recolectadas (Duplicados de campo).



**Fig. 4.12** Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de campo para el Cu.

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

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

#### 4.4. Procesamiento Geoquímico de Sedimentos de Corrientes

Geoquímica de Sedimentos para el caso de las muestras de sedimentos de corriente, se ha considerado una sola población ya que se tratan de 37 muestras que corresponden a poblaciones muy pequeñas, no tratables estadísticamente; además la gran mayoría de las muestras pertenecen al mismo ambiente geológico flujos piroclásticos y tiene como unidad litoestratigráficas al Grupo Calipuy (Complejos Volcánicos Caupar – Payhual 32 muestras y 05 muestras centro volcánico Quiruvilca); por todo ello se les agrupado en una sola población (Tabla 4.8)

**Tabla 4.8** Población estadística para muestras de sedimentos.

Población	Ambiente Geológico	Unidad Geológica	Muestras
Pob. 1	Flujos Piroclásticos	Grupo Calipuy	37

Para el caso de esta población con distribuciones log normales o normales se calcula el umbral geoquímico según la fórmula siguiente:

$$\text{Umbral} = \text{Media Geométrica} + 2 \text{ Desviaciones Estándar}$$

Los valores erráticos no han sido considerados en el tratamiento estadístico para el análisis de normalidad de esta población, por ello en los respectivos cuadros se presentan las muestras totales de cada población. Sin embargo para comparar el grado de dispersión de las poblaciones por elemento se consideran todas las muestras, se confeccionaron los respectivos mapas de cuencas geoquímicas para el Cu, Zn y Hg como medida referencial de sus distribuciones.

##### 4.4.1. Interpretación geoquímica

Se han definido 15 elementos anómalos, en muestras de sedimentos de quebrada, éstos son: Au, Ag, As, Ba, Bi, Ca, Cu, Hg, Mn, Mo, Pb, Sb, V, W y Zn. Las anomalías geoquímicas obtenidas de las muestras de sedimentos confirmaron y definieron mejor las dos áreas anómalas ubicadas al centro (San Apolonio) y sur (Ullapchan) del ANAP Pampa Grande. (Tabla 4.9).

Con fines descriptivos se han agrupado las anomalías geoquímicas sedimentos de corriente en subcuencas entre las que destacan un valor bajo para Au > 20 ppb en la Qda. Pumasigue cerca de la localidad de Tres Ríos. Para el caso del Cu, se ha reportado de norte a sur al menos 3 subcuencas que contienen 10 valores débilmente anómalos; la primera cuenca de 205 has en un afluente de la Qda Pumasigue que tiene un solo valor, la segunda sub cuenca Qda Peña Blanca demarca una superficie de 520 has con valores tres que en promedio tienen

39.3 ppm y cuyos valores máximos son 32.7 ppm y mínimos de 27.4 ppm; y tercero en la parte baja de la cuenca del río Motil en los alrededores de la localidad de Punas, tenemos seis valores estos delimitan un pequeña cuenca que ocupa un área de 980 has con valores promedios de 29.07 ppm, sus valores máximos son 31.5 ppm y mínimos 25.9 ppm.

**Tabla 4.9.-** Parámetros estadísticos para sedimentos de corriente

VARIABLE	UNDS.	N° DE DATOS OBS.	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	MEDIA	DESV. ESTD.	Background	TRESHOLD		
								Anomalía Posible	Anomalía Probable	Anomalía Cierta
Au	ppb	37	1	20	6.27	4.03	6.27	10.31	14.34	18.71
Ag	ppm	37	0.03	0.5	0.10	0.12	0.10	0.23	0.35	0.47
Cu	ppm	37	13	35	21.37	5.70	21.37	27.08	32.78	38.49
Pb	ppm	37	6.6	51.88	13.00	10.66	13.00	23.65	34.31	44.96
Zn	ppm	37	36	124	65.02	21.29	65.02	86.31	107.60	128.89
Mo	ppm	37	0.47	3.35	0.99	0.59	0.99	1.59	2.18	2.77
W	ppm	37	0.05	0.2	0.08	0.03	0.08	0.11	0.15	0.18
Mn	ppm	37	496	2044.00	928.38	310.33	928.38	1238.72	1549.05	1859.38
As	ppm	37	1.32	20	6.48	4.11	6.48	10.59	14.71	18.82
V	ppm	37	47	227	107.71	49.27	107.71	156.98	206.25	255.51
Sb	ppm	37	0.3	3.65	0.86	0.68	0.86	1.54	2.22	2.90
Ba	ppm	37	77	214	128.44	37.35	128.44	165.79	203.15	240.50
Bi	ppm	37	0.03	0.44	0.08	0.09	0.08	0.17	0.27	0.36
Hg	ppm	37	0.01	13.1	0.21	2.63	0.21	2.84	5.47	8.11
Ca	%	37	0.17	1.51	0.64	0.33	0.64	0.98	1.31	1.64

Para el caso del Zn se han delimitado cuatro subcuencas, las mismas que reportan 31 valores anómalos que registran anomalías que van de moderados a bajos, estas se distribuyen de la siguiente manera 29 son mayores a 50 ppm; y dos valores por encima de los 100 ppm estas últimas se encuentran en la parte alta de la cuenca del río Motil cerca de la localidad La Labunday; ocupa una superficie de 3,920 has y reporta valores promedios de 58.33 ppm.

Mientras que en Hg se ha reportado 20 valores moderados a altos; distribuidos en 4 subcuencas las mismas que se reparten en 11 valores Hg >0.10 ppm y 09 valores para el Hg >1 ppm, estos se encuentran repartidos en las subcuencas de Qda La Morada, Pumasigue además en la parte alta y media de la cuenca del río Motil, esto se puede apreciar en las figuras de las cuencas anómalas geoquímicas para los sedimentos de corriente (Fig.4.13 Anexo I). En la tabla 4.10 se muestran los valores mencionados.

**Tabla 4.10** Anomalías Geoquímicas para los Sedimentos de Corriente.

Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
16g-SGQ09-120	11	0.2	13	18.08	77	1.12	1.32	0.05	0.46	0.03
16g-SGQ09-122	14	0.2	19	22.77	73	1.23	3.64	0.19	0.74	0.03
16g-SGQ09-123	10	0.4	20	12.2	65	1.92	3.37	1.88	0.67	0.1
16g-SGQ09-128	7	0.2	16	11.27	124	0.9	10.68	1	3.65	0.03
16g-SGQ09-130	9	0.2	18	10.49	75	1.13	3.47	1.43	0.85	0.03
16g-SGQ09-131	8	0.4	24	31.54	77	0.9	4.03	0.01	0.87	0.03
16g-SGQ09-132	10	0.2	35	16.06	91	0.97	7.98	0.01	0.83	0.03
16g-SGQ09-134	14	0.3	35	51.88	115	0.86	15.56	0.29	2.36	0.03
16g-SGQ09-135	5	0.2	26	11.3	95	1.42	5.78	0.15	1.02	0.03
16g-SGQ09-137	5	0.3	18	12.12	84	0.78	6.32	1.12	2.09	0.03
16g-SGQ09-139	5	0.5	21	11.86	90	0.81	4.7	0.89	0.31	0.03
16g-SGQ09-140	20	0.2	22	32.23	78	2.98	9.06	1.22	1.58	0.14
16g-SGQ09-141	7	0.2	16	9.91	111	0.84	4.92	1.05	1.56	0.03
16g-SGQ09-142	9	0.2	18	10.97	70	1.16	4.85	0.6	1.81	0.03
16g-SGQ09-146	8	0.2	15	19.92	72	0.93	4.85	0.05	1.05	0.03
16g-SGQ09-149	11	0.3	23	13.27	85	0.9	6.93	0.17	0.83	0.03
16g-SGQ09-150	12	0.2	24	17.25	83	1.11	9.63	0.49	1.29	0.03
SPG-14-02	4	0.04	15.6	7.4	52	0.69	3	0.06	0.38	0.06
SPG-14-03	1	0.05	31.5	7.5	39	0.63	5	0.04	0.48	0.22
SPG-14-04	7	0.04	17.5	11.8	36	1.17	8	0.09	0.9	0.13
SPG-14-05	9	0.05	20.8	11.4	53	1.29	9	13.1	0.63	0.19
SPG-14-06	5	0.04	22.2	8.8	47	0.64	9	0.09	0.62	0.14
SPG-14-07	2	0.05	19.5	8	48	0.75	10	10	1.42	0.12
SPG-14-10	4	0.09	20.4	9.5	61	0.97	6	0.07	0.53	0.12
SPG-14-11	4	0.05	23	7.6	42	0.71	9	0.02	0.79	0.12
SPG-14-14	6	0.09	32.7	23	60	1.7	18	0.06	1.86	0.44
SPG-14-15	5	0.04	30	8.9	61	0.82	6	0.03	0.55	0.12
SPG-14-16	1	0.04	25.9	7.8	53	1.28	5	0.52	0.74	0.13
SPG-14-17	9	0.13	27.4	14.6	54	1.53	14	0.07	1.26	0.33
SPG-14-18	3	0.05	27.1	8.2	51	0.59	5	2.36	0.64	0.15
SPG-14-19	4	0.03	17.7	6.9	61	0.53	5	0.46	0.3	0.12
SPG-14-20	5	0.05	20.9	10.7	53	0.85	10	0.14	0.56	0.16
SPG-14-21	15	0.09	25.4	50.2	75	3.35	20	0.11	1.48	0.24
SPG-14-23	1	0.04	15.5	17.9	56	0.86	7	0.97	0.99	0.13
SPG-14-24	6	0.04	22.2	11.5	53	0.88	9	0.05	0.65	0.25
SPG-14-25	5	0.03	14.4	11	43	0.8	6	0.06	0.64	0.09
SPG-14-26	3	0.03	23.3	6.6	54	0.47	4	0.01	0.42	0.05

*En celeste valores anómalos bajos, amarillo valores anómalos moderados, valores altos en ámbar y fucsia valores muy altos.*

Por su parte los coeficientes de correlación de Pearson para el Au/Nb es alto (0.75) y moderados Au/Pb (0.69), Au/Mo (0.67), y con otros elementos como Au/B, Au/Cr, Au/Ga, Au/In, Au/K, Au/Rb, Au/Ti y Au/Tl en cambio es débil el Au/Ag (0.44), Au/Zn (0.47), Au/Fe (0.49) y Au/V (0.45); por otro lado para el caso de la plata tiene muy fuerte correlación con el boro Ag/B (0.85), también se destaca una fuerte correlación Ag/Fe (0.70), Ag/In (0.76) y Ag/Ti(0.73) moderada Ag/Zn (0.67) y también con otros elementos Ag/Cr, Ag/Ga, Ag/K, Ag/Nb y Ag/Na. El cobre tiene una moderada correlación entre Cu/Cd (0.51) y débil con aluminio Cu/Al (0.42) y

arsénico y Cu/As (0.47). El plomo tiene una muy fuerte correlación Pb/Cd (0.81), moderada correlación Pb/Au (0.69) Pb/As (0.57), Pb/Mo (0.59) Pb/Be (0.42), Pb/Co(0.57), Pb/Nb(0.58) y débil para Pb/Be (0.42), Pb/Ga (0.46) y Pb/K (0.43). Mientras que el zinc guarda una muy fuerte correlación Zn/Fe (0.90), también guarda una fuerte correlación con el manganeso Zn/Mn (0.70), indio Zn/In (0.72) y vanadio Zn/V (0.84); además tiene moderada correlación Zn/Ag (0.67), Zn/Sb (0.61) y débil Zn/Cd (0.43) y Zn/Pb (0.40) para el caso de los elementos como As, Bi, Cd y V se tiene una muy fuerte correlación V/Fe (0.91) y Cd/Pb (0.81); fuerte para As/Cd (0.71) y modera para el As/Pb (0.57) y As/Sb (0.50) por su parte para Bi y Cd se tienen Bi/Se (0.67), Bi/Te(0.53), Cd/Cu(0.51) y Cd/Sb(0.60). Para el caso del V tiene moderadas correlaciones con V/Ag (0.67), y V/Cu (0.70). Esta técnica permite conocer de manera simultánea el comportamiento y grado de relación entre las variables involucradas más la data de campo recolectada con los elementos traza analizados; lo que se correlaciona y confirma con las ocurrencias minerales de los prospectos San Apolonio Zn/Hg y Ullapcham Mo/As. (Tabla 4.11).



## 4.5. Procesamiento Geoquímico de Rocas

Las muestras de roca recolectadas fueron tomadas de forma selectiva en zonas con presencia de mineralización y alteración hidrotermal observadas en las áreas que involucradas del ANAP, basados en la información de campo, evidencias de mineralización ubicadas en el terreno así como por resultados obtenidos; se les ha agrupado al menos en cuatro poblaciones. (Tabla 4.12).

Tabla 4.12.- Población estadística para muestras de rocas

<b>Población</b>	<b>Ambiente Geológico</b>	<b>Unidad Geológica</b>	<b>Muestras</b>
<b>Flujos Piroclásticos</b>	Flujos Piroclásticos	Complejo Volcánico Caupar-Payhual	84
<b>Cuerpos Subvolcánicos</b>	Cuerpos Subvolcánicos.	Cuerpos Subvolcánicos de Andesitas Porfíricas	28
<b>Anomalía Ullpachan</b>	Litocapa	Complejo Volcánico Caupar-Payhual	87
<b>Anomalía San Apolonio</b>	Lavas y cuerpos Subvolcánicos	Centro Volcánico Payhual (Lavas Andesíticas)	99
		Cuerpos Subvolcánicos de Andesitas Porfíricas (Domo Andesíticos Porfíricos)	
<b>Total</b>			298

### 4.5.1. Interpretación geoquímica

Por medio de los datos de campo y el procesamiento estadístico se han reconocido al menos cuatro poblaciones geoquímicas de las cuales se hará referencia como Flujos Piroclástico, Cuerpos Subvolcánicos, Anomalías Ullapcham y San Apolonio; que se detallara en el capítulo V áreas prospectivas:

#### 4.5.1.1. Población Flujos Piroclástico

En esta población destacan las anomalías bajas para el Zn (100 – 300 ppm), moderadas a bajas de As (111 - 1323 ppm). Mientras que para el caso del Hg se encuentran anomalías que van de muy alta a bajas (16.4 -10 ppm) a (0.52 - 0.91 ppm) (Tabla 4.13 y 4.14); se observa una cierta correlación entre las anomalías moderadas del As con las del Hg. (Tabla 4.15)

De los 84 elementos considerados, solo presentan correlación de Pearson de carácter de moderado el Au/Hg que tiene (0.56) y lo mismo se da para el caso del As/Sb (0.50). (Tabla 4.15)

**Tabla 4.13.- Anomalías Geoquímicas para la Población Flujos Piroclásticos**

Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
PG14_001	3	0.26	33.1	8.9	71	0.75	26	0.05	0.53	0.65
PG14_002	1	0.09	33.6	5	46	0.77	40	0.16	1.02	0.52
PG14_003	1	0.08	32.5	7.4	31	0.64	11	0.03	0.53	0.16
PG14_004	3	0.07	27.1	3.2	46	0.86	2	0.02	0.16	0.02
PG14_005	2	0.05	33.6	4.4	53	0.75	1	0.09	0.23	0.03
PG14_006	3	0.05	44.6	8	53	0.38	21	0.14	0.92	0.02
PG14_007	2	0.04	17.5	4.8	56	0.9	3	0.02	0.19	0.03
PG14_008	4	0.04	15.4	6.2	83	0.91	2	0.05	0.15	0.05
PG14_009	1	0.08	8.8	10	75	0.44	3	0.22	0.16	0.01
PG14_011	3	0.09	34.2	4.7	69	0.74	3	0.003	0.1	0.02
PG14_012	5	0.07	31	6.7	32	0.71	10	0.28	0.55	0.03
PG14_018	9	0.02	23.4	11.5	52	3.55	110	0.59	3.75	0.04
PG14_019	2	0.09	12.7	14.6	49	0.28	9	0.02	0.46	0.03
PG14_021	1	0.01	8.7	1.5	4	1.99	2	0.007	0.2	0.02
PG14_022	5	0.07	25.4	14.8	60	1.16	17	2.13	0.45	0.87
PG14_023	5	0.08	35	17.6	53	0.99	14	2.45	0.41	1.11
PG14_025	3	0.05	20.1	18.2	43	1.03	12	1.66	0.32	1.11
PG14_026	3	0.03	14	16.7	71	1.04	11	1.13	0.25	0.94
PG14_027	19	0.05	23.9	6	52	1.57	4	10.6	0.42	0.14
PG14_028	23	0.2	32.3	4.9	56	1.55	3	16.4	0.34	0.14
PG14_029	6	0.07	34.8	14.2	100	0.95	18	0.89	1	0.56
PG14_031	7	0.05	21.3	15	49	1.26	30	1.11	1.06	0.27
PG14_032	9	0.07	35.9	4	95	1.42	2	0.69	0.18	0.09
PG14_033	8	0.07	35.8	3.8	80	1.14	4	1.16	0.3	0.08
PG14_037	3	0.05	22.6	6.8	80	0.96	2	0.01	0.08	0.06
PG14_038	5	0.009	5.6	0.8	2	0.64	1	0.009	0.07	0.02
PG14_046	5	0.01	4	10.1	13	0.69	6	0.008	0.44	0.23
PG14_047	9	0.01	8.5	21.7	27	1.42	15	0.003	1.31	0.41
PG14_048	5	0.01	9.2	6.5	6	1.53	4	0.02	0.94	0.07
PG14_049	10	0.09	20	33	83	0.92	5	0.03	2.9	0.1
PG14_051	9	0.08	26.7	9.7	33	7.8	18	0.01	1.65	0.41
PG14_052	4	0.03	52.7	2.1	18	0.69	9	0.008	0.65	0.03
PG14_054	9	0.02	4.5	13.6	24	1.38	7	0.009	0.31	0.64
PG14_055	5	0.1	2.3	2.9	131	0.11	2	0.002	0.36	0.03
PG14_058	1	0.08	44.2	13.1	110	1.17	9	0.01	0.64	0.2
PG14_059	6	0.04	26.1	3.4	39	1.06	3	0.01	0.27	0.009
PG14_061	3	0.15	29.4	13.9	77	0.59	6	0.01	0.8	0.25
PG14_108	1	0.06	8.1	21.3	86	1.15	1323	2.34	4.75	0.008
PG14_109	7	0.05	34.1	7.5	84	0.85	6	0.01	0.49	0.56
PG14_123	1	0.03	33.8	4.3	52	1.21	3	0.01	0.2	0.03
PG14_124	8	0.04	23.8	15.8	64	5.96	121	0.91	3.42	0.04
PG14_126	28	0.06	25.4	10.5	62	1	279	0.2	5.68	0.08
PG14_127	5	0.03	20.6	6.6	108	0.41	3	0.03	0.24	0.16
PG14_128	6	0.03	34.7	27	130	0.88	46	0.01	0.64	0.3
PG14_130	9	0.02	26.4	9.2	27	1.05	12	0.05	0.78	0.04
PG14_133	2	0.05	25.6	4.1	85	0.68	3	0.02	0.16	0.04
PG14_135	4	0.03	4.5	7.3	3	2.26	111	0.03	1.6	1.2
PG14_136	4	0.03	18.8	7.2	16	6.53	167	0.006	1.49	0.28
PG14_137	11	0.14	25.7	29.3	67	3.77	77	0.52	8.08	0.51
PG14_138	2	0.11	18.7	23.2	94	2.28	75	0.47	3.11	0.39

Muestra	Au ppb	Ag	Cu	Pb	Zn ppm	Mo	As ppm	Hg	Sb ppm	Bi ppm
PG14_139	2	0.19	32.5	2.1	56	0.39	50	0.007	1.79	0.02
PG14_141	5	0.03	32.1	5.2	56	1	62	0.01	1.64	0.02
PG14_142	5	0.05	35.5	5.6	60	0.15	5	0.008	0.31	0.09
PG14_143	1	0.1	25.9	2.5	41	0.11	3	0.009	0.14	0.01
PG14_144	1	0.06	28.8	2.8	108	1.43	134	0.005	4.25	0.004
PG14_145	5	0.12	27.3	2.6	48	0.2	88	0.009	1.02	0.007
PG14_146	8	0.08	22.7	1.8	39	0.18	11	0.005	0.14	0.002
PG14_147	4	0.05	24.3	1.3	46	0.17	81	0.009	0.48	0.002
PG14_148	4	0.2	27.3	4.1	60	0.4	7	0.004	0.36	0.008
PG14_149	3	0.08	22.2	4.3	45	0.45	6	0.02	0.24	0.3
PG14_150	3	0.11	30.3	15.1	309	0.53	82	0.03	1.31	0.05
PG14_152	2	0.07	31	6.6	53	0.27	2	0.01	0.21	0.03
PG14_153	6	0.07	24.6	9.4	15	2.65	257	4.06	8.7	0.02
PG14_154	3	0.02	10.1	11.6	53	0.9	10	2.33	2.35	0.005
PG14_155	3	0.06	30.5	14.3	131	1.07	5	0.22	0.66	0.05
PG14_156	4	0.04	5	12.9	63	0.23	2	0.13	0.38	0.008
PG14_157	4	0.02	37.6	7.6	82	0.62	6	0.1	0.51	0.94
PG14_158	2	0.02	20.5	10.6	26	0.72	4	0.03	0.25	0.009
PG14_159	3	0.01	14.3	7.1	50	0.85	2	0.01	0.36	0.007
PG14_160	4	0.01	18.9	7.8	73	0.95	5	0.02	0.3	0.003
PG14_162	5	0.03	8.9	9.5	53	1.31	9	0.23	1.46	0.1
PG14_163	5	0.08	10.8	8.8	39	1.32	8	0.23	1.33	0.28
PG14_164	4	0.04	14.6	12.9	64	0.56	10	0.35	0.47	0.05
PG14_165	1	0.02	13.3	10.4	38	0.49	5	0.37	0.55	0.01
PG14_166	3	0.04	80.1	8	75	0.86	4	0.02	0.15	0.03
PG14_167	3	0.19	31.2	3.1	162	0.76	161	0.01	3.9	0.003
PG14_168	10	0.09	30.8	5.9	24	1.03	3	0.004	1.17	0.03
PG14_170	4	0.04	41.3	12.4	166	0.89	20	0.01	1.35	0.06
PG14_171	5	0.05	32.1	15	69	0.9	9	0.02	0.68	0.2
PG14_172	1	0.03	30.5	18.3	64	1.17	8	0.02	0.65	0.12
PG14_174	3	0.04	21.3	6.7	77	0.74	1	0.005	0.4	0.04
PG14_184	5	0.1	37.4	8.1	98	0.31	14	0.02	0.69	0.05
PG14_185	1	0.05	29.8	5.8	62	0.19	5	0.04	0.31	0.05
PG14_210	1	0.04	8.5	1.8	110	0.52	3	0.03	0.53	0.02

*En celeste valores anómalos bajos, amarillo valores anómalos moderados, valores altos en ámbar y fucsia valores muy altos.*



#### 4.5.1.2. Población Cuerpos Subvolcánicos

Para el tratamiento estadístico de esta población se consideraron los elementos representativos (Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, As, Hg, Ba, Bi, Sb). Si bien para esta población se tiene 28 muestras, lo que se busca con ello es establecer los parámetros geoestadísticos y geoquímicos para esta población de cuerpos subvolcánicos andesíticos, que se emplazaron en el Mioceno; destacan la ocurrencia de anomalías que van de moderadas a muy altas que reporta la muestra PG14\_041 con valores para el Cu 173 ppm, Pb >1%, Zn 516 ppm, Mo 23 ppm, As 0.8% Sb 2434 ppm. Mientras que para la muestra PG14\_039 solo se tiene una débil anomalía en Mo de 30.06 ppm; las demás muestras no registran anomalías geoquímicas (Tabla 4.16 y 4.17).

**Tabla 4.17.- Muestras de la población sub-volcánicos**

Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
PG14_013	3	0.08	15.6	4.5	62	0.84	2	0.03	0.31	0.14
PG14_014	2	0.08	5.2	18.6	85	3.4	9	0.04	0.45	0.08
PG14_015	5	0.05	1.3	11.4	73	0.48	3	0.01	0.07	0.05
PG14_016	2	0.1	2.2	12.4	60	1.74	10	0.03	0.35	0.07
PG14_017	3	0.03	7.5	4.9	53	0.45	2	0.01	0.16	0.05
PG14_024	4	0.04	41.9	13.9	69	0.51	14	0.05	0.26	0.03
PG14_034	1	0.08	11	6.8	37	0.32	2	0.03	0.11	0.29
PG14_035	4	0.06	30.9	7.6	89	0.7	5	0.04	0.13	0.13
PG14_036	5	0.03	26.4	14.3	106	0.43	5	0.02	0.21	0.14
PG14_039	2	0.05	26.2	20.1	26	30.06	28	0.01	2.39	1.21
PG14_041	62	1.91	173.6	10000	516	23.16	8392	0.3	2434	2.58
PG14_042	5	0.29	10.1	12.5	141	0.29	12	0.01	3.25	0.14
PG14_043	3	0.6	9.9	87.4	139	1.11	74	0.009	14.2	0.29
PG14_044	4	0.11	13	21.3	62	1.25	7	0.008	1.06	0.32
PG14_045	6	0.08	75.2	20.9	58	1.92	7	0.01	1.89	0.33
PG14_053	4	0.02	145	20	54	1.71	29	0.01	2.31	1.6
PG14_095	4	0.04	41.8	3.9	62	0.56	2	0.007	0.42	0.02
PG14_096	2	0.01	18.4	7	19	0.9	3	0.003	0.19	0.02
PG14_129	9	0.04	39.1	4	69	0.49	4	0.005	0.42	0.05
PG14_131	3	0.04	30.7	4.3	79	0.81	3	0.004	0.15	0.07
PG14_132	2	0.05	50.7	2.6	43	0.57	2	0.01	0.09	0.01
PG14_175	8	0.04	22.7	13.7	35	3	10	0.01	0.62	0.95
PG14_176	10	0.04	9.4	9	26	1.77	7	0.007	0.53	0.26
PG14_179	12	0.1	53	62.2	15	3.36	54	0.08	1.06	0.43
PG14_180	25	0.15	32.9	69.1	31	1.76	39	0.11	1.72	0.59
PG14_181	3	0.1	78.1	29.8	40	0.84	15	0.05	1.15	0.59
PG14_182	4	0.14	21.5	15.1	45	1.62	41	0.21	5.99	0.07
PG14_183	5	0.02	6.3	11.8	70	0.81	3	0.004	1.57	0.14

*En celeste valores anómalos bajos, amarillo valores moderados, valores altos en ámbar y fucsia valores muy altos.*

**Tabla 4.16.-** Parámetros estadísticos para la población Cuerpos Sub-volcánicos

VARIABLE	UNDS.	N° DE DATOS OBS.	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO	MEDIA	DESV. ESTD.	Background	TRESHOLD		
								Anomalia Posible	Anomalia Probable	Anomalia Cierta
Au	ppb	28	1	62	4.47	11.70	4.47	16.17	27.88	39.58
Ag	ppm	28	0.01	1.91	0.07	0.36	0.07	0.43	0.79	1.16
Cu	ppm	28	1.3	173.6	20.77	40.49	20.77	61.27	101.76	142.25
Pb	ppm	28	2.6	10000	15.85	1886.37	15.85	1902.22	3788.59	5674.96
Zn	ppm	28	15	516	57.85	91.44	57.85	149.30	240.74	332.19
Mo	ppm	28	0.29	30.06	1.21	6.78	1.21	7.99	14.77	21.55
As	ppm	28	2	8392	9.95	1583.30	9.95	1593.25	3176.55	4759.84
Hg	ppm	28	0.003	0.3	0.02	0.07	0.02	0.08	0.15	0.22
Ba	ppm	28	11	930	20.77	40.49	119.83	337.04	554.24	771.45
Bi	ppm	28	0.01	2.58	0.16	0.58	0.16	0.73	1.31	1.89
Sb	ppm	28	0.07	2434	0.79	459.70	0.79	460.50	920.20	1379.91

Los coeficientes de correlación de Pearson son muy fuertes para los ratios Au/Ag (0.88), Au/As(0.92), Ag/As(0.95), Au/Pb(0.92) Ag/Pb(0.95), Au/Sb(0.92), Ag/Sb(0.95), Au/Zn(0.83), Ag/Zn(0.95), As/Zn(0.95), Zn/Cd(0.82), Zn/Fe(0.83), Zn/Pb (0.94). Por otro lado estas también guardan una fuerte correlación Au/Hg (0.78) Ag/Cd (0.79), Ag/Bi (0.70), Au/Fe (0.76), Pb/Cd (0.75) Au/Bi (0.73), Cu/Bi (0.70), As/Bi (0.75) y moderada para Au/Cd (0.67), Au/Cu (0.64), Ag/Cu (0.59) y Au/Mo (0.59) (Tabla 4.18)



## V. ÁREAS PROSPECTIVAS EN EL ANAP PAMPA GRANDE

Dentro del ANAP Pampa Grande se han ubicados dos blancos o targets prospectivos que se reportan a continuación.

### 5.1. Área Prospectiva Ullapchan

#### 5.1.1. Generalidades

El target de Ullapchan se ubica en el sector sur del ANAP, límite entre las comunidades de Ullapchan y Labunday; cuyas dimensiones son: 1.7 por 0.2 km área en la que se puede diferenciar una capa de sílice de 1 a 2 m. de potencia, sus coordenadas centrales son 784,777 E – 9'120,895 N con altitudes que van desde los 3,575 a los 3,700 m.s.n.m. (Fig.5.1).

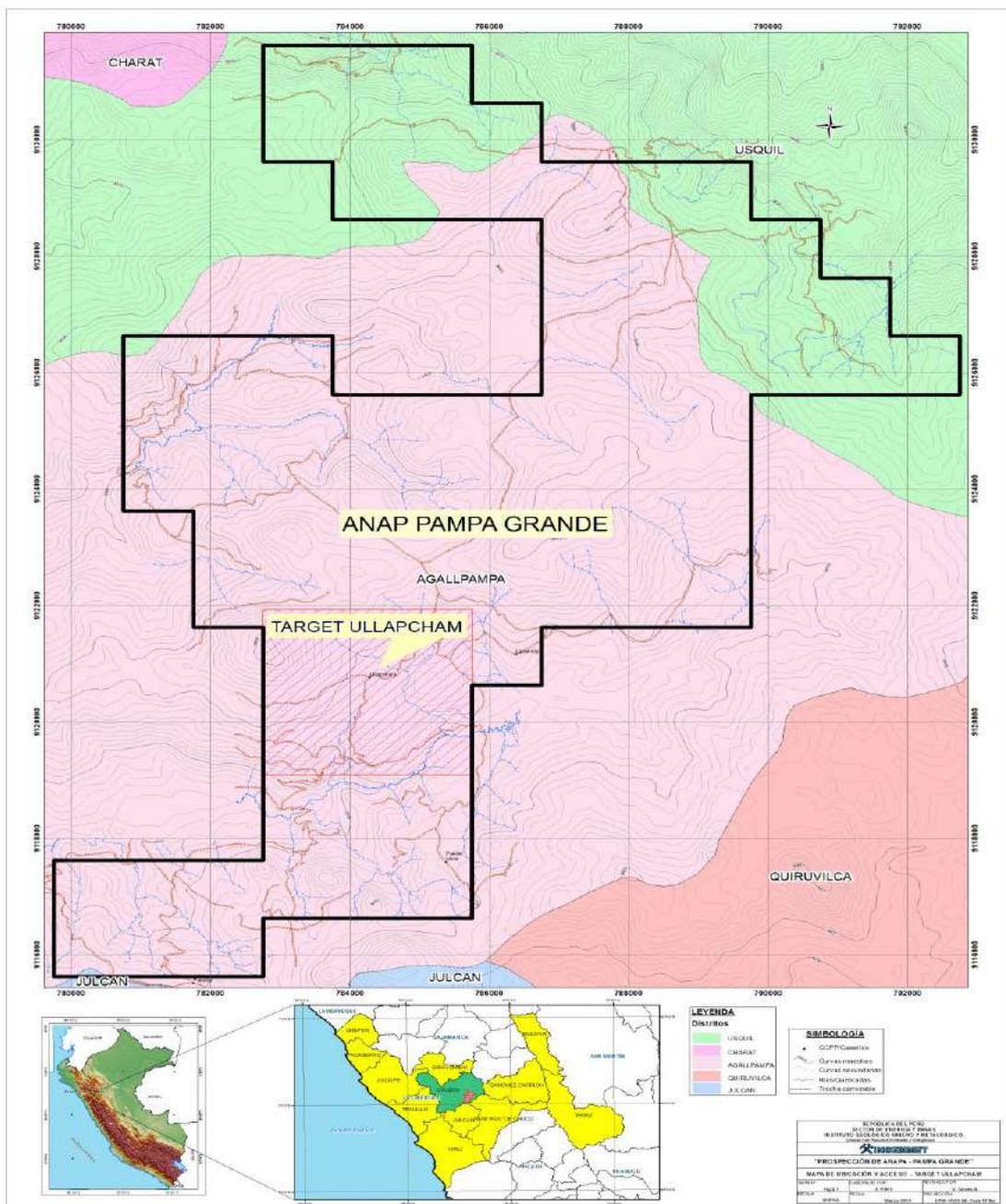


Fig. 5.1 Mapa de ubicación target Ullapchan

## 5.1.2. Geología local

Afloran rocas volcánicas del oligomioceno, Grupo Calipuy; con dos unidades Complejos Volcánicos de Caupar y Payhual, (P. Navarro, M. Rivera & R. Monge 2010); quienes describen al Complejo Volcánico Caupar como una secuencia volcanoclástica de tobas de cristales de color gris violácea cubiertas por lavas andesíticas porfídicas gris verdosa y flujos piroclásticos de pómez y ceniza; le cubre a todas estos niveles lávicos andesíticos gris verdosos textura porfírica, se reporta para estos una edad Ar/Ar de 24.6 +/-1.1Ma perteneciente al Oligoceno. Le suprayace en discordancia angular el Complejo Volcánico Payhual, constituido por flujos piroclásticos de líticos y cenizas gris claros, cortado por domos y diques subvolcánicos andesíticos; cubiertos por niveles lávicos andesíticos gris verdosos a rojizos, por su posición litoestratigráficas se le asigna al Mioceno.

Estas secuencias volcánicas conforman las rocas que alojan la mineralización que está relacionada a un sistema tipo pórfido en la anomalía Ullapcham. (Anexo I Fig. 5.A y S-01).

### 5.1.2.1. Complejo Volcánico Caupar-Payhual

Para el centro volcánico Caupar, se tiene los siguientes eventos eruptivos y son:

- 1) El primer evento eruptivo, Caupar (Po-cau/1) está constituido por tobas de cristales, intercaladas con tobas líticas y lavas andesíticas afíricas de color gris violáceo, que a su vez le cubren lavas andesíticas, gris verdosa, de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa subhedrales y cristales de piroxenos y anfíboles, le suprayacen tobas de cenizas de color gris violáceo, con ocasionales cristales de plagioclasa y anfíboles. (Foto.5.1)
- 2) El segundo evento eruptivo Caupar (Po-cau/2), suprayace a las secuencias antes descritas, está compuesta por lavas andesíticas de color gris verdosa a gris oscura, textura porfírica con fenocristales de plagioclasa y anfíboles; a estos le suprayacen los flujos piroclásticos, estos se componen por tobas de líticos con pómez fibrosos, de color gris blanquecino matriz soportada; esta constituye el 60% del total de la roca, la matriz es de tobas de cristales y ceniza. Por su parte los fragmentos líticos y pómez alcanzan un 40%; son de forma subangulosa a subredondeada de tamaño no mayor a 5cm; de naturaleza andesítica y tobas líticas. Al tope se observan niveles de tobas líticas de color gris violáceo, matriz soportada que va de 65 a 55% compuesta por cristales de plagioclasa, anfíbol y biotita que contienen a los líticos que están entre el 35% a 45% de forma angulosos a subangulosos de diámetro 5 cm en su mayoría son de naturaleza volcánicas. Estos afloramientos tienen un espesor de 50 m. (Foto.5.2)

Estas rocas afloran en las riberas del Motil y alrededores de las comunidades de Punas, Cesar Vallejo.

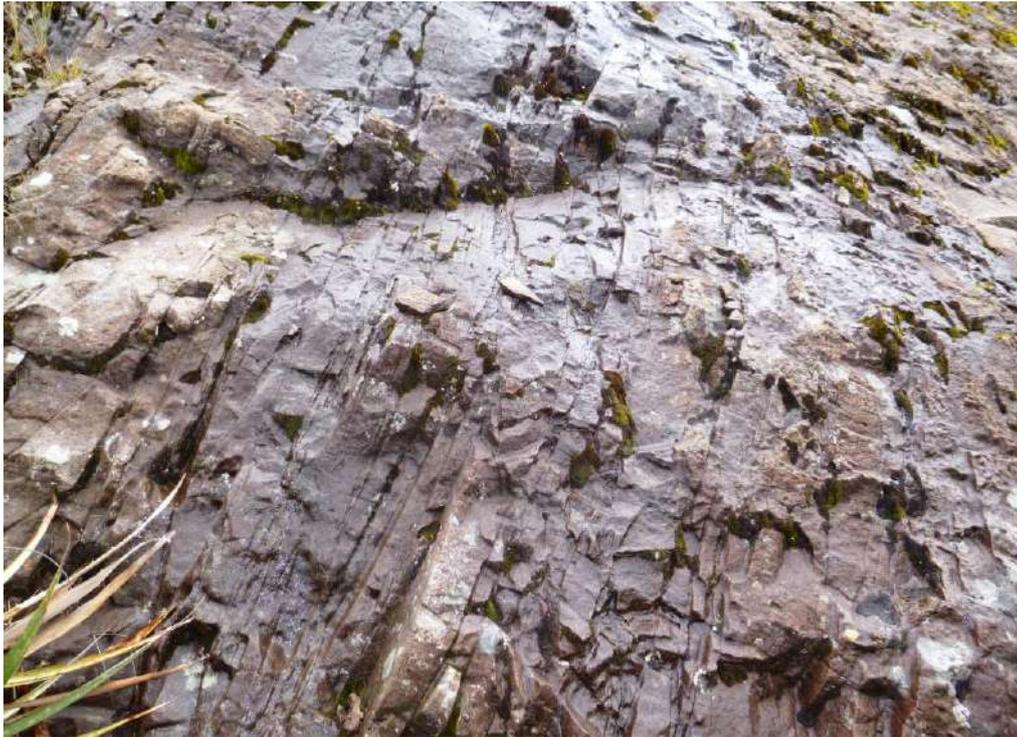
Por su parte para el centro volcánico Payhual tenemos solo su primer evento eruptivo que se describe a continuación:

- 1) Centro volcánico Payhual, en el sector Ullapcham aflora los depósitos de su primer evento eruptivo (Nm-pay/1) conformado por tobas brechas y tobas de líticos de color gris blanquecino de matriz soportada que constituye el 55%, la matriz está compuesta por ceniza y tobas de cristales con plagioclasa y anfíboles; esta engloba a los fragmentos de pómez los mismo que se encuentran entre 15 a

10%, a los bloques que representan el 5% del total de la roca y son de forma angulosa a subangulosa estos alcanzan un diámetro que va de 40 a 30 cm; mientras que los líticos se encuentran entre el 30% a 25%, tiene un diámetro < 3 cm, son de forma subredondeada a subangulosos predominan tanto en los bloques como en los líticos clastos de andesita porfírica sobre los fragmentos de tobas líticas. Esta secuencia es masiva y presenta gradación normal.

#### 5.1.2.2. Centro volcánico Quiruvilca

Definida por Navarro P. & otros. (2010), compuesta por depósitos de flujos piroclásticos, que en la zona de estudio aflora el tercer evento eruptivo de este centro volcánico el cual estaría conformado por tobas de brechas englobados en una matriz alcanza el 70 al 65% del total y está compuesta por tobas de cristales con fenocristales de plagioclasa y anfíbol; por su parte los fragmentos constituye el 30% distribuido en bloques (5%) son de forma subangulosa a subredondeada, cuyos diámetros en los bloques están entre los 30 a 25 cm; mientras que en los líticos alcanza el 25%, tienen diámetros que van de 2 a 0.5 cm; la naturaleza de sus clastos son de andesitas porfíricas y tobas líticas. Tienen un espesor aproximado de 200 m. Sobreyacen a todas las unidades antes descritas y en discordancia erosional. Los domos que posiblemente han generado este depósito reportan una edad de  $12 \pm 0,4$  Ma. Por ello se le asigna una edad que va del Oligoceno superior al Mioceno inferior.



**Foto 5.1** Detalle de las tobas líticas de color gris violáceo que representan al primer evento eruptivo del complejo volcánico Caupar.



**Foto 5.2** Afloramiento del segundo evento eruptivo Caupar 2, detalle de las tobas líticas en el cerro Huarichaca.

#### 5.1.2.3. Rocas Intrusivas

En Ullapcham afloran un cuerpo subvolcánico porfirítico, el que se describe a continuación:

##### 5.1.2.3.1. Domo Andesítico Cerro Yunque

Su nombre corresponde al cerro donde aflora, en las cercanías a la localidad de Ullapcham; se trata de un cuerpo alargado en sentido noroeste a sureste, su dimensiones son de 1.4 por 0.8 km aproximadamente. Sus afloramientos llegan a una altura máxima de 3950 metros sobre el nivel del mar; sus contactos son cortantes con las secuencias volcánicas del centro volcánico Payhual. Se tratan de rocas de naturaleza andesítica de color gris verdosa con tonalidad mesocrata con fenocristales de plagioclasa y anfíboles de forma subhedral a euhedral con presencia de alteración propilítica moderada, asociación mineralógica es clorita magnetita y disseminaciones de pirita fina anhedral; como se detalle en el anexo III (Foto 5.3)

#### Domo Yunque



**Foto 5.3** Vista panorámica de Cerro Yunque

### 5.1.3. Geología Estructural

El principal rasgo estructural lo constituyen el lineamiento de Otuzco-Quirivilca-Tres Cruces de dirección de N300° el cual pudo haber controlado la evolución del complejo volcánico Caupar-Payhual así como el emplazamiento de los cuerpos sub-volcánicos y porque no del pórfido ciego en el prospecto.

### 5.1.4. Alteración Hidrotermal

La alteración hidrotermal presente en el ANAP Pampa Grande se representa en la Fig.5.6 y se detallará a continuación:

#### 5.1.4.1. Alteración Silicificación

Se presenta en el “*lithocap siliceo*” o litocapa sílicea el cual expone una silicificación masiva con una textura bandeada a coloforme de sílice calcedónica con óxidos goethita jarosita y diseminaciones de pirita. Aunado a esta alteración se observa en sectores estructuras anulares de sílice porosa a oquerosa con óxidos, la que se asocia a conductos de escape de gases. Este cuerpo síliceo tiene 1.7 km de largo en dirección oeste a este, de unos 200 metros de ancho promedio, estos estratos síliceos van de 0.5 a 1m y alcanza 2m. Su rumbo varía entre N 300° a 290° y su inclinación es de 20° NE; cubren un área de unos 2.5 km.

Los análisis de las firmas espectrales y difracción de Rayos X de las muestras PG14\_79 PG14\_082 PG14\_092 y PG14\_106, indican la presencia de cuarzo, sílice calcedónica, calcita, hematita y pirita; lo que sugiere la circulación de más de un fluido mineralizante en el sistema. (Tabla 5.1) en las figuras 5.2 a la figura 5.4 y en las fotos 5.4-5.5 se representan detalles de la silicificación en el targetUllapcham.

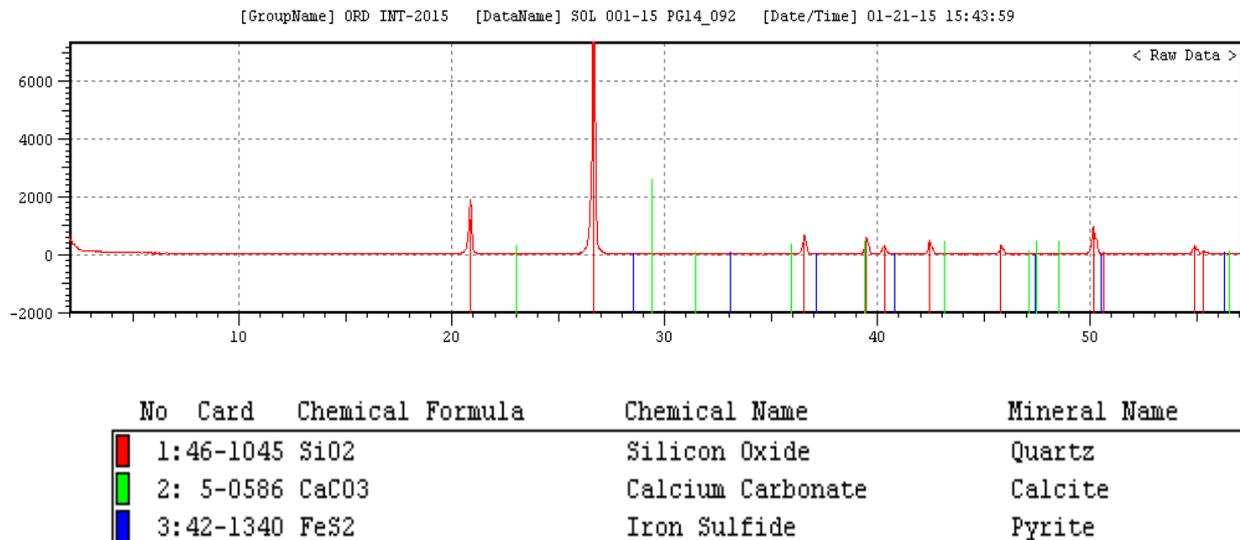
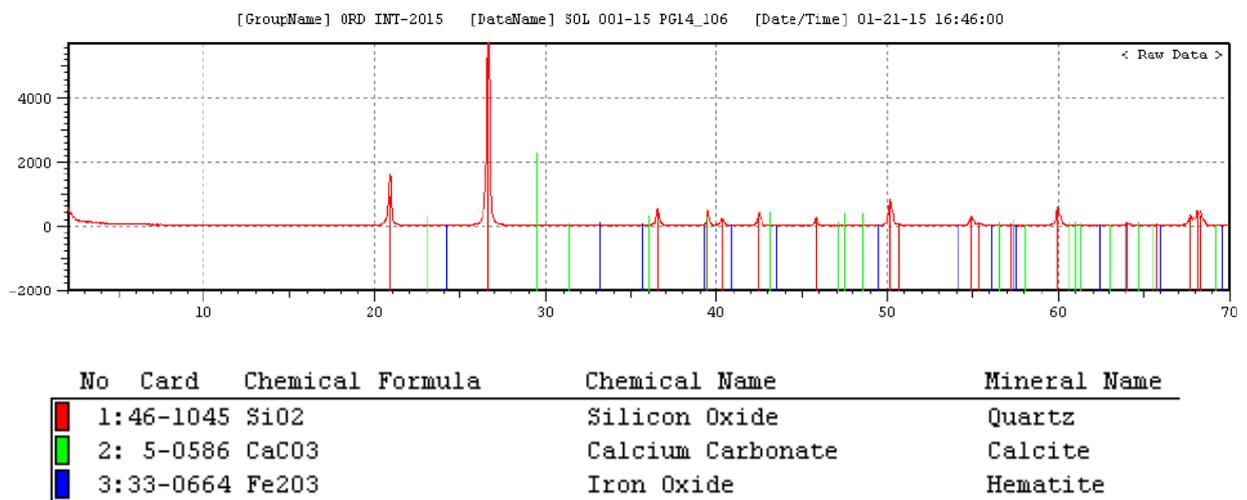


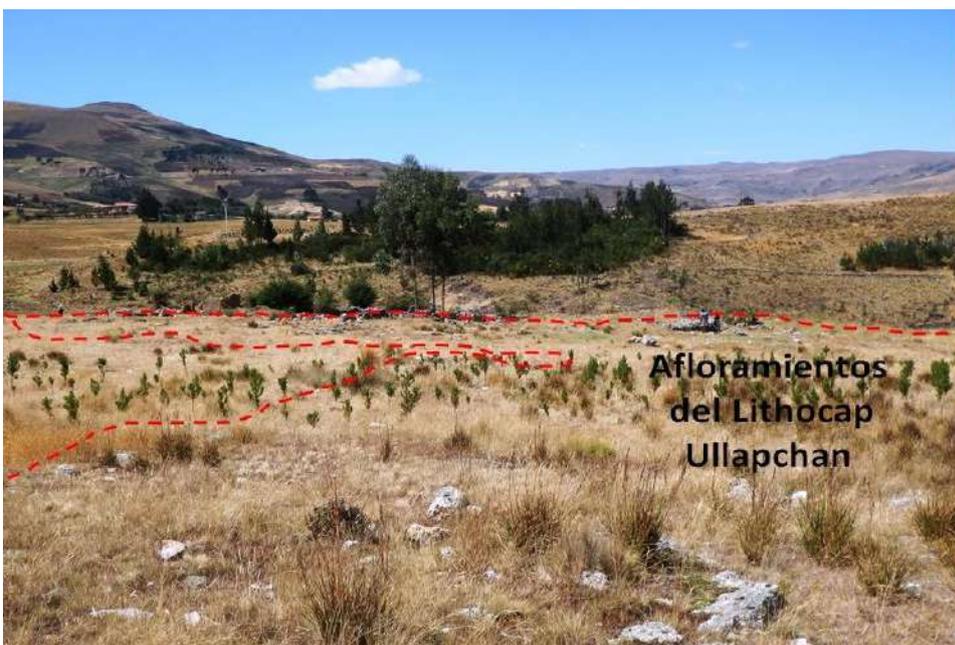
Fig. 5.2 Difractogramas de rayos X para las muestras PG14\_79 y PG14\_92



**Foto 5.4** Detalle del lithocap silíceo con textura bandeada con venillas y tinciones de óxidos



**Fig. 5.3** Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_106



**Foto 5.5** Vista panorámica del lithocap silíceo Ullapchan.

#### 5.1.4.2. Alteración Argílica

Este tipo de alteración hidrotermal se habría desarrollado en los parches de la textura patchy; la cual es el resultado de una nucleación preferencial de caolín e illita minerales propios de la alteración argílica presente en las tobas brecha, esta textura se da en zonas transicionales entre un sistema tipo pórfido y un sistema de alta sulfuración, si bien aún no estamos en la parte inferior del lithocap, como lo indica ausencia de la pirofilita. Los análisis de las firmas espectrales y DRX de las muestras PG14\_108 y PG14\_109 indican la presencia de caolinita-montmorillonita-esmectita además de hematita, goethita y sílice. Tabla 5.1 y Fig. 5.4 y 5.5.

**Tabla 5.1.-** Caracterización Petromineralógica con Estudios Especiales

MUESTRA	PETROMINERAGRAFICOS	PIMA	RAYOS X
PG14_79			Cuarzo, hematita calcita
PG14_082	Brecha alteraciones silicificación y argilización.	Sílice-Goethita	Cuarzo
PG14_092		Sílice-Goethita	Cuarzo, pirita, hematita.
PG14_106	Muestra con alteración silicificación oquedades rellenas por cuarzo y bordes calcedonia con óxidos.	Sílice-Goethita	Cuarzo, hematita calcita
PG14_108		Caolinita-Goethita-Sílice	Cuarzo caolinita, anatasa, goethita, natrojarosita.
PG14_109		Caolinita-esmectita-limonita	Cuarzo, caolinita, hematita, goethita, microclina, anatasa, aegirina, indialita, witherita.
PG14_111		Sílice Opalina Goethita	Cuarzo
PG14_112	Roca volcánica con alteración argílica, oxidación y silicificación pervasiva con diss calcopirita 0.06 mm.	Sílice-montmorillonita-goethita	Cuarzo goethita.
PG14_113		Sílice-montmorillonita-goethita	Cuarzo
PG14_114		Sílice-montmorillonita	Cuarzo
PG14_115	Roca volcánica argilizada y silicificada, diss pirita alter a hem y goe; con frc con Qz ccd, cloritas y micas.	Sílice-Goethita-Montmorillonita	Cuarzo
PG14_116		Sílice	Cuarzo, calcita
PG14_117	Brecha con alteración argílica y silicificada, la matriz con cuarzo diss pirita, cemento con sílice calcedónica e impregnaciones de óxidos.	Sílice	Cuarzo goethita, calcita.
PG14_118		Sílice-montmorillonita-goethita	Cuarzo, Johannsenita
PG14_119			Cuarzo, goethita, calcita.

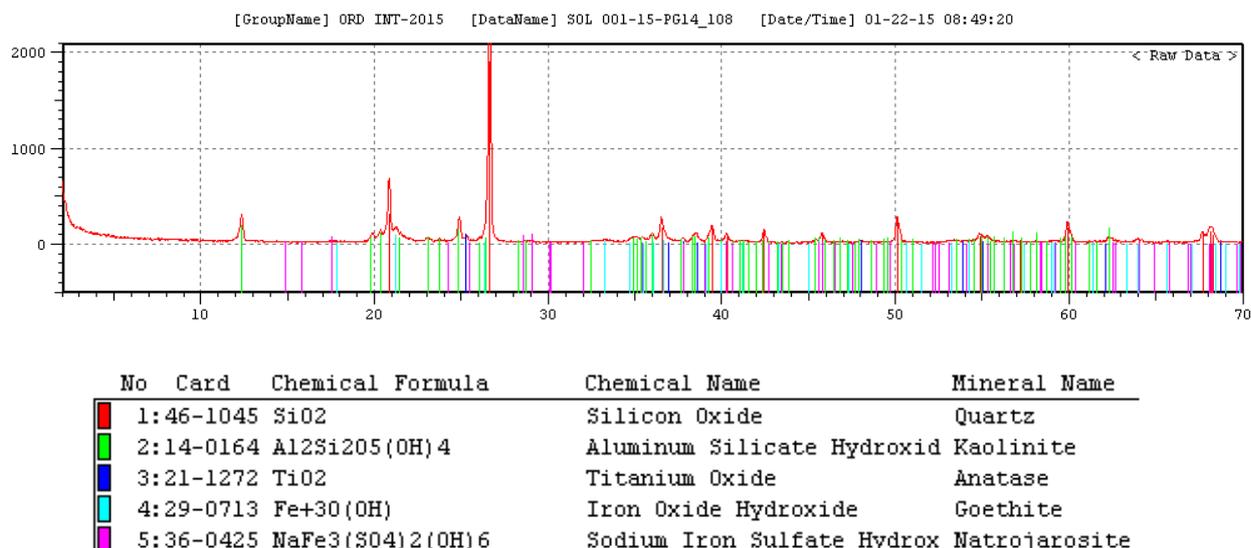


Fig. 5.4 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_108

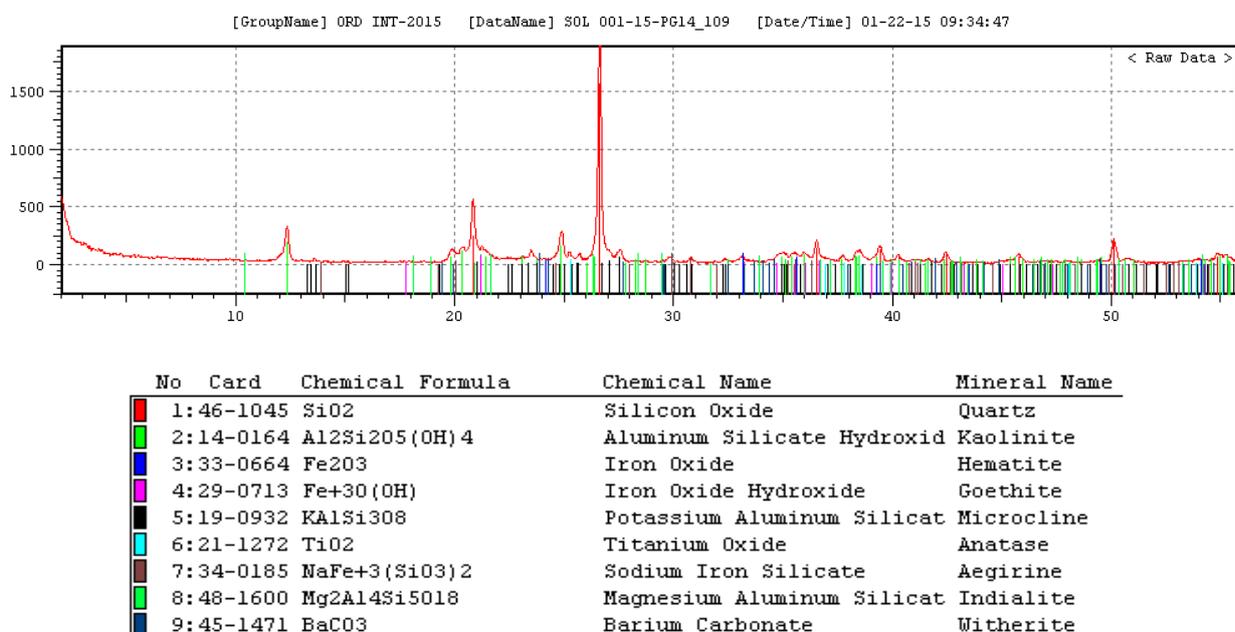


Fig. 5.5 Difractogramas de rayos X para la muestra PG14\_109

#### 5.1.4.3. Alteración Propilítica

Se caracteriza por el ensamble cuarzo – clorita – magnetita - pirita; está se expone en las rocas hospedantes con una intensidad de fuerte a moderada (Fig. 5.6). Las observaciones geológicas sugieren que este tipo de alteración se habría desarrollado a manera de halo que rodea al lithocap.

De acuerdo a las observaciones sugieren que durante el inicio del ingreso de las soluciones hidrotermales se formó un amplio halo de alteración propilítica que afectó principalmente a los depósitos piroclásticos, al cuerpo subvolcánico andesítico Yunque y que se extiende a lo largo y ancho de la zona de alteración semicircular reconocida en campo.

### 5.1.5. Mineralización

El sector Ullapcham presenta un lithocap que se ha desarrollado en los depósitos de flujos piroclásticos de bloques, estos podrían ser predecesores al emplazamiento del pórfido infrayacente, no aflorante. Esta litocapa silícea destaca un cuerpo de sílice mantiforme con textura bandeada a coloforme de sílice opalina a calcedónica con tinciones de hematita, goethita y jarosita acompañadas por diseminaciones de pirita y trazas de calcopirita, en sectores se puede observar la textura parche. En este lithocap se ha podido reconocer, la presencia de arcillas como illita y caolinita en los parches de esta textura moteada; si bien no hemos encontrado las arcillas como pirofilita la cual nos marcaría un incremento de temperatura, tenemos la presencia destacable de anomalías geoquímicas de Mo, As y W; además se han observado en la muestra PG14\_112 la presencia de trazas de calcopirita 0.06 mm; nos indica que estamos en la base del lithocap el cual puede ser tomado como el límite inferior de los ambientes epitermales de alta sulfuración e inicio del sistema tipo pórfido.

El lithocap que, como ya se indicó, tiene dimensiones de 1.7 por 0,2 km de 0.5 a 1m hasta 2m de potencia promedio y un rumbo que va entre N 300° a 290° e inclinación de 20° NE; cubren un área de unos 2.5 km, como en la mayoría de los casos sus dimensiones han sido considerablemente reducidas por la erosión. La separación vertical, en este caso podría ser de 0 a 2 km de profundidad pero por la presencia de calcopirita puntual y la presencia de las anomalías geoquímicas en As y Mo (Fig. 5.7) nos hacen pensar que la presencia del pórfido puede ser menor al 1 km.

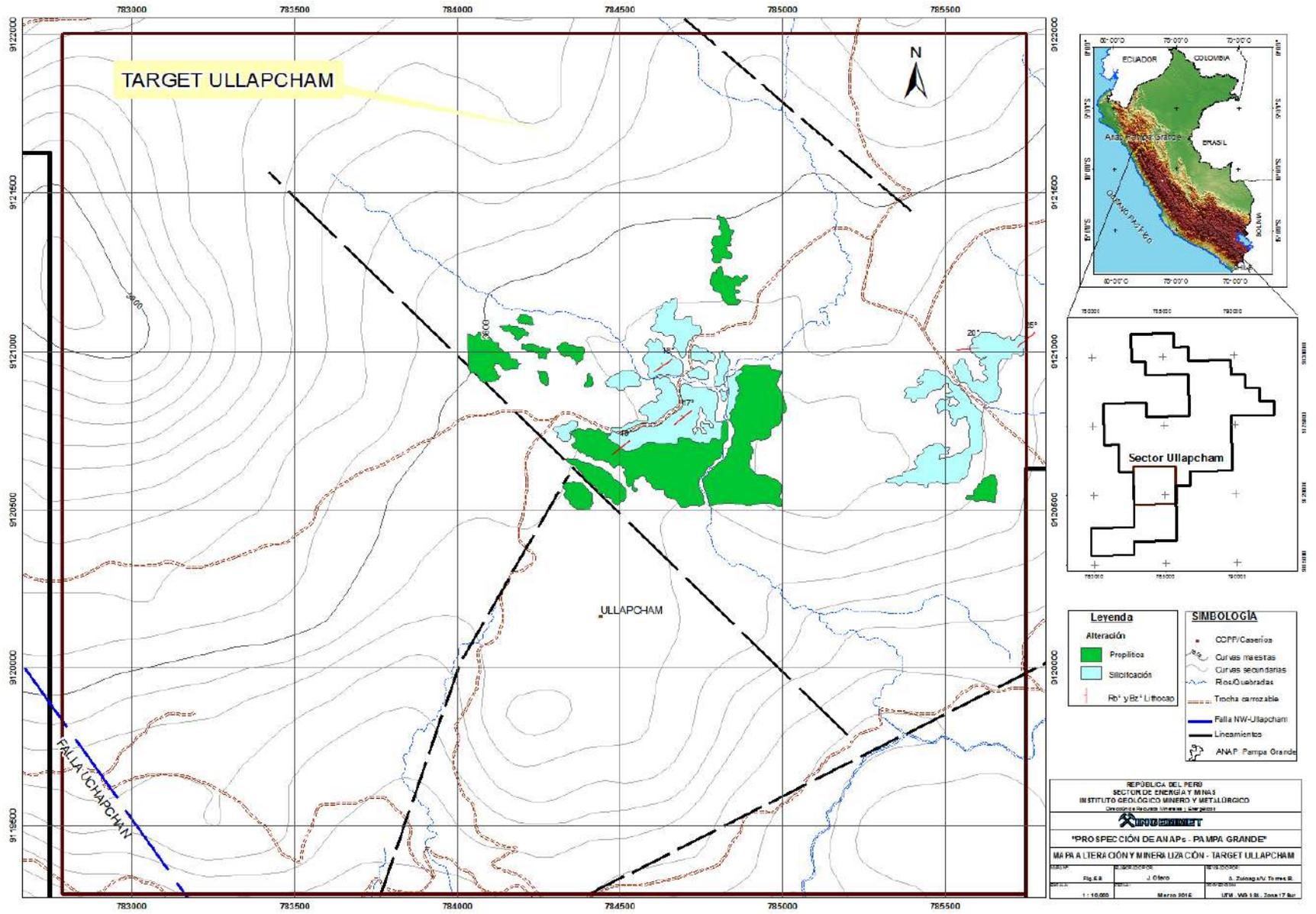
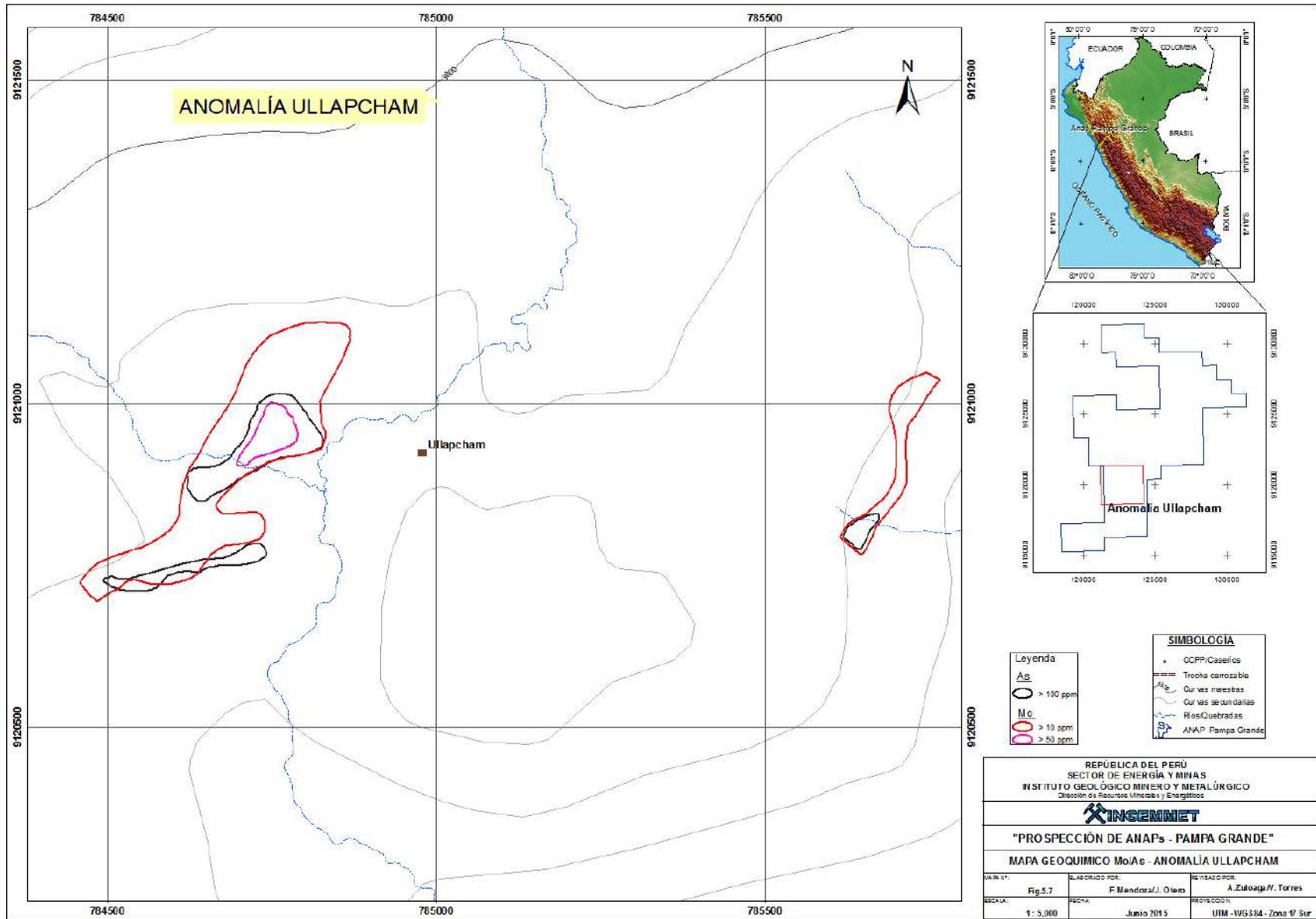


Fig.5.6 Mapa de alteraciones hidrotermales targetUllapcham

“Anap Pampa Grande”



**Fig.5.7** Mapa geoquímico As/Mo target Ullapcham

“Anap Pampa Grande”

### 5.1.6. Control de la Mineralización

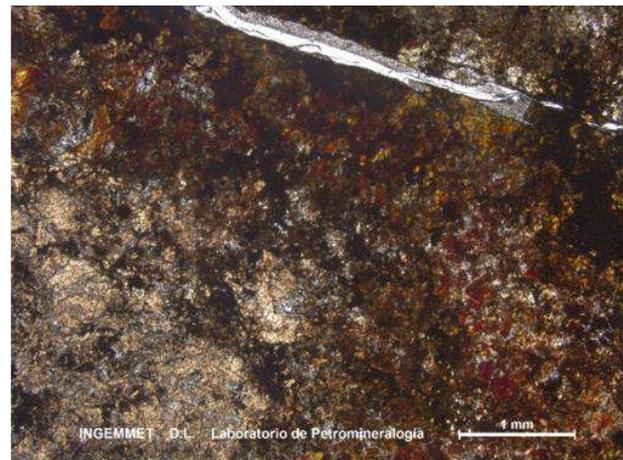
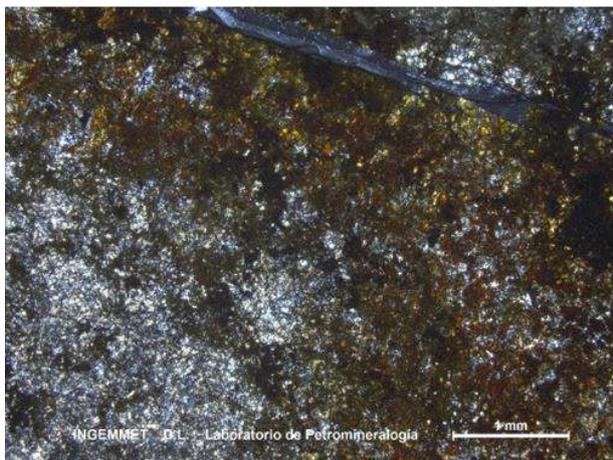
En los sistemas transicionales de un epitermal de alta sulfuración a pórfido de cobre, es común encontrar en el lithocap la textura "patchy" que se expone en algunas lugares (Foto 5.6 y 5.7). se relaciona a los niveles intermedios a inferiores del lithocap en donde la alteración argílica, generalmente queda delimitada a los parches de illita y caolín en la textura parche , que se encuentra en rocas silicificadas, este tipo de zoneamiento de caolín - illita en los parches de esta textura debería estar seguido por un nivel con presencia de pirofilita que se asocian al incremento de temperatura, que luego al profundizar se encontraría la textura wormy o agusanada, que correspondería básicamente al techo del pórfido. Cabe mencionar que en Ullapcham la firma geoquímica de un depósito tipo pórfido de cobre esta evidenciada por anomalías de molibdeno, arsénico y wolframio; además en la muestra PG14\_112 presenta diseminaciones de calcopirita (0.06 mm) lo que demuestran la posibilidad de encontrar este tipo de yacimiento a profundidad (Foto.5.8).



Foto 5.6 Detalle del Lithocap silíceo en Ullpachan.



**Foto 5.7** Vista de oquedades rellenas con óxidos y arcillas en la anomalía Ullapcham.



**Foto 5.8** Muestras PG14-112 roca volcánica fuertemente alterada a arcillas y cuarzo con impregnaciones de óxidos. Presenta oquedades rellenas por calcedonia con trazas de calcopirita (0.06 mm), cuarzo secundario.

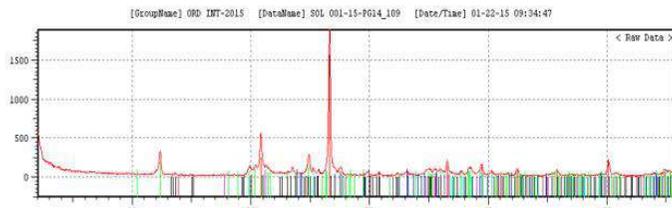
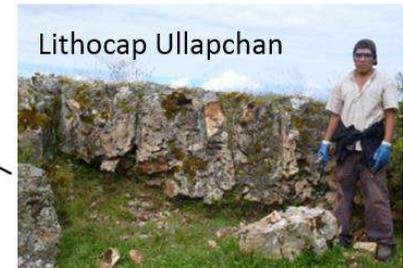
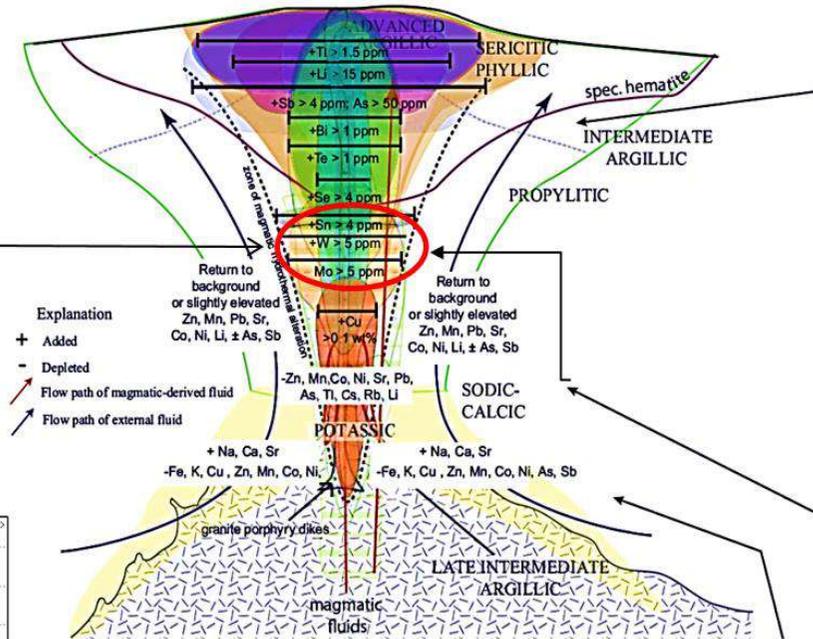
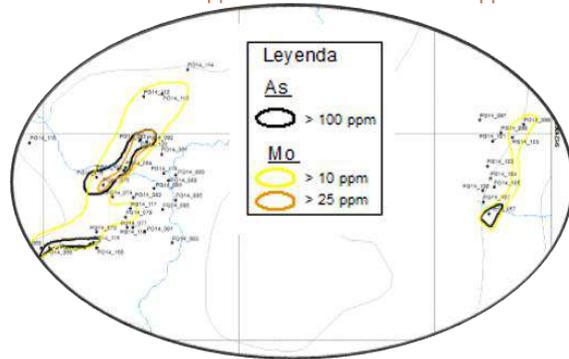
### 5.1.7. Tipo de depósito

Por las evidencias de campo ya encontradas en esta anomalía, se asociaría a un sistema transicional entre un sistema de alta sulfuración a un sistema tipo pórfido en profundidad. (Fig.5.8)

# Modelo de la Anomalia Ullapchan

Anomalías Mo  
PG14\_120  
Mo 134.93 ppm

Anomalías W  
PG14\_086  
W 13.9 ppm



No	Card	Chemical Formula	Chemical Name	Mineral Name
1	46-1045	SiO2	Silicon Oxide	Quartz
2	14-0164	Al2Si2O5(OH)4	Aluminum Silicate Hydroxid	Kaolinite
3	33-0664	Fe2O3	Iron Oxide	Hematite
4	29-0713	Fe+3(OH)	Iron Oxide Hydroxide	Goethite
5	19-0932	KAlSi3O8	Potassium Aluminum Silicat	Microcline
6	21-1272	TiO2	Titanium Oxide	Anatase
7	34-0185	NaFe+3(SiO3)2	Sodium Iron Silicate	Aegirine
8	48-1600	Mg2Al4Si5O18	Magnesium Aluminum Silicat	Indialite
9	45-1471	BaCO3	Barium Carbonate	Witherite

Fig. 5.8 Modelo de la anomalía Ullapchan, fuente Tosdal, R. et al. (2015).

### 5.1.8. Prospección Geoquímica de rocas

En el target o blanco Ullapcham, se colectaron 135 muestras de roca y 19 muestras de suelo esencialmente en las secuencias volcánicas del Grupo Calipuy y a lo largo de cuerpos subvolcánicos andesíticos (Anexo I Fig.5.D). La ubicación de las muestras de roca obedece a la presencia de zonas de alteración y ocurrencias de minerales en las unidades volcánicas y cuerpos subvolcánicos mencionados.

Los resultados para el target Ullapcham han sido plasmados en mapas temáticos, isovalores geoquímicos y de anomalías superpuestas como Mo-As; los rangos de anomalía se han resumido en la tabla 5.2

#### 5.1.8.1. Población AnomalíaUllapcham

Como se puede observar en las láminas (Fig.5.6 y Fig.5.7) en esta zona se concentra una significativa cantidad de concentraciones anómalas bajas y moderadas; de molibdeno y arsénico que definen claramente el área del lithocap silíceo deUllapcham, su entorno geológico está conformado por flujos piroclásticos de bloques y líticos del complejo volcánico Caupar - Payhual.

En esta población se han agrupado unas 87 muestras primarias distribuidas en 67 esquirla roca y 20 muestras de suelo de carácter orientativo, con las cuales se ha podido establecer de forma preliminar los parámetros estadísticos (Tabla 5.2) y establecer anomalías geoquímicas para este prospecto, destacan la ocurrencia de anomalías que van de moderadas a muy altas que reporta la muestra PG14\_120 con valores de Mo 134.93 ppm y As 115 ppm. Mientras que para el caso de la muestra PG14\_112 solo se tiene una débil anomalía en Mo de 10.82 ppm; por su parte para el plomo en la muestras PG14\_250 se tiene un valor de 380.7 ppm, para el W en las muestras P14\_093 y PG14\_86 reporta un valor débil 1.6 ppm y otro alto 13.9 ppm; del total de las 87 muestras destacan 51 muestras que registran anomalías que van de débiles a moderadas y excepcionalmente altas, cabe mencionar que no se presentan anomalías geoquímicas para el Au, Ag y Cu. (Tabla 5.3 y 5.4)

**Tabla 5.2.-** Parámetros estadísticos para la anomalíaUllapcham

Variable	Unds.	N° de datos Obs.	Valor Mínimo	Valor Máximo	Media	Desv. estd.	Backgr ound	TRESHOLD		
								Anomalía Posible	Anomalía Probable	Anomalía Cierta
Au	ppm	87	0.0010	0.029	0.003	0.003	0.003	0.006	0.009	0.013
Ag	ppm	87	0.0020	1	0.03	0.08	0.03	0.11	0.19	0.27
Cu	ppm	87	2.10	64	9.20	11.64	9.20	20.84	32.48	44.12
Pb	ppm	87	0.20	381	2.36	40.91	2.36	43.27	84.18	125.09
Zn	ppm	87	1.00	159	8.76	37.30	8.76	46.06	83.35	120.65
Mo	ppm	87	0.47	135	6.17	24.21	6.17	30.39	54.60	78.81
W	ppm	87	0.02	14	0.14	1.48	0.14	1.62	3.11	4.59
Mn	ppm	87	9.00	7641	328.34	1548.45	328.34	1876.79	3425.23	4973.68
As	ppm	87	2.00	734	34.03	129.46	34.03	163.49	292.95	422.42
V	ppm	87	2.00	180	13.06	52.21	13.06	65.28	117.49	169.71
Sb	ppm	87	0.05	2	0.21	0.25	0.21	0.45	0.70	0.94
Ba	ppm	87	1.00	970	45.24	204.67	45.24	249.91	454.59	659.26
Bi	ppm	87	0.0020	1	0.02	0.09	0.02	0.11	0.19	0.28
Ca	%	87	0.0020	3	0.04	0.70	0.04	0.75	1.45	2.15
Hg	ppm	87	0.00	6.28	0.03	0.68	0.03	0.71	1.39	2.07

Tabla 5.3.- Muestras presentes en el targetUllapcham

# Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm	W ppm
PG14_227	8	0.12	11.3	6.1	4	8.83	35	0.08	0.33	0.15	0.4
PG14_228	7	0.04	8.9	1.6	6	8.15	9	0.005	0.16	0.06	0.4
PG14_229	5	0.03	25	16.6	58	1.84	14	0.01	0.07	0.18	0.3
PG14_230	5	0.32	29	43.5	39	70.66	734	0.13	0.5	0.42	0.4
PG14_231	6	0.12	16.5	28.6	39	69.92	706	6.28	0.73	0.19	0.3
PG14_232	4	0.03	28.5	10.9	81	2.11	9	0.05	0.14	0.13	0.04
PG14_233	1	0.05	12.1	13.9	20	17.49	67	0.14	0.18	0.07	0.2
PG14_234	3	0.04	20.1	11.4	67	8.95	94	0.03	0.16	0.12	0.09
PG14_238	4	0.04	25.4	3.7	36	12.42	65	0.01	0.24	0.06	0.2
PG14_240	1	0.09	24.9	11	53	3.61	26	0.1	0.29	0.06	0.05
PG14_241	5	0.05	29.8	7.2	36	6.75	33	0.03	0.31	0.07	0.09
PG14_242	4	0.03	27.3	10.4	71	8.16	195	0.01	0.2	0.08	0.09
PG14_243	1	0.05	40.9	21.2	72	11.82	534	0.02	0.36	0.11	0.05
PG14_244	5	0.01	32.1	12.2	88	9.71	56	0.01	0.1	0.07	0.04
PG14_245	6	0.009	23.4	10.4	47	1.29	45	0.004	0.08	0.08	0.07
PG14_246	5	0.01	14.1	3.1	16	7.14	121	0.37	0.39	0.03	0.3
PG14_247	1	0.007	29.4	26.3	59	5.17	100	0.02	0.15	0.09	0.2
PG14_251	4	0.07	26.3	9.8	107	2.09	19	0.03	0.14	0.06	0.03
PG14_252	2	0.06	15.5	7.1	30	22.38	222	0.22	0.42	0.02	0.2
PG14_253	3	0.04	12	1.3	5	6.85	25	0.13	0.26	0.018	0.1
PG14_303	4	0.21	37.1	7.1	159	0.47	2	0.01	0.05	0.04	0.02
PG14_056	5	0.15	5.8	1.2	2	12.15	115	0.03	0.23	0.013	0.1
PG14_057	5	0.01	5.4	1.3	4	113.03	369	0.12	0.24	0.004	0.1
PG14_065	2	0.009	3.3	0.6	2	12.43	95	0.02	0.12	0.006	0.1
PG14_066	1	0.27	5.3	2.8	4	12.67	141	0.02	0.51	0.003	0.5
PG14_067	1	0.02	3.6	2.5	2	7.41	44	0.02	0.34	0.009	0.4
PG14_068	2	0.01	7.3	1.4	5	12.67	67	0.03	0.14	0.017	0.1
PG14_069	4	0.01	30	11.9	58	3.04	24	0.01	0.15	0.12	0.1
PG14_071	1	0.09	5.2	16.6	65	44.35	249	0.23	0.39	0.02	0.1
PG14_072	5	0.02	6.4	6.6	16	4.72	24	0.06	0.22	0.02	0.1
PG14_073	1	0.02	5.3	1.2	5	19.42	82	0.04	0.16	0.012	0.1
PG14_074	5	0.01	4.8	1	1	3.1	13	0.07	0.14	0.008	0.1
PG14_075	1	0.003	5.1	0.7	1	25.25	132	0.41	0.21	0.019	0.1
PG14_076	4	0.01	6.1	1	2	12.8	167	0.13	0.19	0.013	0.5
PG14_077	2	0.002	2.8	1.2	2	1.54	7	0.01	0.13	0.012	0.1
PG14_079	5	0.005	3.7	0.8	3	18.62	78	0.01	0.09	0.02	0.1
PG14_081	5	0.004	2.9	0.5	2	2.14	11	0.02	0.12	0.008	0.09
PG14_082	5	0.007	2.9	1.3	2	1.74	10	0.02	0.12	0.012	0.2
PG14_083	5	0.008	3.9	0.7	2	2.52	12	0.005	0.12	0.016	0.1
PG14_084	2	0.01	5	0.9	2	1.51	6	0.006	0.18	0.02	0.2
PG14_085	5	0.16	28.9	5.9	99	0.84	5	0.01	0.09	0.04	0.1
PG14_086	1	0.02	4.3	0.6	1	3.41	35	0.004	0.14	0.006	13.9
PG14_088	2	0.009	6.4	0.6	4	2.18	6	0.01	0.15	0.02	0.3
PG14_089	1	0.008	4.1	0.8	4	1.87	15	0.01	0.13	0.008	0.1
PG14_091	3	0.09	10.5	2.1	6	5.02	43	0.02	0.2	0.004	0.3

# Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm	W ppm
PG14_092	5	0.02	6.2	1.7	9	89.52	243	0.17	0.62	0.014	0.1
PG14_093	3	0.009	5.5	0.9	2	15.11	28	0.02	0.28	0.02	1.6
PG14_094	3	0.004	3.6	0.5	1	12.21	48	0.03	0.18	0.018	0.1
PG14_097	2	0.01	7.8	1.6	5	3.87	15	0.93	0.25	0.015	0.4
PG14_098	2	0.003	5.3	0.7	4	5.6	48	0.06	0.36	0.017	0.1
PG14_099	5	0.06	7.2	1.7	13	23.87	31	0.57	0.31	0.02	0.2
PG14_101	2	0.16	4.3	0.7	1	2.97	5	0.008	0.12	0.003	0.2
PG14_102	2	0.1	4.7	0.9	5	1.27	16	0.006	0.15	0.008	0.1
PG14_103	5	0.03	5.1	1.2	2	54.59	60	0.02	0.43	0.017	0.2
PG14_104	5	0.06	2.8	0.7	2	1.53	12	0.004	0.2	0.016	0.1
PG14_105	4	0.1	3.1	1	5	0.97	18	0.05	0.22	0.04	0.2
PG14_106	1	0.04	3.5	1.4	5	4.97	85	0.06	0.59	0.007	0.4
PG14_107	3	0.04	4.4	0.9	3	7.43	48	0.09	0.39	0.005	0.3
PG14_110	3	0.03	8.6	1.8	3	1.7	10	0.003	0.18	0.003	0.2
PG14_112	1	0.08	4	0.8	1	10.82	91	0.02	0.15	0.016	0.1
PG14_113	5	0.17	4.2	0.8	2	15.86	83	0.04	0.09	0.009	0.1
PG14_114	2	0.03	4	0.7	1	5.35	21	0.01	0.1	0.019	0.1
PG14_115	5	0.02	3	0.2	2	3.27	41	0.01	0.09	0.012	0.1
PG14_116	2	0.03	2.1	0.7	2	2.18	8	0.01	0.07	0.002	0.1
PG14_117	4	0.01	3.3	0.3	1	17.71	92	0.004	0.09	0.019	0.1
PG14_118	7	0.005	4.1	0.7	1	72.22	199	0.05	0.18	0.002	0.1
PG14_119	4	0.004	4.5	0.6	1	1.74	4	0.007	0.09	0.003	0.1
PG14_120	2	0.01	4.8	1.1	4	134.93	115	0.04	0.85	0.016	0.1
PG14_169	4	0.03	12.4	2.4	11	4.8	30	0.02	0.16	0.09	0.2
PG14_239	1	0.01	24.6	9.7	87	2.22	6	0.01	0.14	0.04	0.1
PG14_249	1	0.11	9.1	2.5	3	6.68	27	0.07	0.27	0.016	0.2
PG14_250	29	0.58	63.7	380.7	85	1.1	18	0.13	0.99	0.26	0.1
PG14_235	1	0.01	9.4	5.7	6	24.29	116	0.01	0.24	0.07	0.1
PG14_236	5	0.01	9.5	3.8	4	9.36	19	0.002	0.12	0.06	0.1
PG14_254	5	0.04	25.3	4	35	3.85	31	0.22	0.38	0.002	0.2
PG14_255	1	0.02	10.4	5.4	34	8.22	22	0.04	0.38	0.05	0.6
PG14_256	6	0.08	30.5	16.2	85	1.16	20	0.02	0.27	0.04	0.02
PG14_301	3	0.04	20.8	2.9	94	1.27	3	0.01	0.26	0.04	0.1
PG14_304	4	0.05	5.9	0.2	7	6.7	27	0.006	0.16	0.03	0.1
PG14_305	5	0.03	20.8	4.8	80	1.23	6	0.007	0.13	0.011	0.1
PG14_306	3	0.06	19.6	2.7	84	2.14	2	0.01	0.24	0.02	0.1
PG14_307	3	0.02	27.1	9.1	152	0.58	4	0.06	0.11	0.02	0.08
PG14_308	4	0.09	26.6	7.8	45	12.22	34	0.05	0.23	0.04	0.07
PG14_309	5	0.02	15.9	0.2	2	50.08	110	0.03	0.33	0.014	0.1
PG14_310	1	0.03	8.4	0.3	5	15.98	113	0.68	0.43	0.015	0.3
PG14_311	2	0.01	10.9	0.3	3	10.5	33	0.01	0.18	0.012	0.5
PG14_312	4	0.05	31.2	5.9	98	0.78	12	0.006	1.91	0.59	0.09

En celeste valores anómalos bajos, amarillo valores moderados y en ámbar valores altos.

**Tabla 5.4.- Cuadro de valores resaltantes en la anomalías Ullapcham**

Muestra	Este	Norte	Au ppb	Ag ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	W ppm
PG14_056	784692	9120915	5	0.15	1.2	12.15	115	0.1
PG14_057	785641	9120807	5	0.01	1.3	113.03	369	0.1
PG14_065	784495	9120725	2	0.009	0.6	12.43	95	0.1
PG14_066	784516	9120725	1	0.27	2.8	12.67	141	0.5
PG14_067	784535	9120724	1	0.02	2.5	7.41	44	0.4
PG14_068	784593	9120728	2	0.01	1.4	12.67	67	0.1
PG14_071	784620	9120734	1	0.09	16.6	44.35	249	0.1
PG14_073	784637	9120763	1	0.02	1.2	19.42	82	0.1
PG14_075	784653	9120877	1	0.002	0.7	25.25	132	0.1
PG14_076	784637	9120895	4	0.009	1	12.8	167	0.5
PG14_077	784715	9120773	2	0.002	1.2	1.54	7	0.1
PG14_079	784711	9120799	5	0.008	0.8	18.62	78	0.1
PG14_086	784806	9120817	1	0.02	0.6	3.41	35	13.9
PG14_092	784765	9120981	5	0.02	1.7	89.52	243	0.1
PG14_093	784746	9120984	3	0.005	0.9	15.11	28	1.6
PG14_094	784711	9120919	3	0.002	0.5	12.21	48	0.1
PG14_099	785729	9121023	5	0.06	1.7	23.87	31	0.2
PG14_101	785649	9120982	2	0.16	0.7	2.97	5	0.2
PG14_102	785636	9120922	2	0.1	0.9	1.27	16	0.1
PG14_103	785700	9120992	5	0.03	1.2	54.59	60	0.2
PG14_112	784757	9121091	1	0.08	0.8	10.82	91	0.1
PG14_113	784805	9121098	5	0.17	0.8	15.86	83	0.1
PG14_114	784869	9121156	2	0.03	0.7	5.35	21	0.1
PG14_115	784628	9120738	5	0.02	0.2	3.27	41	0.1
PG14_116	784729	9120773	2	0.03	0.7	2.18	8	0.1
PG14_117	784723	9120820	4	0.006	0.3	17.71	92	0.1
PG14_118	784707	9120912	7	0.002	0.7	72.22	199	0.1
PG14_120	784749	9120987	2	0.01	1.1	134.93	115	0.1
PG14_230	784800	9120931	5	0.32	43.5	70.66	734	0.4
PG14_231	784780	9120933	6	0.12	28.6	69.92	706	0.3
PG14_233	784743	9120915	1	0.05	13.9	17.49	67	0.2
PG14_234	784800	9120933	3	0.04	11.4	8.95	94	0.02
PG14_235	784804	9120850	1	0.01	5.7	24.29	116	0.1
PG14_238	784822	9120937	4	0.04	3.7	12.42	65	0.2
PG14_240	784338	9120773	1	0.09	11	3.61	26	0.05
PG14_241	784360	9120778	5	0.05	7.2	6.75	33	0.1
PG14_242	784726	9120777	4	0.03	10.4	8.16	195	0.04
PG14_243	784731	9120769	1	0.05	21.2	11.82	534	0.07
PG14_244	784651	9120734	5	0.01	12.2	9.71	56	0.1

Muestra	Este	Norte	Au ppb	Ag ppm	Pb ppm	Mo ppm	As ppm	W ppm
PG14_245	784636	9120726	6	0.009	10.4	1.29	45	0.1
PG14_246	784606	9120734	5	0.01	3.1	7.14	121	0.3
PG14_247	784532	9120718	1	0.007	26.3	5.17	100	0.2
PG14_250	784403	9120957	29	0.58	380.7	1.1	18	0.1
PG14_251	784490	9120712	4	0.07	9.8	2.09	19	0.1
PG14_252	784567	9120791	2	0.06	7.1	22.38	222	0.2
PG14_253	784468	9120724	3	0.04	1.3	6.85	25	0.1
PG14_303	785730	9120720	4	0.21	7.1	0.47	2	0.1
PG14_308	785649	9120794	4	0.09	7.8	12.22	34	0.02
PG14_309	785649	9120806	5	0.02	0.2	50.08	110	0.1
PG14_310	785640	9120808	1	0.03	0.3	15.98	113	0.3
PG14_311	785825	9121094	2	0.01	0.3	10.5	33	0.5

Si bien los coeficientes de correlación para los elementos que pertenecen a la anomalía de Ullapcham solo son muy fuertes para los ratios V/Zn (0.91), Au/Pb (0.84), Zn/Pb (0.82), Cu/V (0.85), Fe/Cu (0.86), Zn/Fe (0.84), Zn/Zr (0.84); Zn/Cu (0.81); As/Mo (0.82) y Cu/Ce (0.84). Por otro lado estas también guardan una fuerte correlación Ag/Pb (0.74), Te/Au (0.76); y moderada para Au/Ag (0.62); Mo/As (0.60), As/Hg (0.54), Cu/Ba (0.57), Cu/Bi (0.55), Cu/Pb (0.56), Sb/Bi (0.66), Ag/Te (0.68). Tabla 5.5.

**Tabla 5.5.-** Coeficiente de Correlación de Pearson para los 17 elementos principales en el targetUllapcham

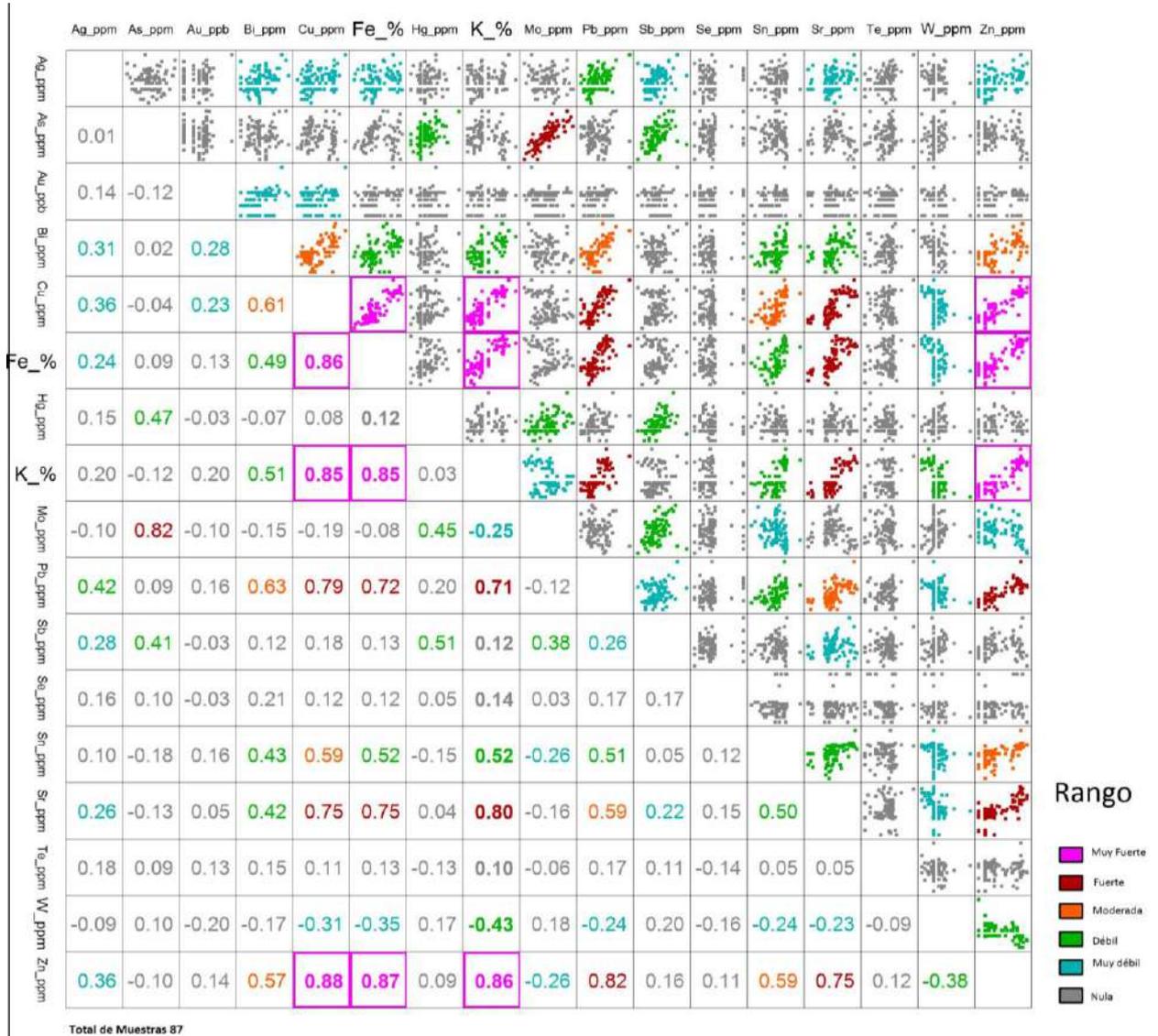
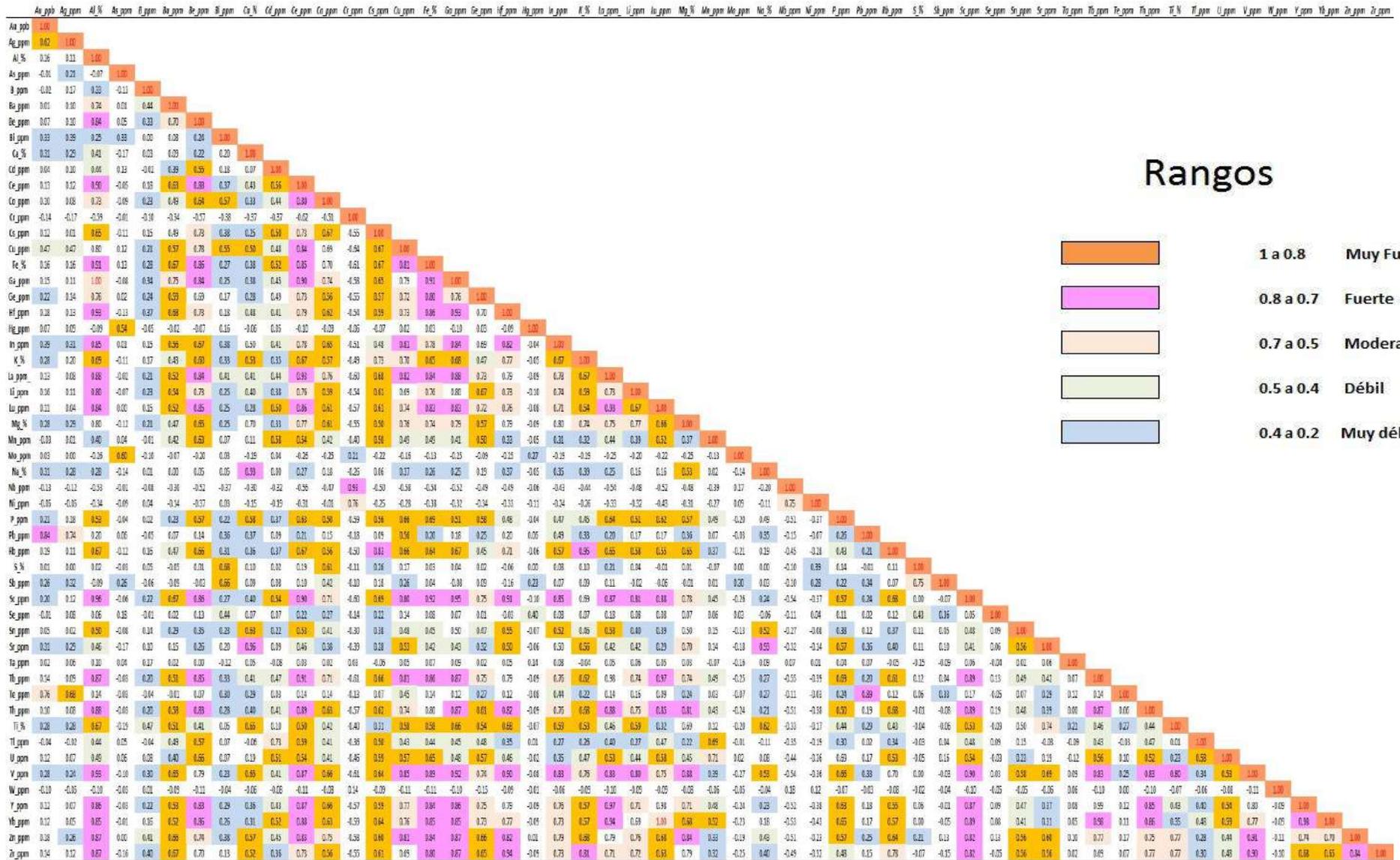


Tabla 5.6.- Coeficiente de Correlación de Pearson para todos los elementos en el target Ullapcham



“Anap Pampa Grande”

### 5.1.9. Distribución Geoquímica del W, Mo y As en la Anomalía Ullapcham

Un método complementario al análisis estadístico multivariado para determinar zonas potenciales para la exploración es revisar gráficamente los valores de los análisis y cómo éstos se distribuyen en la zona de estudio, identificando zonas donde los valores umbrales sean superiores a los ya recomendados; para esto se diseñaron mapas geoquímicos isovalóricos, que constituyen una herramienta de análisis gráfico que permite observar la distribución espacial de las concentraciones elementales y se pueden evaluar similitudes o diferencias respecto a las zonaciones o asociaciones geoquímicas esperables en un sistema del tipo Pórfido Cuprífero. Aparte de tener en cuenta la mineralogía de alteración es necesario hacer consideraciones acerca del comportamiento geoquímico de los elementos indicadores o “pathfinders” de un sistema tipo pórfido de Cu como Mo, As, W, entre otros. El comportamiento geoquímico del Mo es siderófilo con cierta tendencia calcófila, en una mineralización hipógena, este elemento posee una movilidad restringida a las cercanías del pórfido mineralizador; mientras que otros elementos como el As presenta una mayor movilidad y por lo tanto, mayores contenidos en las zonas más periféricas debido a su asociación a eventos volcánicos y su facilidad de formar compuestos con otros metales. Se aprecia una zona importante en contenidos de molibdeno, la cual coincide con el “lithocap síliceo”, esta zona presenta altas concentraciones de molibdeno observables en la muestra PG14\_120 (Mo 134.93 ppm) representando un importante valor ya que se ha determinado estadísticamente como contenido anómalo a todos los valores superiores a 31.93 ppm de molibdeno. En cuanto a las concentraciones de As, en la anomalía Ullapcham se reportan umbrales geoquímicos desde 95.24 hasta 240.08 ppm, sin embargo la muestra PG14\_057 reporta un valor moderadamente anómalo de 369 ppm As; por lo tanto todos estos valores por encima del umbral son considerados anómalos para efectos de la prospección. (Fig.5.9 y 5.10).

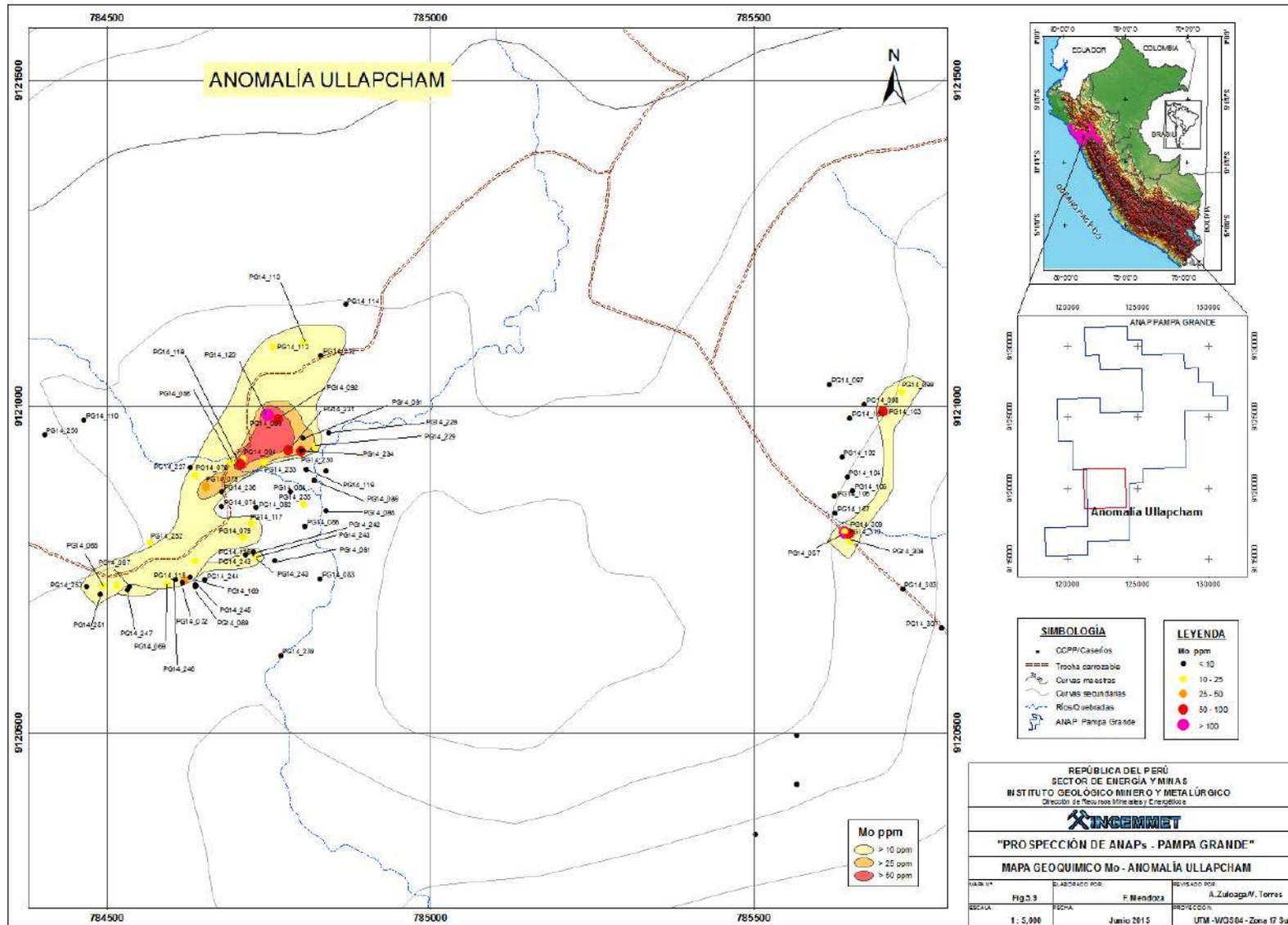


Fig. 5.9 Mapa geoquímico Mo-AnomalíaUllapcham

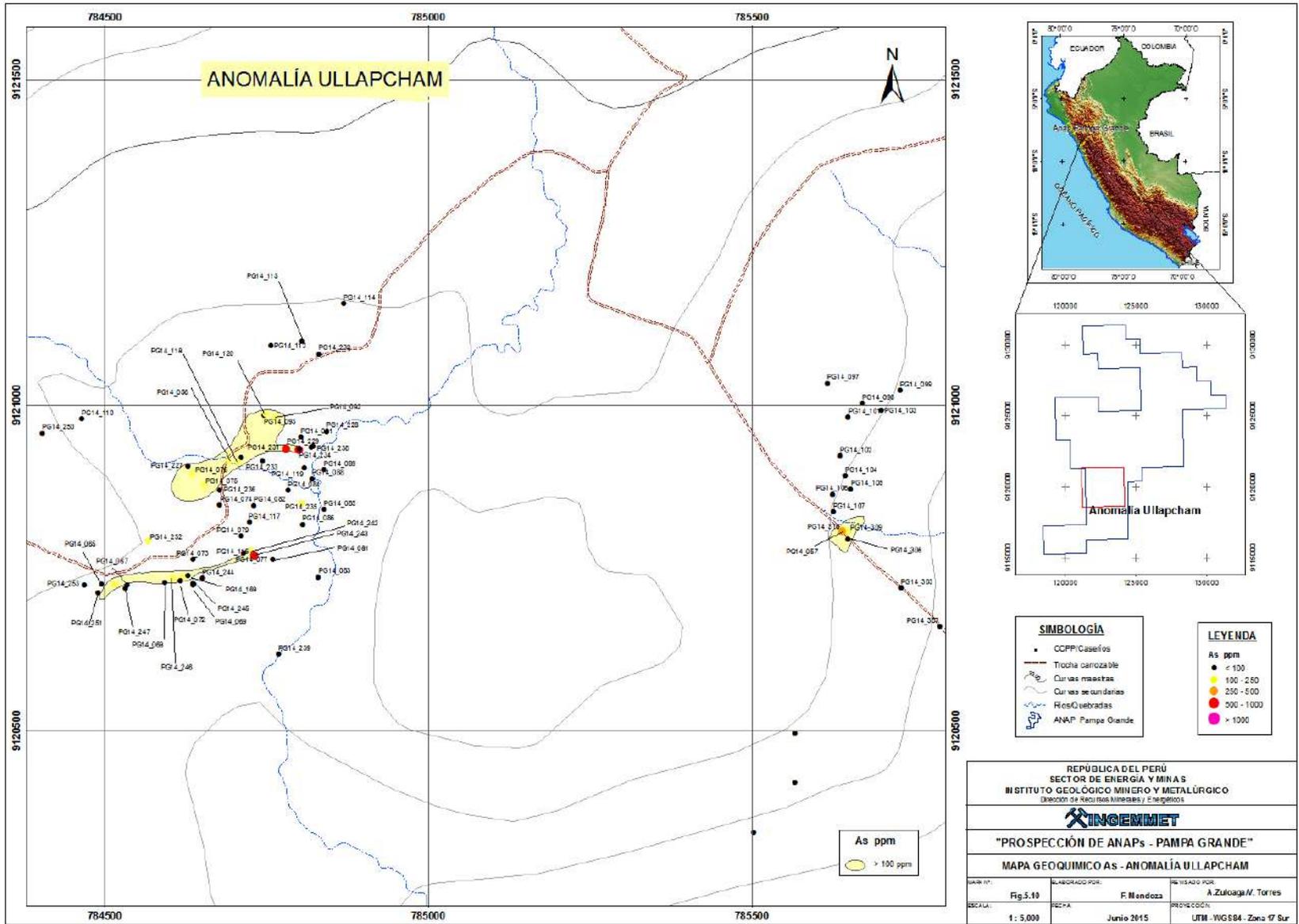


Fig. 5.10 Mapa geoquímico As-AnomaliaUllapcham

### 5.1.10. Conclusiones

De acuerdo a las observaciones de campo halladas durante los trabajos prospectivos se concluye que, las anomalías se asocian a un sistema transicional entre un epitermal de alta sulfuración a uno tipo pórfido de Cu , evidenciado por la presencia del lithocap silíceo en el cual se ha identificado la textura "patchy" que se exponen en algunas lugares, se relaciona a los niveles intermedios a inferiores del lithocap en donde la alteración argílica queda definida a los parches de illita y caolín en la textura parche (foto 5.5.), esta textura debería estar seguida por nivel con presencia de pirofilita que se asocian al incremento de temperatura, que luego al profundizar encontraríamos la textura wormy o agusanada, que correspondería básicamente al techo del pórfido. Cabe mencionar que en Ullapcham las firmas geoquímicas de un depósito tipo pórfido de Cobre esta evidenciada por anomalías de wolframio, molibdeno y arsénico; además en la muestras PG14\_112 presenta trazas de calcopirita 0.06 mm. Por su parte los resultados de la prospección geofísica definen que el material polarizable profundiza unos 100m, teniendo cargabilidades con rangos de 10 a 15mV/V, que se superpone a áreas de resistividades moderadas a bajas, rangos que van de 300 a 100 Ohm\*m. Esta anomalía geofísica es persistente a lo largo de 1.3km x 1km aproximadamente y profundiza hasta los 300m, por debajo de esta disminuye gradualmente la cantidad de material polarizable llegando a un rango de 7mV/V. En este Sector no se ha podido mapear anomalías geofísicas importantes; se especula que podríamos estar frente a un sistema tipo pórfido de cobre profundo no aflorante que no tuvo la fuerza suficiente para generar un halo de alteración más obvio.



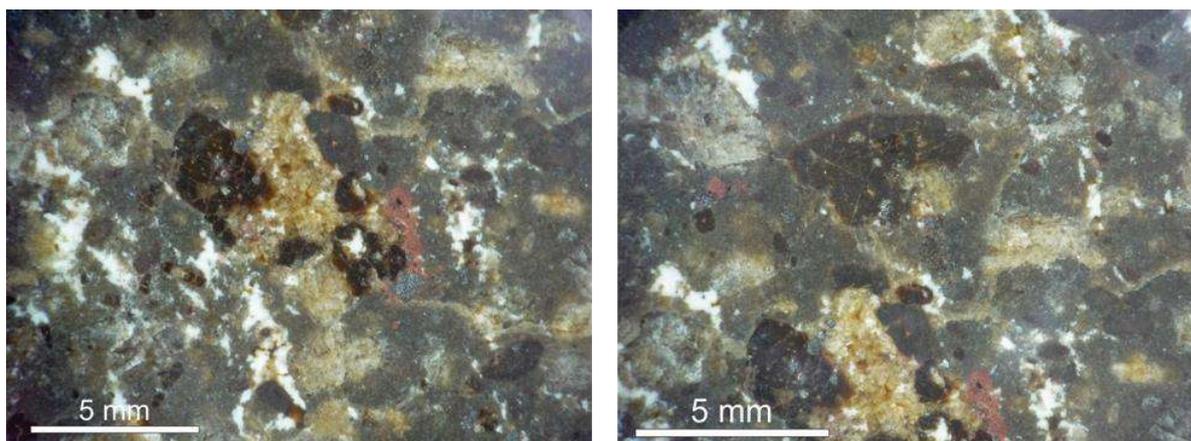
### 5.2.2. Geología local

El marco geológico local lo constituyen rocas del Grupo Calipuy de edad Oligomiocénico, dividido en dos unidades: Complejos Volcánicos de Caupar y Payhual, Secuencias que abarcan casi la totalidad de la superficie del ANAP Pampa Grande. Sus coordenadas centrales son 9°12', 265m y 785, 209m y altitud es de 3826 m.s.n.m. (Fig.5.C Anexo I)

En el sector San Apolonio aflora el tercer evento eruptivo Caupar (Po-cau/3) que consiste en lavas andesíticas de color gris verdoso claro, textura porfírica con fenocristales subhedrales de plagioclasa y cristales de anfíboles, se ha observado la presencia de excepcionales niveles de tobas de cristales, estas rocas presentan una alteración argílica a incipiente propilítica; tiene un espesor aproximado de 180 m. Estas rocas son cartografiables en los alrededores de los centros poblados de Payhual, San Agustín y a lo largo de los valles del río Pumasigue en el extremo noroeste de este target.

Las tobas de bloques y líticos conforman el primer evento del Payhual (Nm-pay/1) constituidos por depósitos de color gris blanquecino con clastos caóticos matriz soportada, esta constituye el 55% del total de la roca y consiste de ceniza y tobas de cristales con plagioclasa y anfíboles; que engloban a los bloques 15%, fragmentos líticos 20% y escasos pómez y trizas de vidrio los cuales no superan el 5%, los bloques son de formas subangulosas, diámetro que va de 40 a 6 cm, mientras que los líticos son de formas subangulosas a subredondeados y sus diámetros van de 3 a 1cm; como se detallan en el anexo III informe de petrografía. (Foto 5.9). Estos flujos se disponen en estratos gruesos de aspecto masivo con un rumbo preferencial N330° a 350° y buzamiento 20°NE.

Cubriendo a estos flujos piroclásticos se encuentran las lavas andesíticas que pertenecen al segundo evento eruptivo del evento Payhual (Nm-pay/2) son de color gris verdoso con textura porfídica, fenocristales de plagioclasa y cristales de piroxeno y anfíbol; se disponen en forma radial al probable centro de emisión, con inclinaciones de 20° a 25° al SO, SE, E y NE. Se le pueden observar en las cumbres de los cerros y son la roca huésped de la mineralización en este target (Foto 5.10).

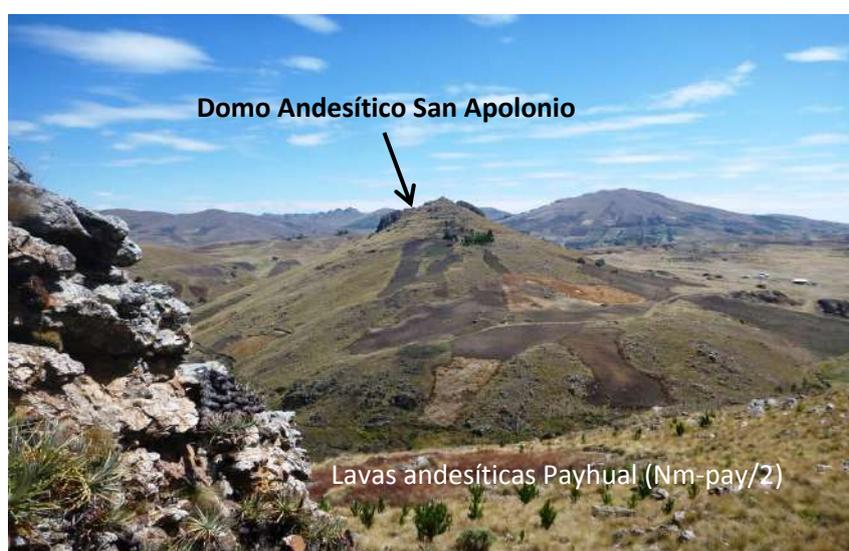


**Foto 5.9** Muestra PG14-203, Detalle de la andesita porfídica de color gris verdoso con textura porfírica, con cristales de plagioclasas subhedrales 25% (1mm-3mm) y fenocristales de Hornblenda hipidiomórfica 10% (2 a 5mm) y cristales de cuarzo anhedral 5% (cantidad incipiente), plagioclasas parcialmente alteradas y máficos parcialmente oxidados, micro venillas rellenas de arcillas y óxidos. ( Anexo III Informe de petrografía )

### 5.2.2.1. Rocas Ígneas

#### 5.2.2.1.1. Domo Andesítico San Apolonio

Aflora en San Apolonio y alrededores, se trata de pequeños cuerpos subvolcánicos andesíticos porfiríticos de color gris verdoso que cortan a los flujos piroclásticos y a las lavas andesíticas del Payhual. Este presenta un color gris verdoso con textura porfirítica con fenocristales de plagioclasa cuyo tamaño van de 1 - 3mm, son de forma subhedral, entre 70%, con una matriz microcristalina de cuarzo hialino anhedral < al 3 % y feldespato potásico 27 %; mientras que los minerales máficos están compuestos por hornblenda de 5 – 15 %, son de forma panidiomórfica a hipidiomórfica con rangos de tamaño entre 2 – 5 mm. Estas rocas presentan una débil a moderada alteración propilítica en donde los ferromagnesianos se alteran a magnetita que a su vez se altera a hematitas y en su matriz se observa algunos moldes de cristales reemplazados por arcillas, micas y óxidos inmersos en una matriz con microcristales de plagioclasas alterada a cuarzo, arcillas y en algunos casos a carbonatos y cloritas (Anexo III informe de petrografía).



**Foto 5.10** Vista panorámica del domo andesítico San Apolonio cortando a las lavas del Payhual.

### 5.2.3. Geología Estructural

El principal rasgo estructural lo constituye el lineamiento de Payhual–San Apolonio de dirección de N300°-310°; el cual pudo haber controlado la evolución del complejo volcánico Caupar-Payhual así como el emplazamiento de los cuerpos subvolcánicos San Apolonio y de la mineralización en este prospecto.

### 5.2.4. Alteración Hidrotermal

El sector afectado hidrotermalmente, tiene una forma semicircular alargada en sentido N60° con dimensiones de 1,2 km de largo por 0,4 km de ancho reconocidos por afloramientos, corte de carreteras, quedando abierta al norte. Además de las observaciones de campo, se han hecho los análisis mineralógicos por Difracción de Rayos X ó DRX, también se ha llevado a cabo los análisis de espectros de los minerales para 15 muestras, lo que ha permitido afinar mejor el procesamiento de las imágenes Áster logrando un mapeo de arcillas. Los reportes y detalles se adjuntan en la tabla 5.2 que resume los estudios mencionados, los mismos que permiten caracterizar y documentar las observaciones de campo. La información de campo y la generada mediante los estudios especializados antes descritos permitieron determinar la ocurrencia de zonas de alteración silíceo, argílica y propilítica (Fig.5.12).

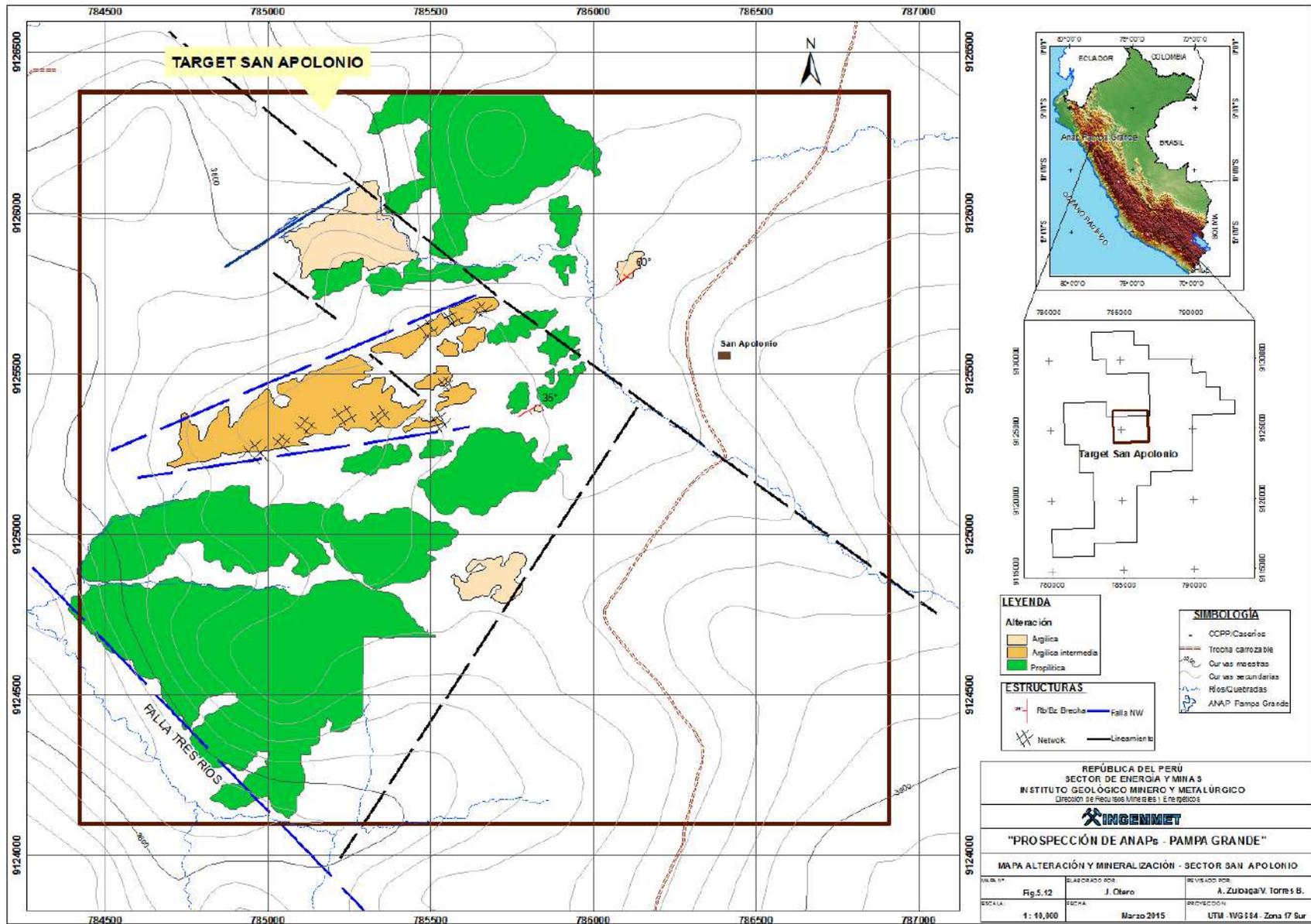


Fig. 5.12 Mapa de alteración target San Apolonio

#### 5.2.4.1. Alteración Propilítica

Las observaciones de campo sugieren que esta alteración se formó ampliamente en Los domos andesíticos generando un amplio halo de alteración que se extiende a lo largo y ancho de la zona de alteración semicircular reconocida hasta el presente. Este tipo de alteración se caracteriza por una asociación mineralógica de clorita - magnetita - pirita, con un grado de intensidad moderado.

#### 5.2.4.2. Alteración Argílica intermedia

Esta afecta a los cristales y matriz de las lavas andesíticas y en brechas se puede apreciar esta alteración en el cemento que afecta a la matriz, presenta una asociación paragenética de cuarzo – caolinita –diáspora – muscovita como lo documenta los análisis de las firmas espectrales y difracción de rayos X en las muestras PG14\_189, PG14\_193, PG14\_194, PG14\_195, PG14\_198, PG14\_203 y PG14\_224 las que proviene de las lavas andesíticas, mientras en las caja de la brecha se encuentran las muestras PG14\_207, PG14\_208 y PG 14-223. Esta alteración tiene una intensidad que va de moderada a débil. Tabla 5.7.

**Tabla 5.7.- Caracterización Petromineralógica con Estudios Especiales**

MUESTRA	PETROMINERAGRAFICOS	PIMA	RAYOS X
PG14_189	Roca Volcánica con cristales de plagioclasas y moldes de feldespatos, alteración silicificación, argílica y oxidación.	Illita-sílice-hematita	Cuarzo, caolinita, hematita, anatasa, muscovita, goethita.
PG14_193	Roca Volcánica con moldes de cristales reemplazados por arcillas y micas; alteración silicificación, argilización, oxidación	Caolinita-Halloysita	Cuarzo, caolinita, anatasa.
PG14_194	Roca Volcánica con moldes de feldespato reemplazados por arcillas e impregnados por goethita con vils de limonitas-goethita.	Caolinita-Halloysita	Cuarzo, caolinita, goethita, anatasa.
PG14_195	Roca Volcánica con moldes de cristales reemplazados por arcilla. Alteración argílica intermedia.	Caolinita-Halloysita	Cuarzo, caolinita, anatasa, hematita, diáspora.
PG14_198	Roca Volcánica con moldes de cristales reemplazados arcillas, hematita, goethita y micas (cloritas)	Caolinita-Halloysita-Goethita	Cuarzo, caolinita, anatasa, hematita, uvarovita.
PG14_203	Andesita con fenocristales de plagioclasas y magnetita alterada a hematita. Alteración argilización, silicificación, oxidación, carbonatación.		Cuarzo, anortita, augita, nontronita, ortoclasa, smithsonita.
PG14_207		Caolinita-limonita-sílice	Cuarzo, goethita, caolinita.
PG14_208		Halloyista-limonita-sílice	Cuarzo, caolinita, goethita, bixbyita, anatasa, halita, dolomita, siderita.
PG14_211	Roca Volcánica moldes feldespatos reemplazados arcillas y sílice, fract con hematita, diss pirita. Inmersos en una matriz conformada por plagioclasas alteradas a arcillas e impregnadas por óxidos.	Caolinita-Goethita-sílice	Cuarzo, caolinita, hematita, anatasa.
PG14_214	Roca Volcánica moldes feldespatos con relictos de plagioclasas, reemplazados cloritas, arcillas con óxidos; moldes ferromagnesianos reemplazados por cloritas y goethita.	Halloyista-limonita-sílice	Cuarzo, caolinita, anatasa, hematita.
PG14_215	Andesita porfírica con moldes de cristales alterados arcillas y micas, de ferromagnesianos reemplazados por micas. Alteración argilización, silicificación, cloritización, oxidación		Cuarzo, caolinita, anatasa.
PG14_217	Andesita con plagioclasas reemplazados por micas, arcillas e impregnadas por óxidos; Presentan venillas rellenas por goethita y hematita. Alteración argilización y oxidación.	Caolinita-sílice-goethita	Cuarzo, caolinita, nesquehonita, anatasa, goethita.
PG14_221		Caolinita-sílice-goethita	Cuarzo, caolinita, hematita, anatasa, uvarovita, fayalita.
PG14_223	Roca Volcánica con moldes de cristales y matriz reemplazados por arcillas, micas e impregnados por hematita y goethita	Caolinita-Goethita-Sílice	Cuarzo, caolinita, goethita.
PG14_224	Roca Volcánica moldes de cristales de plagioclasas, feldespatos reemplazadas arcillas, micas y moldes de máficos reemplazados por goethita; matriz conformada por feldespatos alterados a arcillas, cuarzo y cloritas.		Cuarzo, caolinita, goethita, anatasa.

### 5.2.4.3. Alteración Argílica

Se encuentra relacionada por las rocas cajas en la venillas de sílice con óxidos en las andesitas porfíricas. Los análisis DRX de la muestras PG 14- 211, PG 14- 214, PG14\_215 y PG 14- 217 ubicadas en las lavas andesíticas mientras que en las cajas de la brecha se encuentran las muestras PG 14- 221 y PG 14-223. Esta alteración tiene una intensidad moderada y muestra el ensamble de jarosita – sericita – caolinita. (Fig.5.13 y Foto 5.11).

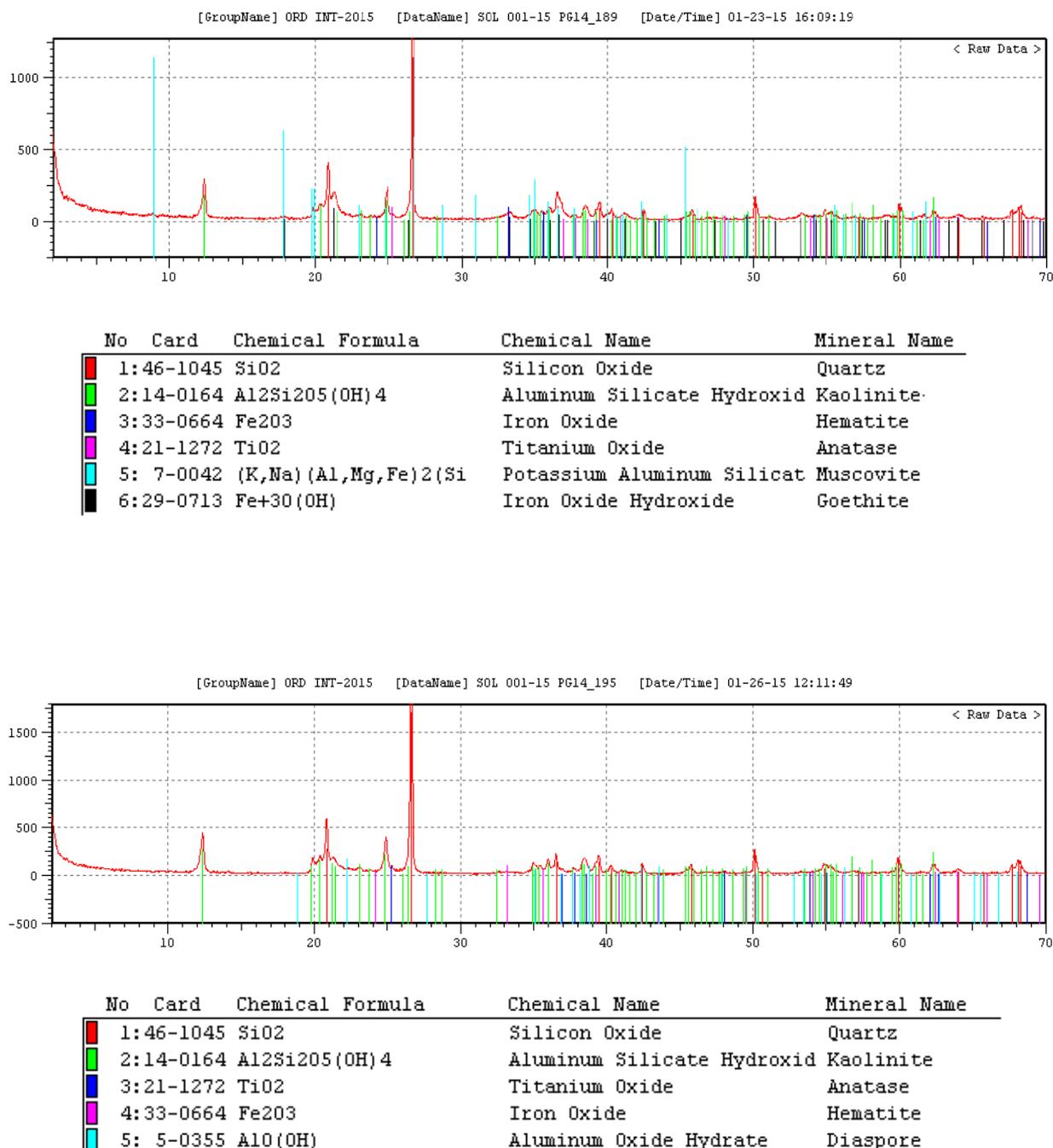
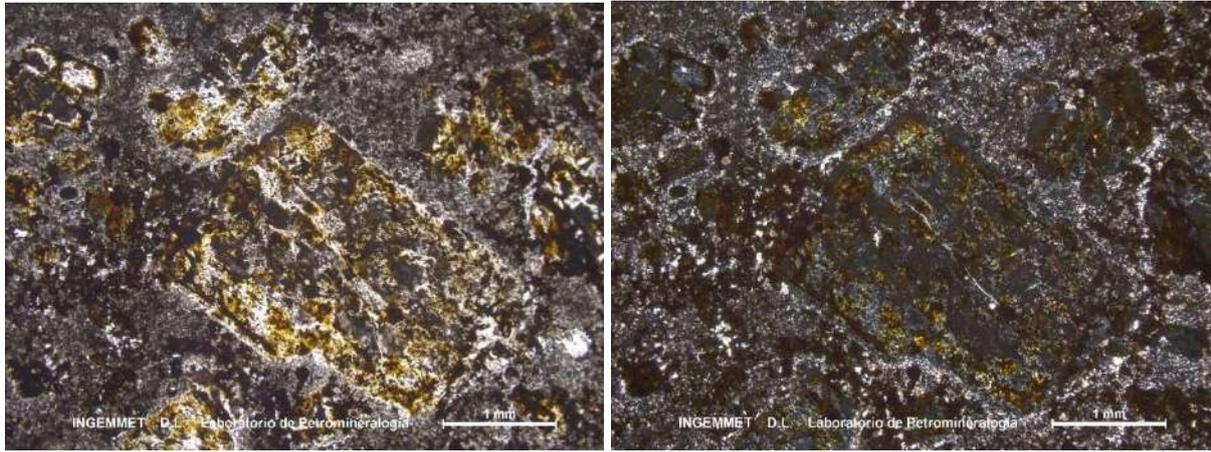


Fig. 5.13 Difractogramas de rayos X para las muestras PG14\_189 y PG14\_195



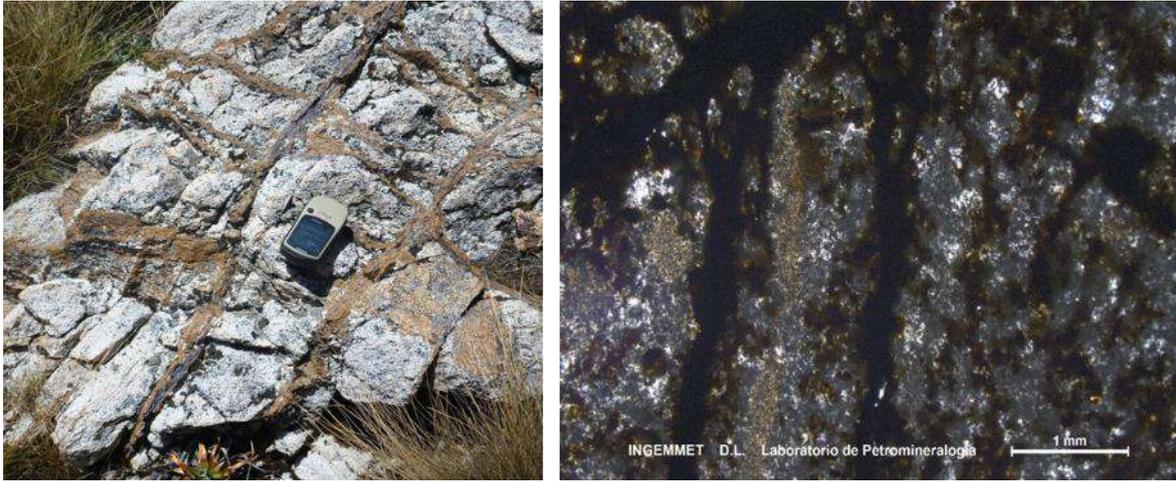
**Foto 5.11** Microfotografía de la muestra PG14\_195; se observa los moldes de cristales reemplazados por arcillas e impregnadas por goethita, están inmersos en una matriz alterada por cuarzo y arcillas (Anexo III informe de petrografía)

#### 5.2.4.4. Alteración Silíceea

Ocurre predominantemente en el Sector Norte y Sur de la anomalía San Apolonio esta alteración se encuentra relacionado a las estructuras de brechas tabulares y lenticulares del Sector Norte y a las zonas de brecha craqueladas. La alteración silíceea también está relacionada a un pulso que generaría a las brechas lenticulares las cuales la sílice ha invadido parcialmente en la matriz de las mismas lo que les ha proporcionado una mayor resistencia a la erosión. (Foto 5.12 y 5.13).



**Foto 5.12** Detalle del cuerpo de brecha freática con matriz soportada tipo polvo de roca cuyo cemento es sílice arcillas también se registra presencia de carbonatos siderita y smithsonita.



**Foto 5.13** Detalle de las venillas irregulares de sílice con óxidos y fotomicrografía (derecha) de la muestra PG14\_207 en donde se observa las venillas rellenas por limonita y goethita que en el campo registra direcciones de N320°/70°NE, N45°/70°NW, N290°/65°SW, N350°/70°NW. (Anexo III informe de petrografía)

### 5.2.5. Tipos de Mineralización

La mineralización en este sector se ha desarrollado mayormente en venillas irregulares tipo network denominadas San Apolonio compuestas de sílice gris con óxidos de anchos promedio de 2 centímetros con rumbo N50° a 60° N70° a 80°, N20° a 30° y N300° a 310°, estas estructuras se han desarrollado en las andesitas de color gris blanquecino de textura porfírica con fenocristales de plagioclasas que tienen una alteración tipo Argílica intermedia y abarca una superficie que tiene una dirección de N60°, área de 1,5 km de largo por 0,3 km de ancho. Además se han reconocido 02 estructuras lenticulares discontinuas de brechas hidrotermales:

#### 5.2.5.1. Brechas Hidrotermales “Rosita”

Las brechas forman dos cuerpos que de Norte a Sur fueron denominados Brecha Rosita Norte, y Brecha Rosita Sur. En general, se trata de brechas polimícticas matriz soportada, esta representa el 35% del total de la estructura, constituida por roca triturada, pulverizada cementada por los fluidos hidrotermales compuestos por sílice, arcillas como caolinita, también se observan carbonatos (siderita y smithsonita) y óxidos tales como goethita, hematita, los clastos alcanza el 65%, compuestos mayormente de cuarcitas de color gris blanquecinos y en menor cantidad de andesita porfídica de color gris rojiza con fenocristales de forma subangulosos a subredondeados, presentan diámetros que van desde algunos milímetros hasta los 13 cm en promedio alcanzan los 5 cm. Estos se encuentran afectados por la alteración hidrotermal.

**Brecha Rosita Norte** aflora un cuerpo de brecha matriz soportada menor al 20% está constituida por cristales y moldes de plagioclasas y feldespatos, reemplazadas por arcillas, micas e impregnadas por óxidos. El cemento se compone de sílice, goethita y arcillas tales como la caolinita, se observan venillas rellenas por sílice, goethita y hematita; que cortan a la matriz. Los clastos están 80% distribuidos en: cuarcitas 50% y andesitas porfírica 30% son de forma subangulosos a subredondeados, con diámetros mayores a 15 cm en promedio y alcanzan 6 cm. La morfología del afloramiento de esta brecha es de forma lenticular con anchos que van de 2.5 a 0.8 m y una longitud de 1.70 m, con una orientación N40°/60°NW (Foto 5.14 y Fig.5.14).

“Anap Pampa Grande”

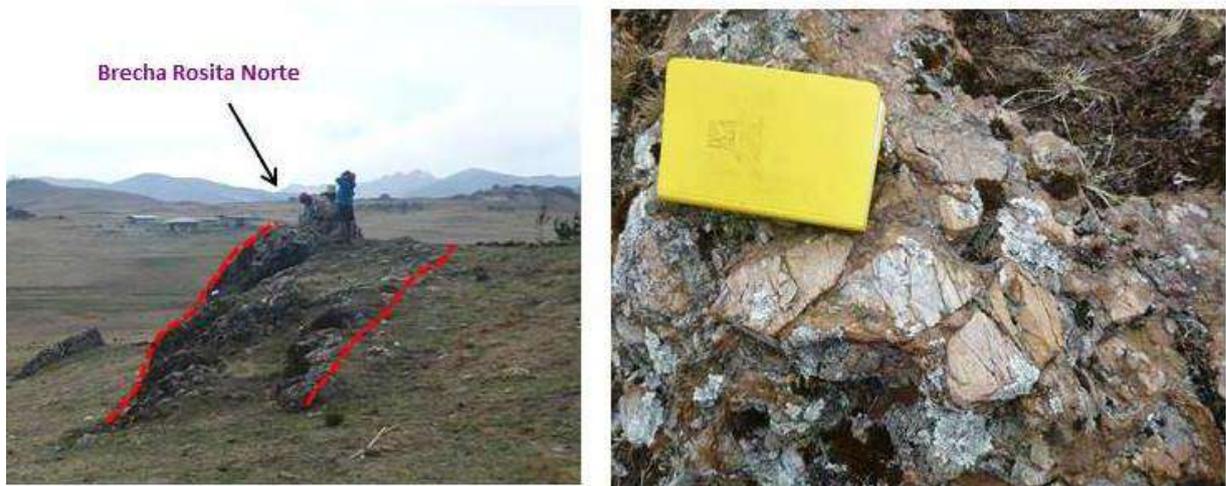


Foto 5.14 Vista Panorámica y detalle de la Brecha Rosita Norte

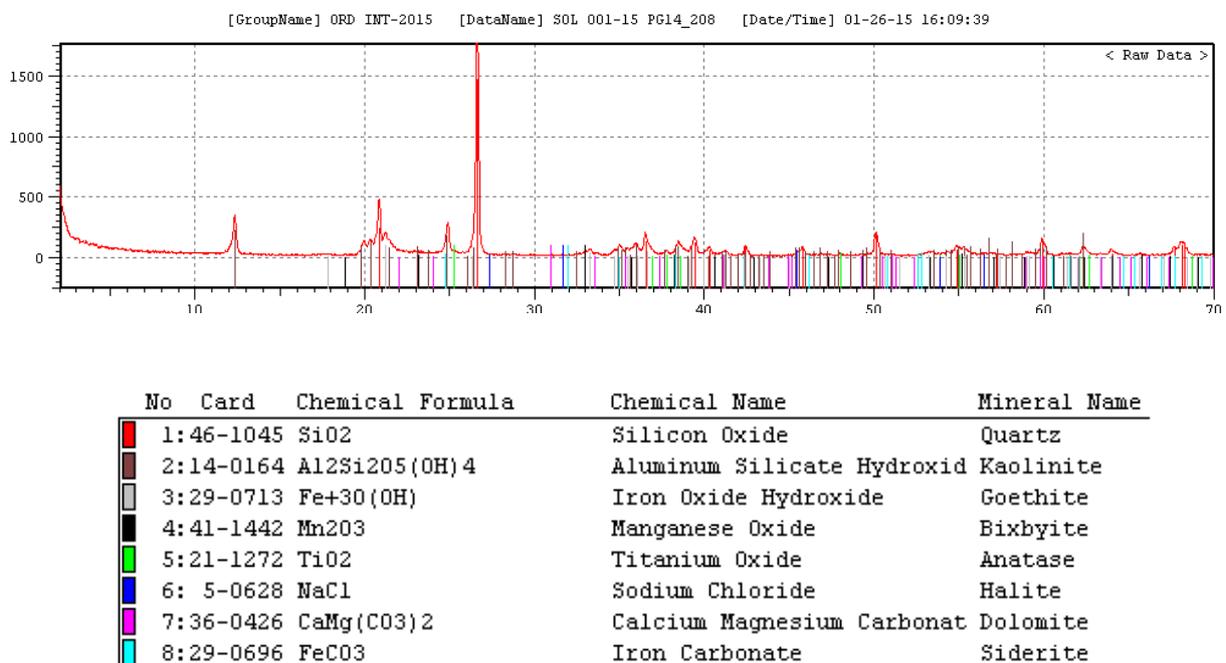
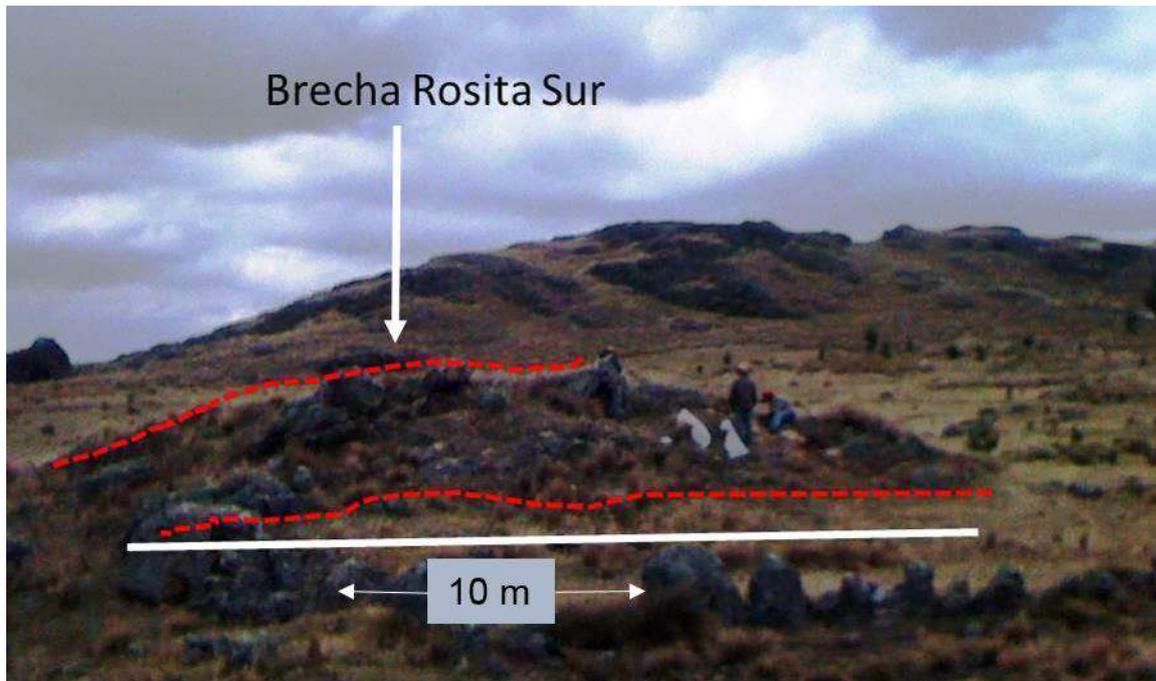


Fig. 5.14 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_208; tomada en la **Brecha Rosita Norte**.

Unos 900m al SW de la Brecha Rosita Norte, aflora un pequeño cuerpo de brecha, aproximadamente 10 m de longitud, de ancho 1.6 m y tiene una orientación de N65°/55°SE, en general exhibe rasgos similares a la Brecha Rosita Norte. Sin embargo, se observó que esta brecha difiere de la otra en cuanto la presencia de matriz superior 25%, forma de los clastos estos son de forma subangulosas a angulosas poco transportados y tiene un diámetro de unos 13 cm los mayores y en promedio alcanza los 5 cm.

La morfología del afloramiento de esta brecha es de forma lenticular con anchos que van de 1.6 a 0.8 m. Presenta una moderada silicificación con orientación N65° a 80°/35°SE. (Foto 5.15 y 5.16).



**Foto 5.15** Vista Panorámica de la Brecha Rosita Sur.



**Foto 5.16** Detalle de la Brecha Rosita Sur

#### 5.2.5.2. Venillas tipos Stockwork y Network

Estos tipos de venillas se desarrollan en las andesitas porfíricas en el sector San Apolonio, están conformadas por sílice gris con óxidos tiene anchos centimétricos, de rumbo  $N65^{\circ}/35^{\circ}SE$  que cambia de dirección en la segunda estructura de brecha ( $N40^{\circ}/60^{\circ}NW$ ) con un ancho de 0,80 m. y de corrida de afloramiento de 3 m. Las rocas huésped consisten de lavas andesíticas porfíricas intercaladas con tobas cristalolíticas presenta alteración de argílica intermedia. (Foto 5.17 y Fig.5.15)

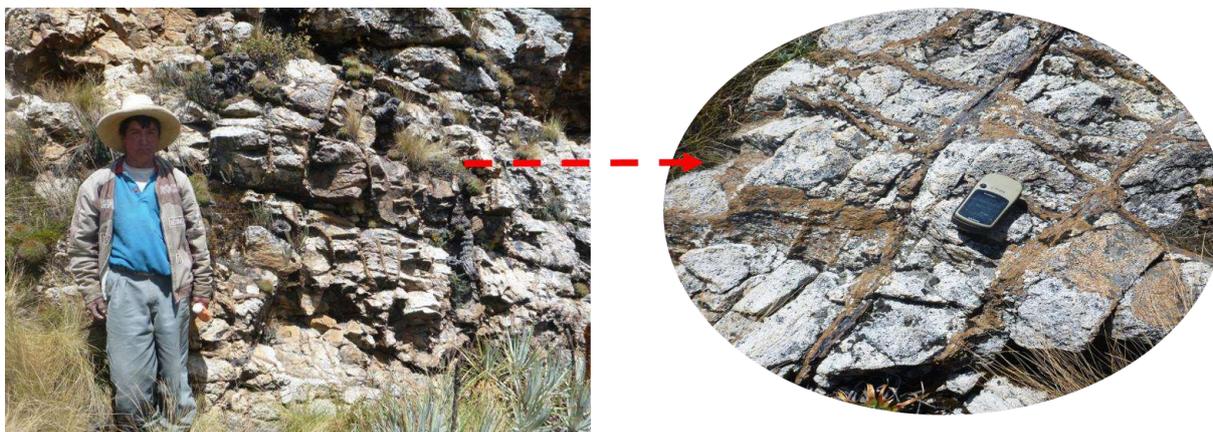


Foto 5.17 Detalles de las venillas de sílice con óxidos en san Apolonio.

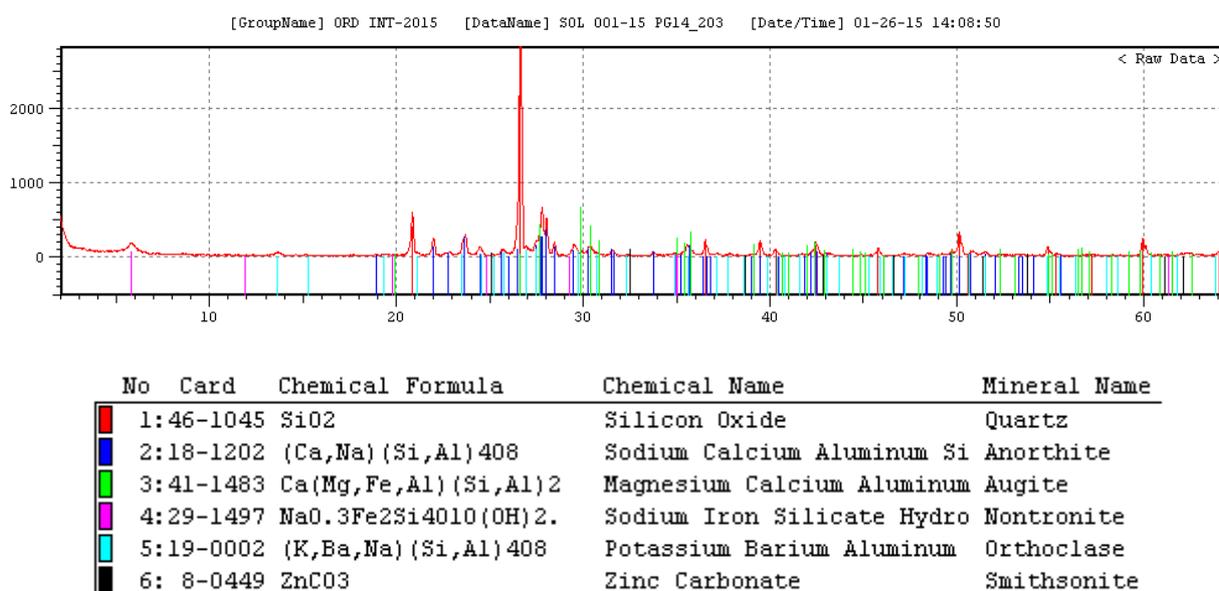


Fig. 5.15 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_203; recolectada en las venillas tipo network.

### 5.2.6. Control de la Mineralización

La mineralización estaría controlada por el emplazamiento del domo andesítico gris verdoso de textura porfírica con fenocristales de plagioclasas y anfíboles (estos ferromagnesianos se alteran a magnetita) son de forma subhedral, expone una alteración propilítica moderada a débil cuya asociación mineralógica es clorita- epidota-magnetita. Estos domos cortan a la roca caja, consiste de lavas a tobas cristalolíticas que presenta una alteración argílica intermedia de asociación paragenética cuarzo – caolinita –diaspora – muscovita. Con dos cuerpos de brecha hidrotermal que se disponen con dirección N40° a 65° y su buzamiento es al NW y SE. Por su partes las venillas tipos stockwork y network se disponen en direcciones preferenciales las cuales son: N300°-320°/65°-70°NE, N280°-290°/35°NE a 55°SW, N20°- 50°/45°SE a 70NW y N350°/70°NE estas reporta valores anómalos para el Zn (> 100 ppm) y Hg (> 1 ppm), que delimitan una superficie de 1,5 km de largo por 0,3 km de dirección de N60°. No se han encontrado anomalías de Au, Ag Cu y Pb.

### 5.2.7. Tipo de depósito

Este puede estar relacionada a la presencia de un cuerpo intrusivo o un posible stock no aflorante, el cual puede haber generado la mineralización al emplazarse y está constituida por las estructuras de escape, conformadas por venillas irregulares sílice gris con óxidos de anchos promedio de 02 centímetros de rumbo N50° a 60° N70° a 80°, N20° a 30° y N300° a 310°, tipos stockwork y network además asociado al emplazamiento de este cuerpo se han reconocido 02 estructuras lenticulares discontinuas de brechas hidrotermales (Fig. 5.16)

### 5.2.8. Prospección Geoquímica de rocas

#### 5.2.8.1. Población Anomalía San Apolonio

Como se puede observar en las (tablas 5.7-5.8) y (Fig.5.17 y 5.18), en esta zona se concentran una significativa cantidad de concentraciones anómalas de zinc y mercurio identificadas, los valores anómalos para el Zn están por encima de los >100 ppm, estos se correlacionan consistentemente con anomalías de Hg > 1 ppm; y se relacionan a las estructuras de escape y cuerpos vetiformes de brecha polimícticas matriz soportada, esta representa el 35% del total de la estructura, constituida por roca triturada, pulverizada cementada por los fluidos hidrotermales compuestos por sílice, arcillas como caolinita, también se observan carbonatos (siderita y smithsonita) y óxidos tales como goethita, hematita, los clastos alcanza el 65%, compuestos mayormente de cuarcitas de color gris blanquecinos y en menor cantidad de andesita porfídica de color gris rojiza con fenocristales de forma subangulosos a subredondeados, presentan diámetros en un amplio rango que van desde algunos milímetros hasta los 13 cm en promedio tienen 5 cm. Estas anomalías ocupan una superficie de 1,5 km por 0,3 km de dirección de N60°. Se observa una cierta correlación entre las anomalías moderadas de Zn con las del Hg, no se han encontrado anomalías de Au, Ag, Cu ni de Pb. Tabla 5.9.

Se han recolectado una 99 distribuidas en 88 muestras de esquirla de roca y 11 muestras de suelo, para poder determinar los parámetros geoestadísticos necesarios para el diseño de las anomalías geoquímicas para este prospecto; se decidió trabajar con dos poblaciones tabla 5.8

**Tabla 5.8.-** Población estadística para muestras en la Anomalía San Apolonio

<b>Anomalía San Apolonio</b>	<b>Ambiente Geológico</b>	<b>Unidad Geológica</b>	<b>Muestras</b>
<b>Lavas Andesíticas</b>	Lavas	Centro Volcánico Payhual	43
<b>Domo Andesíticos</b>	Cuerpos Subvolcánicos.	Cuerpos Subvolcánicos de Andesitas Porfíricas	56
<b>Total</b>			99

#### 5.2.8.2. Población Lavas Andesíticas

En este destacan la ocurrencia de anomalías en zinc que van de bajas a moderadas, como reporta las muestras PG14\_194 con valores de Zn 211 ppm y en Hg 5.52 ppm. Por otro lado para el mercurio éstas se encuentran entre altas a muy altas; muestra PG14\_213 con valores

de Zn 152 ppm y Hg 16.9 ppm. Mientras que para el caso de la muestra PG14\_209 presenta valores en Zn 189 ppm y tiene una moderada anomalía en Mo de 46.05 ppm; destacándose unas 27 muestras con anomalías que van de débiles a moderadas las demás muestras no registran anomalías geoquímicas.

**Tabla 5.9.-** Parámetros estadísticos para las Lavas Andesíticas del Centro Volcánico Payhual en la Anomalía San Apolonio

Variable	Unds.	N° de datos Obs.	Valor Mínimo	Valor Máximo	Media	Desv. Estd.	Background	TRESHOLD		
								Anomalía Posible	Anomalía Probable	Anomalía Cierta
Au	ppm	43	2	10	3.47	1.56	3.47	5.03	6.59	8.15
Ag	ppm	43	0.01	0.36	0.04	0.06	0.04	0.11	0.17	0.24
Cu	ppm	43	7.8	34	15.5	7.15	15.5	22.64	29.79	36.94
Pb	ppm	43	2.4	54	7.67	9.54	7.67	17.21	26.75	36.3
Zn	ppm	43	7	211	46.28	47	46.28	93.27	140.27	187.26
Mo	ppm	43	0.43	46	2.34	7.31	2.34	9.65	16.96	24.27
W	ppm	43	0.02	1	0.09	0.09	0.09	0.18	0.27	0.36
Mn	ppm	43	6	1720	98.01	400.06	98.01	498.07	898.13	1298.2
As	ppm	43	0.6	80	5.39	17.21	5.39	22.59	39.8	57.01
V	ppm	43	33	135	74.31	24.78	74.31	99.09	123.88	148.66
Sb	ppm	43	0.12	3	0.41	0.57	0.41	0.98	1.56	2.13
Ba	ppm	43	2	669	17.43	122.41	17.43	139.84	262.25	384.65
Bi	ppm	43	0.001	0.28	0.02	0.05	0.02	0.08	0.13	0.18
Ca	%	43	0.001	3.26	0.02	0.75	0.02	0.76	1.51	2.26
Hg	ppm	43	0.007	17.3	0.78	4.31	0.78	5.08	9.39	13.70

**Tabla 5.10.-** Anomalías geoquímicas para las Lavas Andesíticas del Centro Volcánico Payhual en la Anomalía San Apolonio

# Muestra	Au ppm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
PG14_187	0.002	0.13	13.5	10.1	125	2.98	7	1.17	0.75	<0.02
PG14_188	0.003	0.09	9	5.8	79	1.56	3	1.13	0.22	<0.02
PG14_189	0.004	0.2	34.3	28.5	83	14.76	70	9.37	3.46	0.02
PG14_190	0.003	0.05	9.2	6.7	10	4.15	15	1.46	0.46	<0.02
PG14_194	0.005	0.36	23.9	14.4	211	4.69	10	5.52	0.54	0.18
PG14_195	0.005	0.07	19.9	7	42	1.73	8	0.85	0.42	0.02
PG14_197	0.004	0.05	28.7	9	114	4.43	6	1.4	0.4	<0.02
PG14_198	0.004	0.12	13.5	6.7	51	2.06	4	0.59	0.29	<0.02
PG14_199	0.002	0.06	9.2	7.7	41	2.78	7	2.49	0.43	<0.02
PG14_200	0.004	0.03	11.9	4.9	8	1.48	5	0.56	0.29	<0.02
PG14_202	0.003	0.03	11.2	8.9	56	2.8	25	3.2	0.46	<0.02

# Muestra	Au ppm	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
PG14_207	0.005	0.03	15.3	8.6	49	7.19	13	1.47	0.29	0.05
PG14_209	0.01	0.1	27.6	34.9	189	46.05	80	6.89	1.27	0.04
PG14_211	0.002	0.02	12.2	6.5	39	1.21	3	5.02	0.28	<0.02
PG14_212	0.004	0.01	12	3.6	11	0.43	2	1.61	0.24	<0.02
PG14_213	0.003	0.07	33.3	17.6	152	5.12	8	16.9	0.48	<0.02
PG14_214	0.005	0.06	12.3	7.7	21	1.35	3	12	0.35	0.02
PG14_215	0.003	0.01	8	5.3	16	0.6	3	5.46	0.3	<0.02
PG14_216	0.005	0.04	15.1	3.2	75	0.84	3	0.1	0.3	<0.02
PG14_217	0.002	0.03	29.8	15.4	70	8.26	5	0.21	0.76	0.1
PG14_218	0.004	0.04	15.4	5.1	49	3.38	3	0.07	0.26	0.06
PG14_220	0.003	0.02	18.7	4	49	3.27	3	0.02	0.43	0.05
PG14_221	0.007	0.04	21.5	6	39	2	3	0.04	0.47	0.04
PG14_222	0.004	0.04	28.2	5.1	77	0.86	4	<0.01	0.36	0.03
PG14_223	0.003	0.03	18.7	6.6	29	2.7	9	2.05	0.18	0.08
PG14_224	0.004	0.15	14.5	7	156	0.96	10	0.09	0.27	0.15
PG14_276	0.005	0.09	17.9	7.8	48	2.09	6	0.49	0.24	0.28
PG14_284	0.002	0.04	12	53.5	48	4.95	7	4.5	0.87	0.05
PG14_285	0.003	0.01	9.3	6.2	12	3.49	7	8.64	0.91	0.03
PG14_286	0.002	0.03	12.2	7.4	32	0.79	4	2.5	0.72	0.04
PG14_287	0.005	0.03	17.4	5.3	75	1.5	4	0.06	0.24	<0.02
PG14_288	0.002	0.02	13	4.9	40	0.94	3	2.08	0.27	0.04
PG14_291	0.005	0.01	7.8	4.8	15	1.04	2	2.2	0.35	0.04
PG14_292	0.003	0.03	11.3	7.6	43	1.51	4	3.26	0.56	0.03
PG14_293	0.004	0.02	12.4	8.3	88	2.04	3	17.3	0.16	0.03
PG14_294	0.005	0.01	11	7.7	7	0.52	<1	3.65	0.12	<0.02
PG14_295	0.002	0.18	16.2	18.3	13	5.16	12	9.35	2.1	0.08
PG14_297	0.002	0.04	17.6	3.5	72	1.03	4	0.02	0.22	<0.02
PG14_298	0.003	0.05	25.4	7.5	86	4.75	1	0.02	0.28	0.03
PG14_267	0.002	<0.01	14	2.4	64	1.29	4	0.01	0.66	<0.02
PG14_300	0.004	0.05	14.6	5	57	1.65	5	0.02	0.59	<0.02

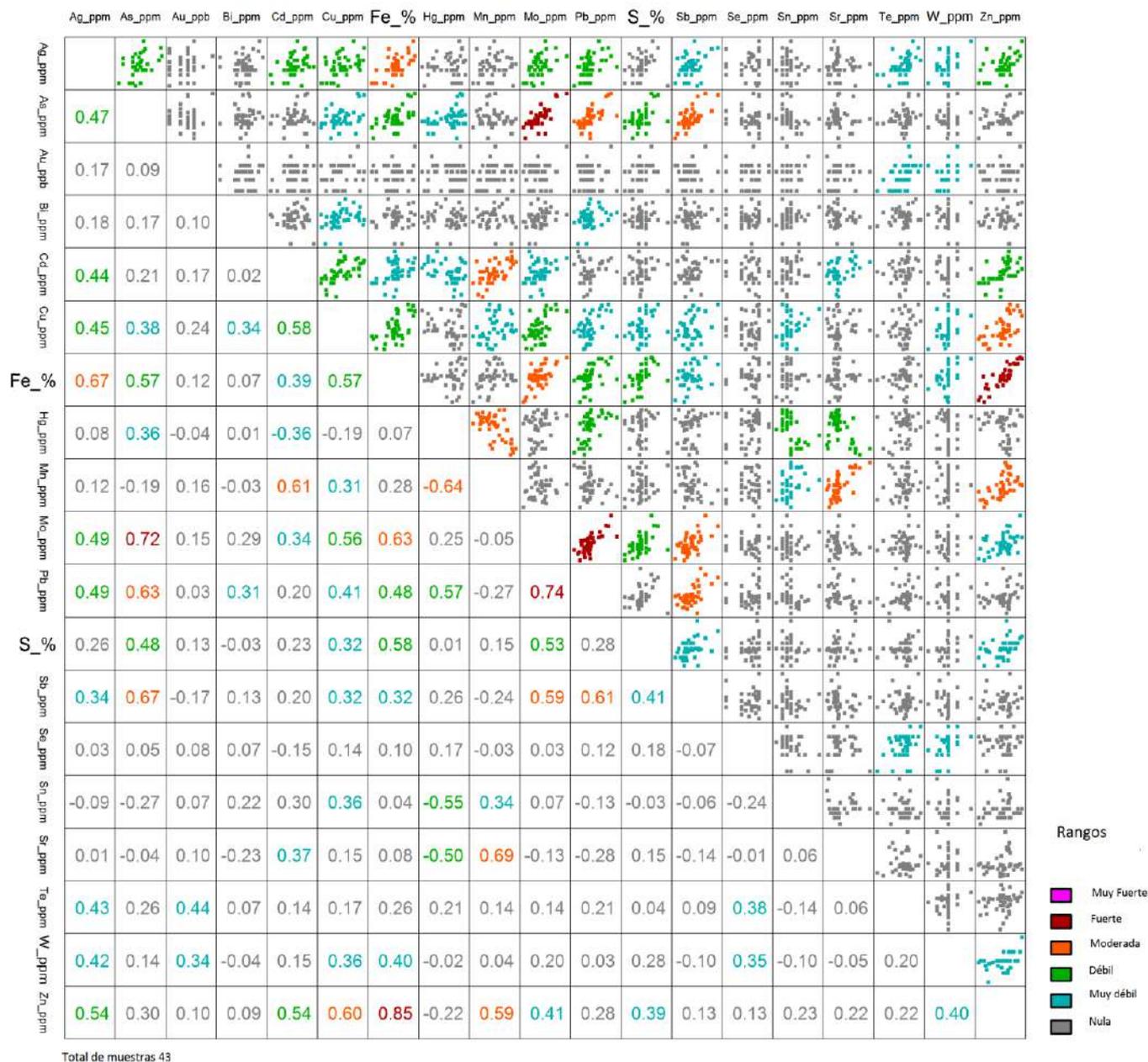
En celeste valores anómalos bajos moderados, amarillo valores anómalos altos y fucsia valores muy altos.

De los 19 elementos principales analizados en las 43 muestras, solo presentan fuertes correlaciones Fe/Zn (0.85), Pb/Mo (0.74) y As/Mo (0.72); moderadas para el Ag/Fe (0.67), As//Mo (0.59) As/Pb (0.63), As/Sb (0.67), As/Sb (0.67), Fe/Mo (0.63), Hg/Mn(-0.64), As/Sb (0.67), Mo/Sb (0.59), Pb/Sb (0.61), Cd/Mn (0.61), Cu/Zn (0.60),y débil Ag/Mo (0.49), Ag/As (0.47), Ag/Cd (0.44), Ag/Cu (0.45), Ag/Mo (0.49), Ag/Pb (0.49),Ag/Zn (0.54), As/Fe (0.57), Cd/Cu (0.58), Cu/Fe (0.57), Cu/Mo (0.56) Mn/Zn (0.59), Cu/Mo (0.56), Pb/Fe (0.48), Hg/Pb (0.57), Mo/Sb (0.59), Sn/Hg (-0.55), Mo/S (0.53) y Fe/S (0.58). Por otro lado tienen muy débil correlación Ag/Sb (0.34), Ag/Te (0.43), Ag/W (0.42), As/Cu (0.38), As/Hg (0.36), As/S (0.48),Cu/Bi(0.34), Cd/Fe (0.39), Mo/Cd (0.34), W/Zn(0.40), Mo/Zn (0.41), S/Zn(0.39), Cu/Mn (0.31), Cd/Mo (0.34), Cu/S (0.32), Pb/Bi (0.31), Cu/Pb (0.41), Cu/Sn ( 0.36), Sn/Mn (0.34),

“Anap Pampa Grande”

Sr/Cd(0.37) y Fe/Cu (0.32) S/Sb (0.41), Cu/Sn (0.36) entre otros elementos (tabla 5.10). Por otro lado se ha considerado necesario determinar los coeficientes de correlación para todos los elementos involucrados en esta población, esto se aprecia en la tabla 5.11. Destacan los coeficientes de correlaciones moderadas para el Au/As (0.41), Au/Mo (0.55), Au/Fe (0.31), Au/Cu (0.25), Au/Te (0.33), Au/Cu (0.30) y Au/Zn (0.30).

**Tabla 5.11.-** Coeficiente de Correlación de Pearson para los 19 elementos principales en el target San Apolonio para las Lavas Andesíticas del Centro Volcánico Payhual.





Venillas tipo Network



Brecha Hidrotermal Rosita

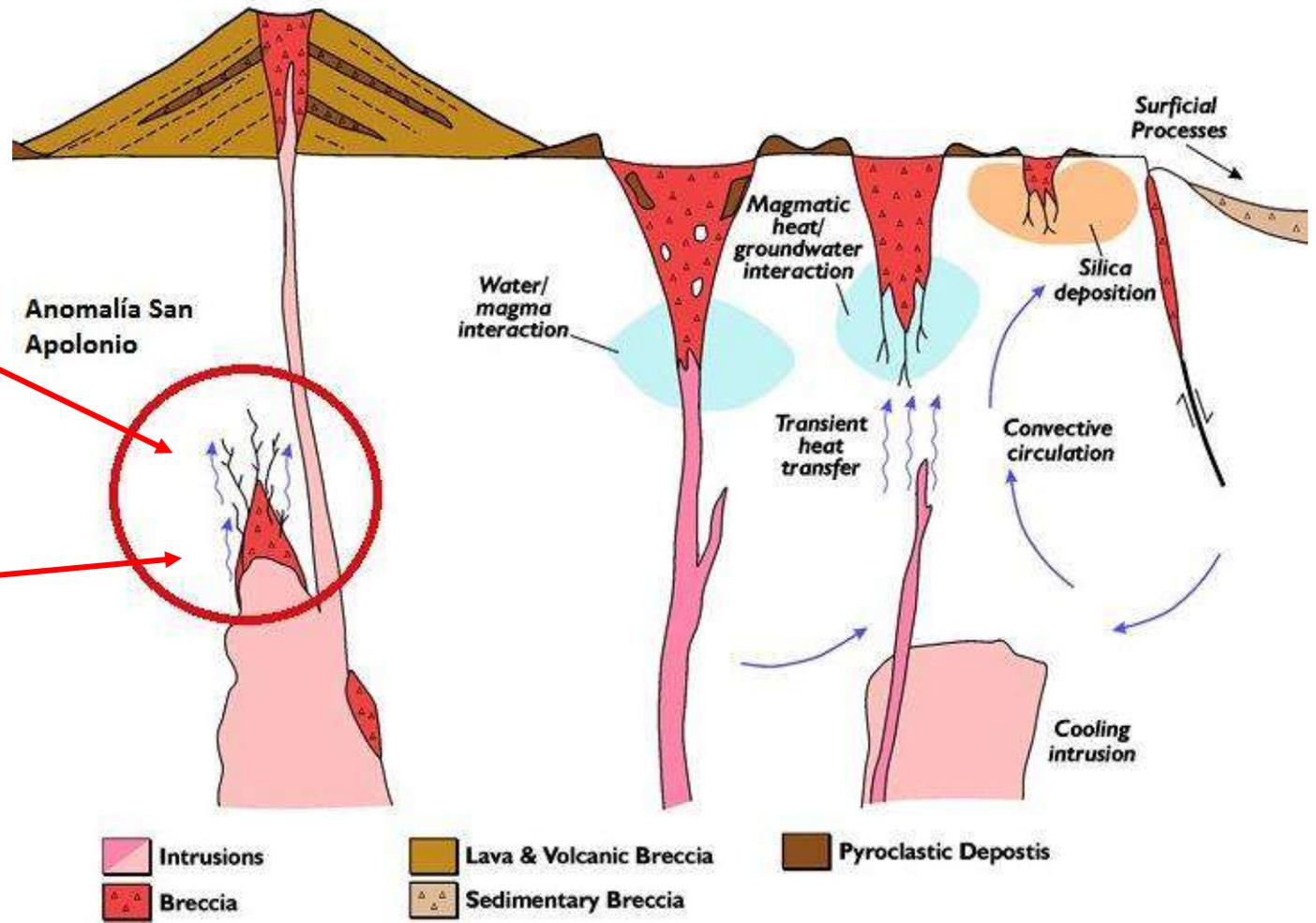


Fig. 5.16 Modelo de la anomalía San Apolonio, fuente Howard, N. et al. (2007).



### 5.2.8.3. Domos Andesíticas Porfíricas

Se recolectaron unas 56 muestras, con las que determinaron los parámetros geoestadísticos, necesarios para establecer las anomalías geoquímicas para esta población en el prospecto San Apolonio, sobresalen una anomalía en zinc de 158 ppm y otra en mercurio que va de 1.15 ppm, las demás son muy bajas y no presentan anomalías geoquímicas destacables.

**Tabla 5.13.-** Parámetros estadísticos para los Domos Andesíticas Porfíricas en la Anomalía San Apolonio

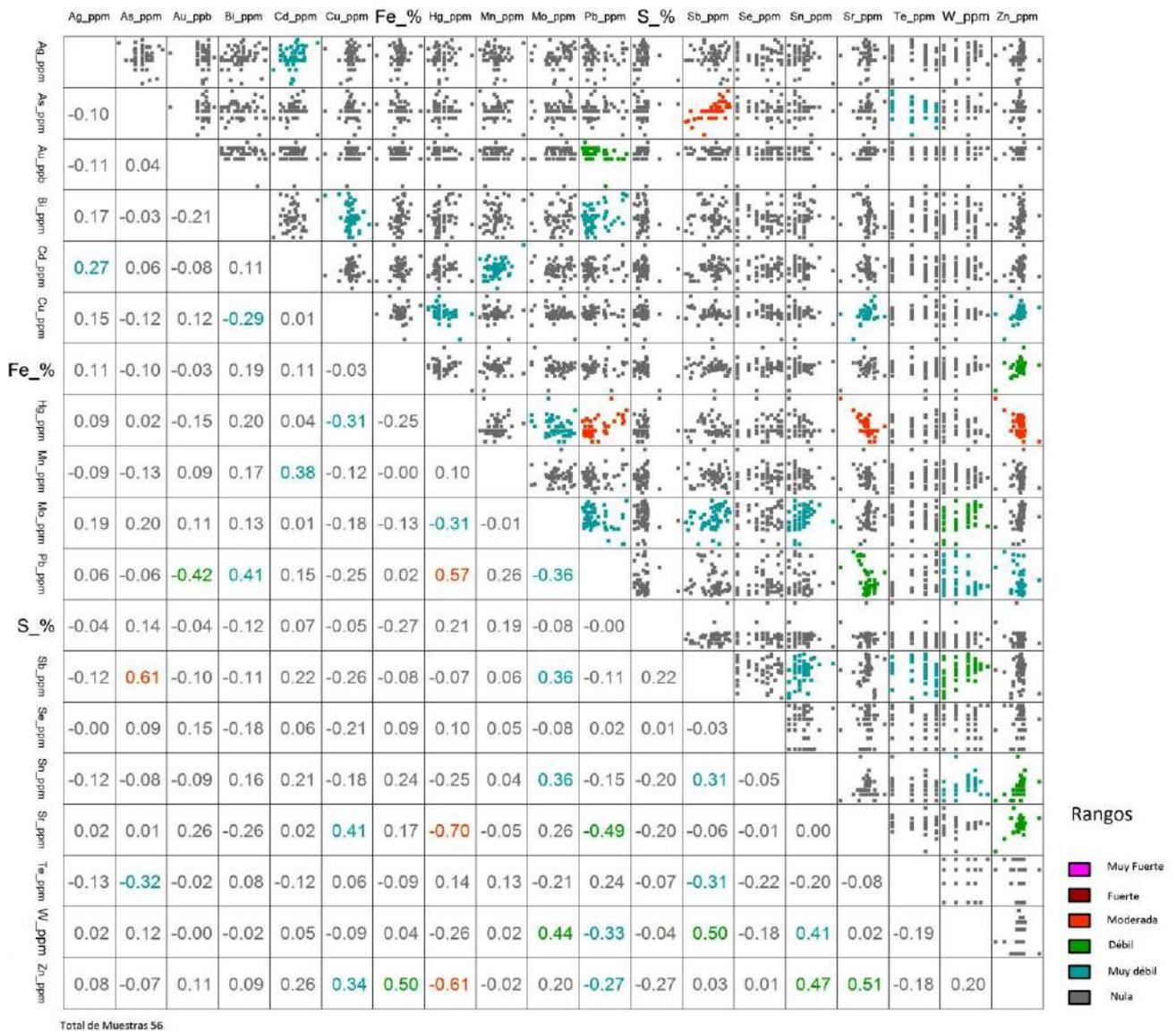
Variable	unds.	N° de datos Obs.	Valor Mínimo	Valor Máximo	Media	Desv. Estd.	Background	TRESHOLD		
								Anomalía Posible	Anomalía Probable	Anomalía Cierta
Au	ppm	56	0.20	8	3.27	1.39	3.27	4.66	6.04	7.43
Ag	ppm	56	0.01	0	0.05	0.04	0.05	0.09	0.13	0.17
Cu	ppm	56	5.50	35	16.54	4.39	16.54	20.93	25.32	29.71
Pb	ppm	56	2.00	11	3.48	2.43	3.48	5.91	8.34	10.77
Zn	ppm	56	27.00	158	72.26	16.31	72.26	88.57	104.89	121.20
Mo	ppm	56	0.43	5	1.51	0.83	1.51	2.35	3.18	4.01
W	ppm	56	0.02	1	0.14	0.12	0.14	0.26	0.38	0.50
Mn	ppm	56	341.00	3079	770.77	423.06	770.77	1193.84	1616.90	2039.96
As	ppm	56	0.20	14	2.08	2.31	2.08	4.39	6.70	9.01
V	ppm	56	44.00	190	100.49	27.62	100.49	128.11	155.73	183.36
Sb	ppm	56	0.08	1	0.31	0.16	0.31	0.47	0.64	0.80
Ba	ppm	56	32.00	582	73.26	97.21	73.26	170.47	267.67	364.88
Bi	ppm	56	0.00	0	0.02	0.05	0.02	0.07	0.12	0.16
Ca	%	56	0.01	4	1.18	0.79	1.18	1.97	2.76	3.56
Ca	%	56	0.01	4	1.18	0.79	1.18	1.97	2.76	3.56
Hg	ppm	56	0.00	1	0.02	0.15	0.02	0.17	0.32	0.48

**Tabla 5.14.-** Anomalías geoquímicas para los Domos Andesíticas Porfíricas en la Anomalía San Apolonio

# Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
PG14_191	<5	0.02	15	2.8	77	1.92	3	0.02	0.75	<0.02
PG14_192	<5	0.07	16.4	4.9	76	0.96	2	0.02	0.32	0.02
PG14_193	<5	0.06	16.1	6.2	27	0.95	4	1.15	0.34	<0.02
PG14_196	<5	0.19	16.5	2.3	75	1.03	2	0.06	0.2	0.02
PG14_203	<5	0.03	18.3	2.2	75	1.43	1	0.02	0.34	<0.02
PG14_204	<5	0.05	15.4	2.5	77	1.31	2	0.01	0.41	<0.02
PG14_205	<5	0.04	15.2	2.8	73	1.51	1	<0.01	0.3	<0.02
PG14_206	<5	0.05	17.4	3.3	66	1.09	3	0.06	0.4	<0.02
PG14_222	<5	0.04	28.2	5.1	77	0.86	4	<0.01	0.36	0.03
PG14_257	<5	0.01	16	4.6	71	2.74	8	0.03	0.53	0.14
PG14_258	<5	0.05	21.2	2.1	70	0.92	1	<0.01	0.29	<0.02
PG14_260	<5	0.11	18	2.5	74	1.92	4	<0.01	0.71	<0.02

# Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm
PG14_261	<5	0.04	13.3	2.3	69	1.5	3	0.01	0.38	<0.02
PG14_262	<5	0.03	15.5	2.9	69	1	2	<0.01	0.4	<0.02
PG14_263	<5	0.02	17	2.4	70	1.7	1	<0.01	0.37	<0.02
PG14_264	<5	0.04	15.1	2.4	65	1.25	2	<0.01	0.26	<0.02
PG14_265	<5	0.04	17.2	2.6	73	1.35	2	0.02	0.33	<0.02
PG14_266	<5	0.02	18.9	4.6	82	1.19	2	<0.01	0.26	<0.02
PG14_267	<5	<0.01	14	2.4	64	1.29	4	0.01	0.66	<0.02
PG14_268	<5	<0.01	10.6	3.3	67	1.25	2	0.01	0.47	<0.02
PG14_269	<5	0.04	16.4	6.9	66	0.89	3	0.04	0.3	<0.02
PG14_271	<5	0.07	18.9	9.9	68	0.43	5	0.1	0.44	<0.02
PG14_272	<5	0.12	23.4	5.5	85	0.5	2	0.02	0.32	<0.02
PG14_273	<5	0.04	16.9	2.4	70	1.19	2	0.05	0.2	<0.02
PG14_275	<5	0.03	14.9	8.1	56	0.89	2	0.11	0.18	<0.02
PG14_277	<5	0.1	14.7	9.8	85	1.49	1	0.07	0.17	0.22
PG14_278	<5	0.1	5.5	11.4	39	3.32	2	0.2	0.3	0.18
PG14_280	<5	0.07	17.5	3.7	78	1.12	1	0.1	0.26	0.08
PG14_281	<5	0.04	10	10.2	56	0.43	1	0.04	0.15	0.2
PG14_282	<5	0.07	13.4	2.7	75	1.05	2	0.04	0.19	0.07
PG14_283	<5	0.05	14.7	2.1	70	1.11	2	<0.01	0.22	0.07
PG14_287	<5	0.03	17.4	5.3	75	1.5	4	0.06	0.24	<0.02
PG14_298	<5	0.05	25.4	7.5	86	4.75	1	0.02	0.28	0.03
PG14_299	<5	0.09	14.1	3.2	75	2.29	14	0.01	0.68	<0.02
PG14_300	<5	0.05	14.6	5	57	1.65	5	0.02	0.59	<0.02
PG14_314	<5	0.15	19.2	9.8	85	1.74	<1	0.03	0.2	0.11
PG14_315	5	0.13	35.1	2.2	51	2	2	<0.01	0.1	<0.02
PG14_316	<5	0.11	16.3	2	80	2.39	3	0.04	0.29	0.02
PG14_317	<5	0.07	13.9	5	76	2.01	3	<0.01	0.62	0.09
PG14_318	<5	0.12	16.5	2.8	75	2.62	10	<0.01	0.45	0.07
PG14_319	<5	0.05	16.6	2.1	78	2.1	2	0.01	0.44	<0.02
PG14_320	<5	0.08	16.8	2.9	85	2.46	2	0.01	0.44	<0.02
PG14_321	<5	0.07	15.6	2.3	82	2.72	3	<0.01	0.46	<0.02
PG14_322	<5	0.1	20	2.9	85	2	2	<0.01	0.33	0.02
PG14_323	<5	0.16	14.1	2.5	79	3.18	1	<0.01	0.59	<0.02
PG14_324	<5	0.13	15.8	2.3	79	2.81	2	<0.01	0.51	<0.02
PG14_325	<5	0.08	17.5	2.7	75	2.55	2	<0.01	0.35	0.04
PG14_327	<5	0.04	15	2.4	82	2.58	5	<0.01	0.52	0.06
PG14_328	<5	0.04	23.2	2.9	70	1.15	<1	0.01	0.11	<0.02
PG14_329	<5	0.09	20.9	3.2	82	1.96	<1	0.01	0.12	0.02
PG14_330	<5	0.04	22.5	2.7	76	0.84	<1	<0.01	0.09	<0.02
PG14_331	<5	0.04	13.4	2.5	51	1.21	<1	0.01	0.08	<0.02
PG14_332	5	0.04	21.4	3.7	158	1.55	2	<0.01	0.1	0.02
PG14_333	5	0.06	16.9	3	81	2.71	3	<0.01	0.39	0.04
PG14_334	5	0.05	17.5	3	89	2.76	3	0.01	0.44	0.02
PG14_335	8	0.05	14.7	2.2	87	2.23	3	<0.01	0.38	0.03

**Tabla 5.15** Coeficiente de Correlación de Pearson para los 19 elementos principales en el target San Apolonio para los Domos Andesíticas Porfíricos



Si bien los coeficientes de correlación para los elementos que pertenecen a los domos andesíticos porfíricos, solo son moderados para los ratios As/Sb (0.61), Hg/Pb (0.57), Sr/Hg (-0.70) Zn/Hg (-0.61). Por otro lado estos elementos también guardan una débil y muy débil coeficientes de correlación Au/Pb (-0.42), Pb/Bi (0.41), Sr/Pb (-0.49), Zn/Fe (0.50), Zn/Sn (0.47) y Zn/Sr (0.51); Ag/Te (-0.32), Mo/Hg (-0.31) Mo/Sb (0.36) Sn/Mo (0.36) Sn/Sb (0.31) Sr/Cu (0.41) Zn/Cu (0.34) Cu/Bi (-0.29) Ag/Cu (0.27) Hg/Cu (-0.31) Cd/Mn (0.38) Mo/Pb (-0.36) Zn/Pb(-0.27) y Te/Sb (-0.31) Tabla 5.15.



### 5.2.9. Distribución Geoquímica del Zn, y Hg en la Anomalía San Apolonio

Para determinar la distribución geoquímica en este prospecto se diseñaron mapas de curvas isovalóricas geoquímicas, éstos nos brindan un análisis gráfico, por medio del cual se observan distribuciones y asociaciones geoquímicas que se pueden relacionar a brechas hidrotermales mineralizadas que en profundidad podrían haber sido generadas por un pórfido no aflorante que al emplazarse ha roto y craquelado la roca preexistente permitiendo el paso de los fluidos mineralizantes, esto se evidencia por la presencia de estructuras de escape tipos stockwork y network compuesto por venillas irregulares de sílice con óxidos y por las dos estructuras vetiformes de brecha polimícticas matriz soportada, esta representa el 35% del total de la estructura, constituida por roca triturada, pulverizada cementada por los fluidos hidrotermales compuestos por sílice, arcillas como caolinita, también se observan carbonatos (siderita y smithsonita) y óxidos tales como goethita, hematita, los clastos alcanzan el 65%, compuestos mayormente de cuarcitas de color gris blanquecinos y en menor cantidad de andesita porfídica de color gris rojiza con fenocristales de forma subangulosos a subredondeados, presentan diámetros que van desde 13 cm a 5 cm. Si bien son irregulares y sinuosas estas delimitan una zona de alteración que abarca una superficie de 1,5 km por 0,3 km con dirección de N60°.

El comportamiento geoquímico del Zn es calcófilo, esto nos indica la gran afinidad con el azufre y por ende su gran capacidad de poder formar con este sulfuro de zinc (ZnS) esfalerita en una mineralización hipógena, con cierta tendencia litófila debido a ello este fácilmente se lixivia formando así carbonatos como la smithsonita presente en la matriz de las brechas hidrotermales; por su parte el Hg al ser un elemento atmófilo posee una mayor movilidad y por lo tanto, mayores contenidos en las partes altas del sistema mineralizante. Solo 29 muestras de las 99 muestras de recolectadas en esta anomalía reportan valores anómalos como en la muestra PG14\_194 máximos para el Zn (211 ppm), mientras que la muestra PG14\_293 lo hace para el Hg (17.3 ppm) y para el caso del Mo solo la muestra PG14\_209 tiene un contenido de 46.05 ppm, por lo tanto todos estos valores se encuentran por encima del umbral son considerados anómalos para efectos de exploración. Delimitan una superficie de 1,5 km de largo por 0,3 km de dirección de N60°. (Tabla 5.10).

**Tabla 5.17.- Cuadro de anomalías geoquímicas en el sector San Apolonio**

# Muestra	ESTE	NORTE	Au ppm	Ag ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm
PG14_187	784960	9125259	0.002	0.13	125	2.98	7	1.17
PG14_188	785034	9125295	0.003	0.09	79	1.56	3	1.13
PG14_189	785137	9125320	0.004	0.2	83	14.76	70	9.37
PG14_190	785216	9125352	0.003	0.05	10	4.15	15	1.46
PG14_193	784900	9125052	<5	0.06	27	0.95	4	1.15
PG14_194	785250	9125350	0.005	0.36	211	4.69	10	5.52
PG14_197	785352	9125343	0.004	0.05	114	4.43	6	1.4
PG14_199	785358	9125344	0.002	0.06	41	2.78	7	2.49
PG14_202	785547	9125470	0.003	0.03	56	2.8	25	3.2
PG14_207	786126	9125859	0.005	0.03	49	7.19	13	1.47
PG14_208	786131	9125857	0.004	0.07	67	15.91	59	4.21
PG14_209	786134	9125859	0.01	0.1	189	46.05	80	6.89
PG14_211	785503	9125633	0.002	0.02	39	1.21	3	5.02
PG14_212	785521	9125639	0.004	0.01	11	0.43	2	1.61
PG14_213	785537	9125650	0.003	0.07	152	5.12	8	16.9
PG14_214	785585	9125669	0.005	0.06	21	1.35	3	12
PG14_215	785635	9125695	0.003	0.01	16	0.6	3	5.46
PG14_223	786136	9125862	0.003	0.03	29	2.7	9	2.05
PG14_224	786104	9125818	0.004	0.15	156	0.96	10	0.09
PG14_284	785803	9125766	0.002	0.04	48	4.95	7	4.5
PG14_285	785787	9125758	0.003	0.01	12	3.49	7	8.64
PG14_286	785640	9125696	0.002	0.03	32	0.79	4	2.5
PG14_288	785322	9125388	0.002	0.02	40	0.94	3	2.08
PG14_291	785351	9125467	0.005	0.01	15	1.04	2	2.2
PG14_292	785317	9125485	0.003	0.03	43	1.51	4	3.26
PG14_293	785437	9125603	0.004	0.02	88	2.04	3	17.3
PG14_294	785416	9125689	0.005	0.01	7	0.52	<1	3.65
PG14_295	785750	9125825	0.002	0.18	13	5.16	12	9.35
PG14_332	786404	9124564	5	0.04	158	1.55	2	<0.01

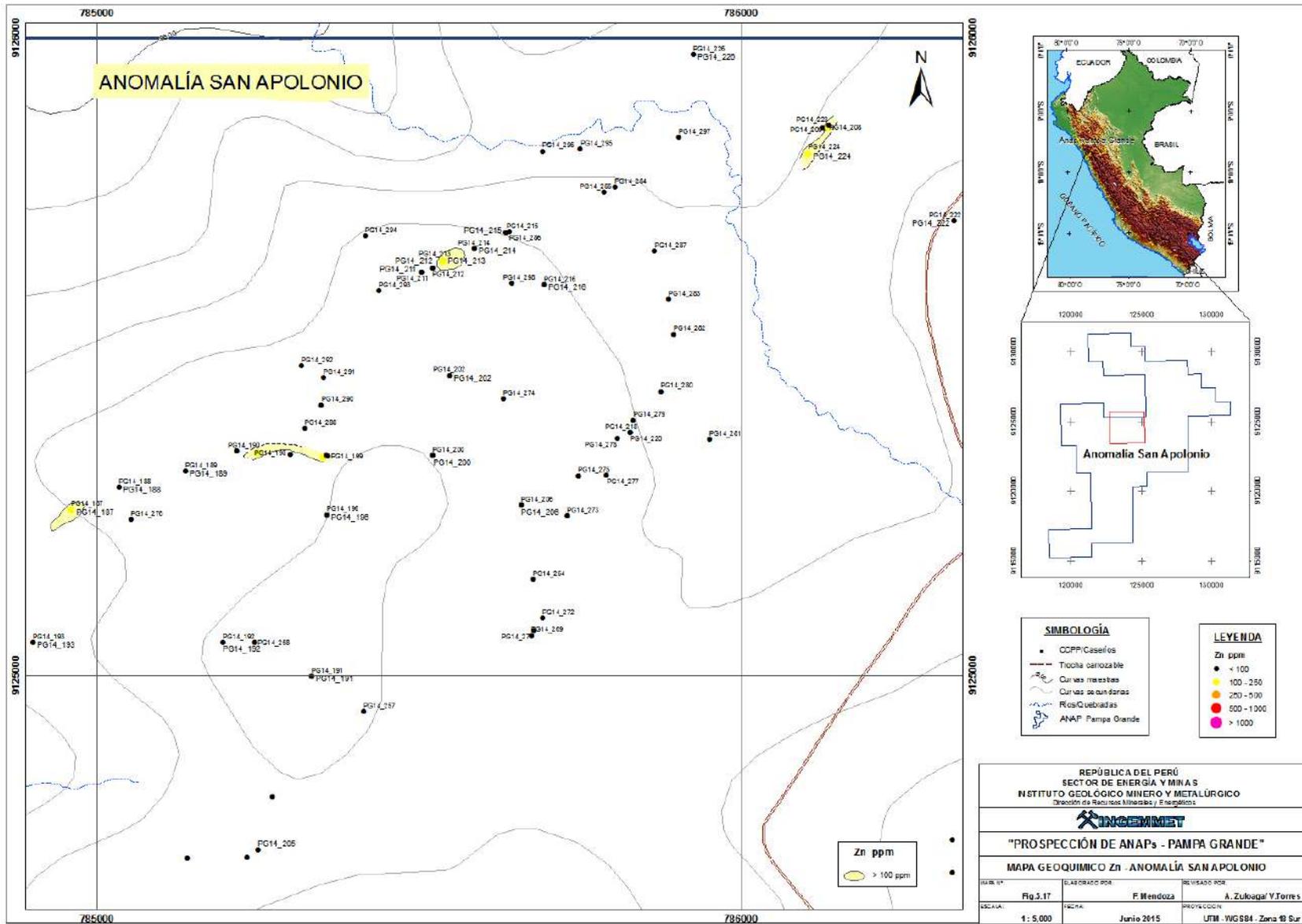


Fig. 5.17. Plano Temático Geoquímico para el Zn Sector Anomalia San Apolonio.

"Anap Pampa Grande"

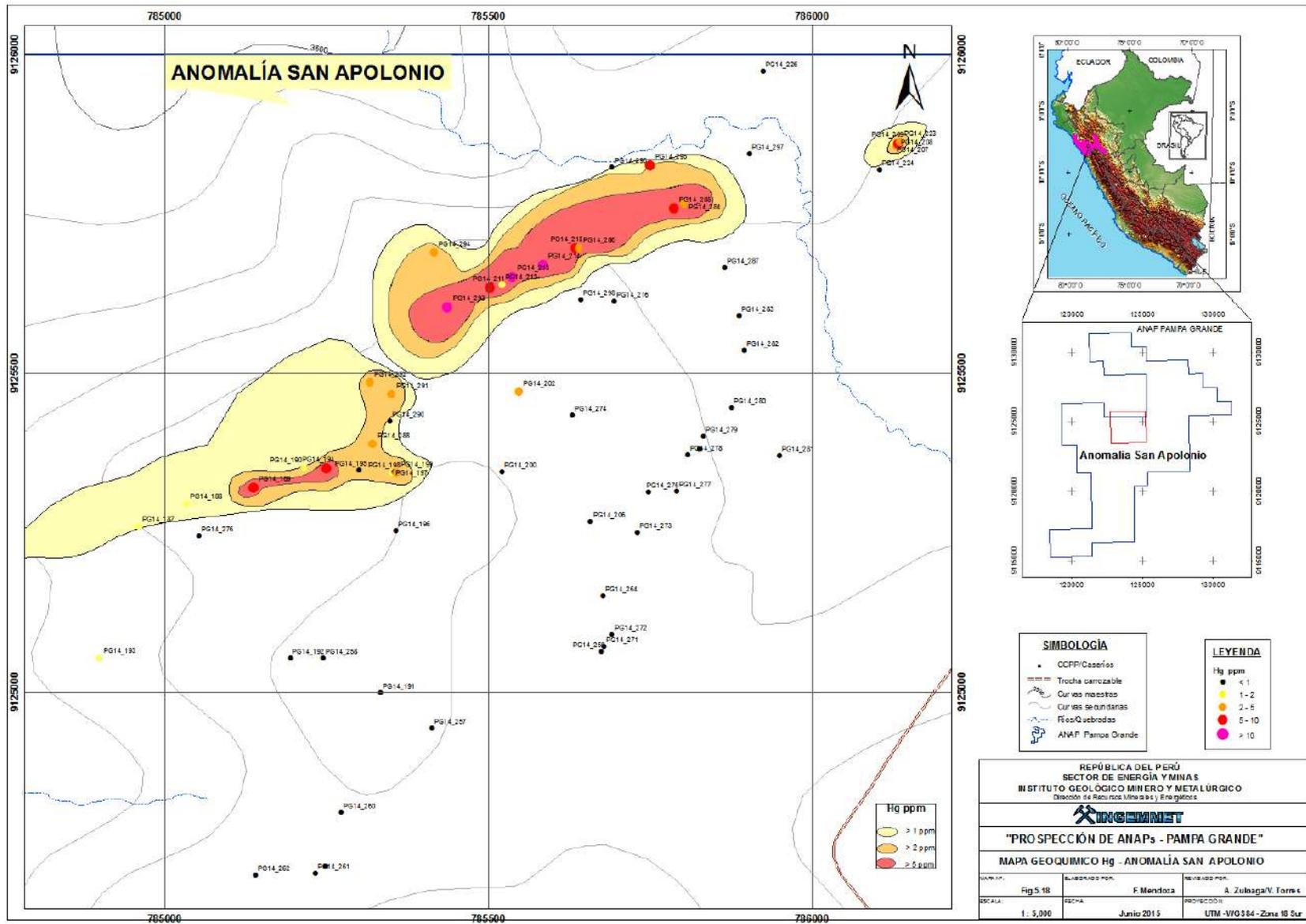


Fig. 5.18 Plano Temático Geoquímico para el Hg Sector Anomalía San Apolonia

### 5.2.10. Conclusiones.

Como resultado de los trabajos de campo se concluye que, San Apolonio es una target de moderada prospectividad el cual presenta una superficie con alteración hidrotermal que abarca 1,5 km de largo por 0,3 km de ancho, de dirección de N60°. Esta puede estar relacionada a la presencia de un cuerpo intrusivo o un posible stock no aflorante, el cual pudo haber generado la mineralización al emplazarse; la cual está constituida por las estructuras de escape, conformadas por venillas irregulares sílice gris con óxidos de anchos promedio de 02 centímetros de rumbo N50° a 60° N70° a 80°, N20° a 30° y N300° a 310°, tipos stockwork y network además asociado al emplazamiento de este cuerpo se han reconocido 02 estructuras lenticulares discontinuas de brechas hidrotermales. La roca encajonante de estas estructuras exponen una alteración argílica con altos valores de mercurio y zinc, esto nos indica un nivel alto en un sistema epitermal; por su parte los cuerpos de subvolcánicos andesíticos de textura porfírica presenta una alteración propilítica moderada por neutralización del sistema hidrotermal, cuya asociación mineralógica está dada por cristales de clorita, epidota y fenocristales de anfíboles transformados a magnetita, contiene bajos valores en Zn y Hg.

Como resultado de la prospección geofísica se concluye, que los domos de andesita porfíricos exponen una alteración propilítica moderada con cristales de clorita, epidota y fenocristales de anfíboles transformados a magnetita, lo que se asocia a los altos magnéticos. Por su parte los bajos magnéticos reportados se asocian perfectamente con zonas de alteración argílica; al igual que el método de IP3D, en donde se delimita áreas con alta resistividad a poca profundidad lo que se relaciona a las secuencias de la lavas andesíticas porfíricas unidad Nmpay2 con venilleos irregulares de sílice con óxidos si bien en superficie exponen una alteración argílica a argílica intermedia en profundidad está cede paso a una silicificación débil a moderada, esta secuencia buza con un bajo ángulo, como lo reporta la geofísica. Existe un incremento en los valores de cargabilidad por debajo de este horizonte resistivo siendo consideradas insignificantes (bajas), que fueron interpretadas en un escenario netamente geológico. La mayor concentración de material polarizable mapeado parece estar ubicado al sureste de la malla geofísica en un área de baja y alta resistividad. Esta anomalía de cargabilidad queda abierta con dirección hacia el sureste. Lo resaltante para el prospecto San Apolonio es la respuesta obtenida del levantamiento de IP3D, en la naciente de la quebrada Pumasigue, en donde se ha delimitado una anomalía que podría ser interpretada como un posible pórfido (?) y/o un epitermal a una profundidad de 400m. (cargabilidades de 25-30mV/V) Esta anomalía geofísica consiste en una capa subhorizontal ubicada entre un medio de baja resistividad adyacente a un medio de alta resistividad superponiéndose una anomalía de cargabilidad moderada (posible sulfuros). La respuesta magnética coincide y estaría dando soporte a esta interpretación. En ambas instancias, el mapeo geofísico nos indicaría el inicio de esta anomalía e introduciéndose a profundidad. Esta posible área de interés eventualmente requeriría de un programa de prospección geofísica electromagnética (TEM) para delimitar esta anomalía en profundidad y de ser consistente elaborar un programa de perforación orientado a esta en la anomalía geofísica.

### 5.3. Otros Sectores Anómalos

Vale la pena describir otros hallazgos hechos como resultados de los trabajos de prospección durante el 2014; el muestreo en estos sectores fue de carácter orientativo y selectivo, solo se recolectaron muestras en áreas con evidencia de alteración y mineralización. Obteniendo resultados anómalos de interés, por esta razón vale la pena mencionarlos, lo que se pueda hacer aquí dependerá de los trabajos sociales que se hagan, ya que la mayor parte de los comuneros y sus autoridades son antimineras y se rehúsan a la realización de los trabajos prospectivos.

#### 5.3.1 Anomalía Barro Negro

Se ubica en el sector norte del ANAP, aquí la silicificación se desarrolló sobre las capas andesíticas porfíricas, silicificación de grado moderado, porque, todavía se observan los fenocristales obliterados componentes de la roca. Predominio de la sílice gris masiva algo porosa con piritita diseminada de 3% a 5%. Esta anomalía se caracteriza por presentar sus afloramientos discontinuos que exponen una silicificación que va de moderada a Intensa, la que se encuentra rodeada por una amplia alteración argílica; la mineralización consiste de venillas irregulares tipo network de sílice con óxido; en total cubre una superficie de 400 por 250 metros. (Tabla 5.11)

**Tabla 5.18.-** Anomalías geoquímicas para el target Barro Negro

Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm	Ba ppm
PG14_22	<5	0.07	25.4	14.8	60	1.16	17	2.13	0.45	0.87	797
PG14_23	<5	0.08	35	17.6	53	0.99	14	2.45	0.41	1.11	893
PG14_25	<5	0.05	20.1	18.2	43	1.03	12	1.66	0.32	1.11	186
PG14_26	<5	0.03	14	16.7	71	1.04	11	1.13	0.25	0.94	151
PG14_27	19	0.05	23.9	6	52	1.57	4	10.6	0.42	0.14	127
PG14_28	23	0.2	32.3	4.9	56	1.55	3	16.4	0.34	0.14	440
PG14_29	6	0.07	34.8	14.2	100	0.95	18	0.89	1	0.56	290
PG14_31	7	0.05	21.3	15	49	1.26	30	1.11	1.06	0.27	81
PG14_32	9	0.07	35.9	4	95	1.42	2	0.69	0.18	0.09	134
PG14_33	8	0.07	35.8	3.8	80	1.14	4	1.16	0.3	0.08	72

*En celeste valores anómalos bajos moderados, amarillo valores anómalos altos y fucsia valores muy altos.*



**Foto 5.18** Network anomalía barro negro

La mineralización en la anomalía Barro Negro (Foto 5.18), está relacionada a fallas locales que permitieron el emplazamiento de domos subvolcánicos por donde migraron los fluidos hidrotermales que silicificaron y argilizaron a las lavas andesíticas. Las venillas de sílice gris con óxidos y diseminaciones de pirita, se disponen a manera de network irregulares. Se tomaron una 10 muestreo de canal tipo orientativo del sector arrojó contenidos anómalos de muy altos Hg >10 ppm, correspondientes a las venillas de sílice y con óxidos, muestras PG14\_27 10.6 ppm Hg y PG14\_28 16.4 ppm.

### 5.3.2 Anomalía Pueblo Libre

Localizado en las coordenadas centrales UTM 785 400; 9116 900 N. Afloran venillas irregulares tipo network de sílice gris con óxidos de anchos centimétricos de rumbo N75° a 85°, N60 a 50° N300° a 330° y N340° a 350° Esta estructuras se han desarrollado en las tobas líticas las misma que exponen una alteración tipo sílico –argílica; cubre una superficie de 200 m de largo por 80 m de ancho. (Foto 5.19).

Se obtuvieron un total de 25 muestras, todas las muestras corresponden a venillas de cuarzo con óxidos con direcciones de N85°/50°S; N60°/40°NW; N145°/60°SW; N120°/30°SW. La roca caja presenta una alteración argílica intensa. En la tabla 5.1.2. Se presentan los resultados de estas muestras.



**Foto 5.19** Anomalía Pueblo Libre venillas de sílice gris con óxidos

**Tabla 5.19.- Anomalías geoquímicas para el target Pueblo Libre**

Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm	Ba ppm	W ppm
PG14_095	<5	0.04	41.8	3.9	62	0.56	2	<0.01	0.42	0.02	39	0.2
PG14_096	<5	0.01	18.4	7	19	0.9	3	<0.01	0.19	0.02	11	0.2
PG14_129	9	0.04	39.1	4	69	0.49	4	<0.01	0.42	0.05	57	0.2
PG14_130	9	0.02	26.4	9.2	27	1.05	12	0.05	0.78	0.04	88	<0.1
PG14_131	<5	0.04	30.7	4.3	79	0.81	3	<0.01	0.15	0.07	49	0.2
PG14_132	<5	0.05	50.7	2.6	43	0.57	2	0.01	0.09	<0.02	60	0.1
PG14_133	<5	0.05	25.6	4.1	85	0.68	3	0.02	0.16	0.04	147	0.1
PG14_135	<5	0.03	4.5	7.3	3	2.26	111	0.03	1.6	1.2	85	0.8
PG14_136	<5	0.03	18.8	7.2	16	6.53	167	<0.01	1.49	0.28	38	0.6
PG14_137	11	0.14	25.7	29.3	67	3.77	77	0.52	8.08	0.51	130	0.1
PG14_138	<5	0.11	18.7	23.2	94	2.28	75	0.47	3.11	0.39	129	<0.1
PG14_139	<5	0.19	32.5	2.1	56	0.39	50	<0.01	1.79	0.02	28	0.1
PG14_141	<5	0.03	32.1	5.2	56	1	62	0.01	1.64	0.02	100	<0.1
PG14_142	<5	0.05	35.5	5.6	60	0.15	5	<0.01	0.31	0.09	69	0.1
PG14_143	<5	0.1	25.9	2.5	41	0.11	3	<0.01	0.14	<0.02	33	1.7
PG14_144	<5	0.06	28.8	2.8	108	1.43	134	<0.01	4.25	<0.02	30	0.1
PG14_145	<5	0.12	27.3	2.6	48	0.2	88	<0.01	1.02	<0.02	41	0.1
PG14_146	<5	0.08	22.7	1.8	39	0.18	11	<0.01	0.14	<0.02	47	<0.1
PG14_147	<5	0.05	24.3	1.3	46	0.17	81	<0.01	0.48	<0.02	22	<0.1
PG14_148	<5	0.2	27.3	4.1	60	0.4	7	<0.01	0.36	<0.02	51	0.1
PG14_149	<5	0.08	22.2	4.3	45	0.45	6	0.02	0.24	0.3	77	0.1
PG14_150	<5	0.11	30.3	15.1	309	0.53	82	0.03	1.31	0.05	347	<0.1
PG14_152	<5	0.07	31	6.6	53	0.27	2	0.01	0.21	0.03	86	0.1
PG14_184	<5	0.1	37.4	8.1	98	0.31	14	0.02	0.69	0.05	219	0.1
PG14_185	<5	0.05	29.8	5.8	62	0.19	5	0.04	0.31	0.05	111	0.1

*En celeste valores anómalos bajos a moderados.*

### 5.3.3 Anomalía Paraíso

Su punto de coordenadas centrales UTM 781 300; 9115 800 N. Está constituida por venillas irregulares tipo network de sílice gris con óxidos de anchos de 2 a 5 centímetros de rumbo N80°, N30 a 20° y N300° a 290° (Foto 5.20). Estas estructuras se han desarrollado en una secuencia piroclástica consistente en una intercalación de tobas líticas con pómez fibrosos; estos depósitos son de color gris blanquecino cuyos fragmentos líticos con fenocristales de plagioclasa y anfíboles mientras que los pómez son de forma subangulosa a subredondeada, estas constituyen un 40%; mientras que la matriz conformada por cristales y ceniza estaría en un 60% del total de la roca.



**Foto 5.20** Anomalía Paraíso compuesta de venillas de sílice y óxidos en las tobas líticas

**Tabla 5.20.-** Anomalías geoquímicas para el target Paraíso

Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm	Ba ppm	W ppm
PG14_108	<5	0.06	8.1	21.3	86	1.15	1323	2.34	4.75	<0.02	39	0.1
PG14_109	7	0.05	34.1	7.5	84	0.85	6	0.01	0.49	0.56	89	0.2
PG14_153	6	0.07	24.6	9.4	15	2.65	257	4.06	8.7	0.02	12	0.1
PG14_154	<5	0.02	10.1	11.6	53	0.9	10	2.33	2.35	<0.02	70	0.1
PG14_155	<5	0.06	30.5	14.3	131	1.07	5	0.22	0.66	0.05	128	0.2
PG14_156	<5	0.04	5	12.9	63	0.23	2	0.13	0.38	<0.02	312	0.2
PG14_157	<5	0.02	37.6	7.6	82	0.62	6	0.1	0.51	0.94	104	0.1
PG14_158	<5	0.02	20.5	10.6	26	0.72	4	0.03	0.25	<0.02	65	0.1
PG14_159	<5	0.01	14.3	7.1	50	0.85	2	0.01	0.36	<0.02	68	0.1
PG14_160	<5	0.01	18.9	7.8	73	0.95	5	0.02	0.3	<0.02	183	0.1
PG14_162	<5	0.03	8.9	9.5	53	1.31	9	0.23	1.46	0.1	149	0.3
PG14_163	<5	0.08	10.8	8.8	39	1.32	8	0.23	1.33	0.28	77	0.4
PG14_164	<5	0.04	14.6	12.9	64	0.56	10	0.35	0.47	0.05	44	0.3
PG14_165	<5	0.02	13.3	10.4	38	0.49	5	0.37	0.55	<0.02	33	0.1

En celeste valores anómalos bajos moderados, amarillo valores anómalos altos y fucsia valores muy altos.

En las tobas líticas se obtuvieron 14 muestras, los resultados muestran anomalías en altas en As > 1000 ppm y Hg >2 ppm como se reportan en las muestras PG14\_108 en As 1323 ppm y Hg 2.34 ppm; y PG14\_153 tiene moderado a bajo valor para el As 257 ppm mientras que para el Hg es muy alto 4.06 ppm. Además se tiene valores anómalos para el Ba de moderadas a bajos 183 y 312 ppm muestras PG14\_156 y PG14\_160 respectivamente. (Tabla 5.13)

Estas secuencias de flujos piroclásticos de presentan una moderada a débil alteración argílica, con una asociación mineralógica de caolinita illita esto se aprecia en los difractogramas de las muestras PG14\_108 y PG14\_109. (Fig.5.19-5.20)

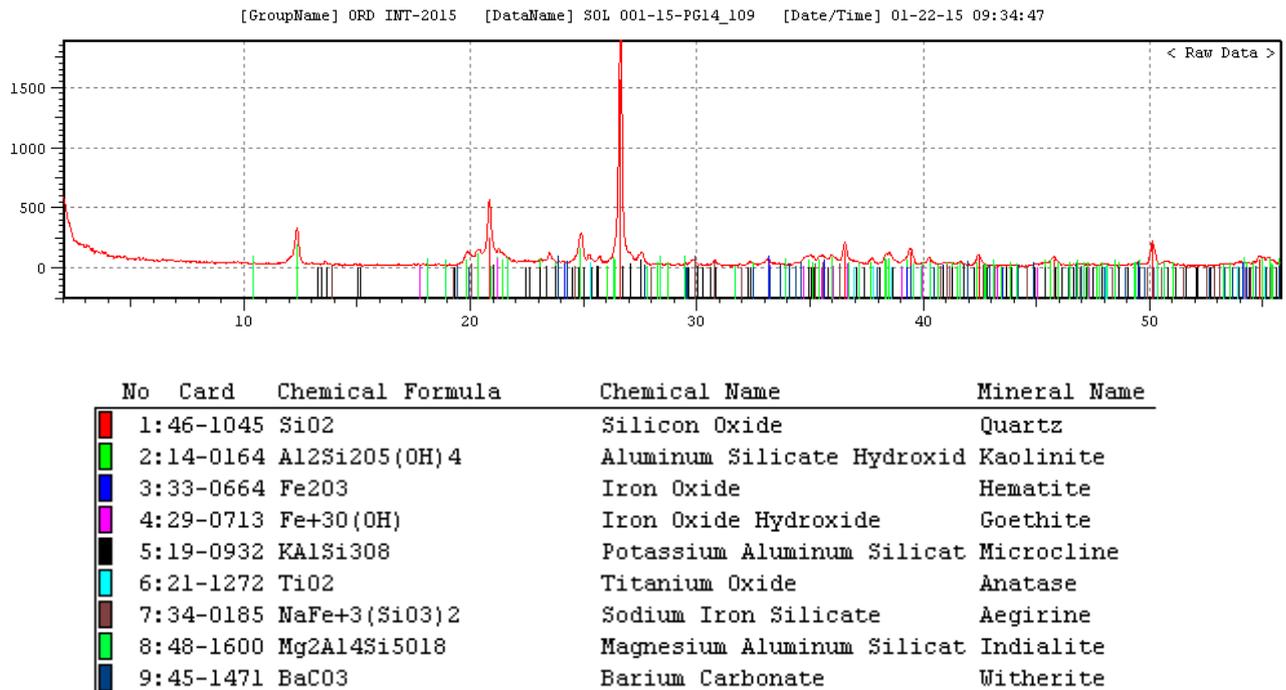


Fig. 5.19 Difractograma de la muestra PG14\_109

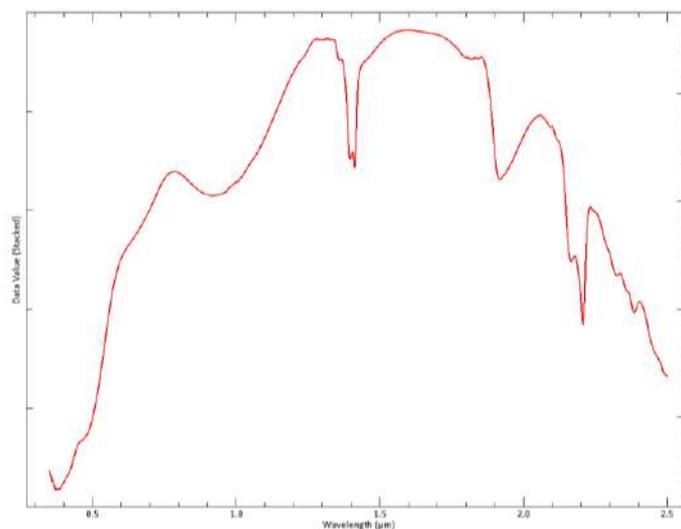


Fig. 5.20 Firma espectral de la caolinita en la muestra PG14\_109

### 5.3.4 Anomalía San Agustín -Tres Ríos

Localizado entre las coordenadas centrales UTM 782 000; 9125 000 N. Afloran venillas irregulares tipo network de sílice gris con óxidos de anchos milimétricos de rumbo N70 a 80°/35°SE, N300° a 310°/30°SW y N10° a 20°/65° a 70°NW. Estas estructuras se han desarrollado en las rocas andesíticas porfíricas con fenocristales plagioclasas de color gris blanquecino, que exponen una alteración argílica intermedia y esta cubre una superficie de 1,0 por 0,2 km. (Foto 5.21 y tabla 5.14)



Foto 5.21 Network Anomalía San Agustín venillas de sílice gris con óxidos.

Tabla 5.21.- Anomalías geoquímicas para el target San Agustín- Tres Ríos

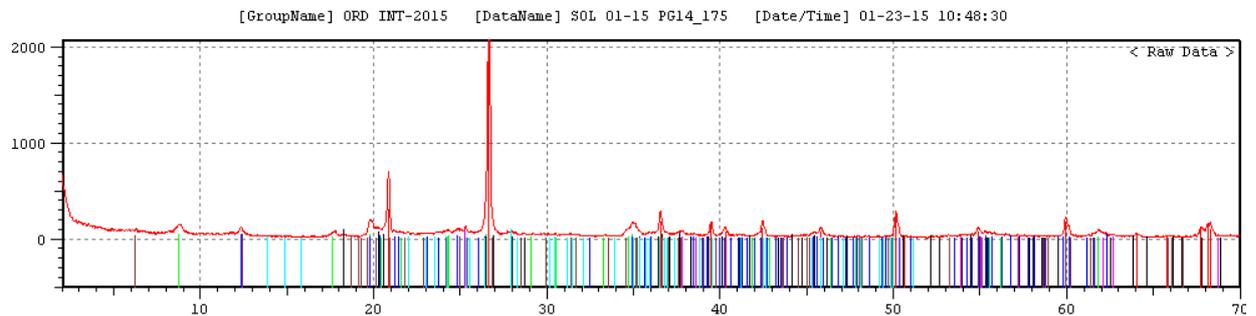
Muestra	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Mo ppm	As ppm	Hg ppm	Sb ppm	Bi ppm	Ba ppm	W ppm
PG14_044	<5	0.11	13	21.3	62	1.25	7	<0.01	1.06	0.32	281	0.1
PG14_046	<5	0.01	4	10.1	13	0.69	6	<0.01	0.44	0.23	43	0.1
PG14_047	9	0.01	8.5	21.7	27	1.42	15	<0.01	1.31	0.41	93	<0.1
PG14_048	<5	0.01	9.2	6.5	6	1.53	4	0.02	0.94	0.07	25	<0.1
PG14_049	10	0.09	20	33	83	0.92	5	0.03	2.9	0.1	170	<0.1
PG14_051	9	0.08	26.7	9.7	33	7.8	18	0.01	1.65	0.41	127	<0.1
PG14_053	<5	0.02	145	20	54	1.71	29	0.01	2.31	1.6	69	0.1
PG14_167	<5	0.19	31.2	3.1	162	0.76	161	0.01	3.9	<0.02	26	<0.1
PG14_175	8	0.04	22.7	13.7	35	3	10	<0.01	0.62	0.95	105	0.1
PG14_176	10	0.04	9.4	9	26	1.77	7	<0.01	0.53	0.26	96	0.1
PG14_177	<5	0.07	4	3.1	85	0.91	1	<0.01	0.33	0.02	184	0.1
PG14_178	27	0.22	27	219	27	2.19	52	0.07	1.21	0.76	142	<0.1
PG14_179	12	0.1	53	62.2	15	3.36	54	0.08	1.06	0.43	145	0.1
PG14_180	25	0.15	32.9	69.1	31	1.76	39	0.11	1.72	0.59	164	<0.1
PG14_182	<5	0.14	21.5	15.1	45	1.62	41	0.21	5.99	0.07	92	0.1
PG14_183	<5	0.02	6.3	11.8	70	0.81	3	<0.01	1.57	0.14	71	0.1

En celeste valores anómalos bajos a moderados.

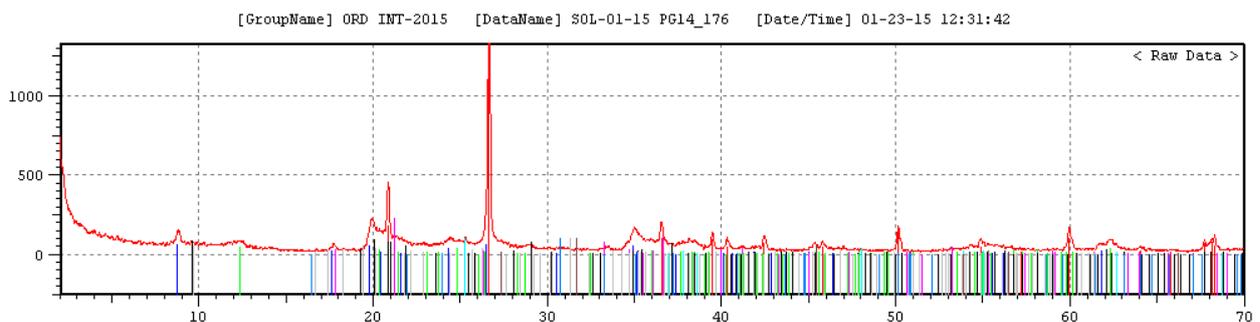
En esta anomalía se han recolectado un total de 16 muestras que reportan valores moderados a bajos como se puede apreciar para Cu 145 ppm muestra PG14\_053, para el Pb la muestra PG14\_178 registra 219 ppm para este elemento, por su parte la muestra PG14\_167 registra valores para el Zn de 162ppm y As de 161ppm; entre las más destacada. Estas corresponden a venillas irregulares de sílice, goethita y hematita que tienen una dirección de N310°/30°NE N20°/60°NW con anchos de 0.05 m.

Las rocas presente en este sector consiste de lavas andesíticas de color gris verdoso claro, de textura porfírica con fenocristales subhedrales de plagioclasa y cristales anfíboles; se ha observado la presencia de excepcionales niveles de toba de cristales, la cual presenta una alteración argílica intermedia cuya asociación mineralógica es caolinita- muscovita-pirofilita e illita muestras PG14\_175 y PG14\_176.

Además se observa una incipiente propilitización de asociación clorita- magnetita.



No	Card	Chemical Formula	Chemical Name	Mineral Name
1	46-1045	SiO <sub>2</sub>	Silicon Oxide	Quartz
2	7-0025	KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Potassium Aluminum Silicat	Muscovite
3	14-0164	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	Aluminum Silicate Hydroxid	Kaolinite
4	21-1272	TiO <sub>2</sub>	Titanium Oxide	Anatase
5	9-0466	NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Sodium Aluminum Silicate	Albite
6	33-0018	Al(OH) <sub>3</sub>	Aluminum Hydroxide	Gibbsite
7	24-0506	(Mg,Al) <sub>3</sub> (Si,Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (O)	Magnesium Aluminum Silicat	Clinocllore



No	Card	Chemical Formula	Chemical Name	Mineral Name
1	46-1045	SiO <sub>2</sub>	Silicon Oxide	Quartz
2	14-0164	Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub>	Aluminum Silicate Hydroxid	Kaolinite
3	7-0025	KAl <sub>2</sub> Si <sub>3</sub> AlO <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Potassium Aluminum Silicat	Muscovite
4	29-0713	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (OH)	Iron Oxide Hydroxide	Goethite
5	21-1272	TiO <sub>2</sub>	Titanium Oxide	Anatase
6	25-0022	Al <sub>2</sub> Si <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	Aluminum Silicate Hydroxid	Pyrophyllite
7	5-0628	NaCl	Sodium Chloride	Halite
8	33-1474	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	Zinc Phosphate Hydrate	Hopeite
9	41-0586	Ca(Fe <sub>2</sub> ,Mg) <sub>3</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Calcium Iron Magnesium Car	Ankerite

Fig. 5.21 Difractogramas de las muestras PG14\_175 y PG14\_176.

## **VI. MÉTODO GEOFÍSICOS**

### **6.1. Método de Polarización Inducida**

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

La configuración normal de 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 con anterioridad a nuestros electrodos de recepción y el segundo ubicado lo suficientemente alejado de nuestro área de estudio (Tx infinito), con el propósito de no generar ruido en nuestra adquisición. La adquisición generalmente se inicia en uno de los extremos de la línea y prosigue hasta el final de la misma. En las campañas de IP/RES se empleó la configuración 3D offset polo-dipolo usando 10 canales espaciados cada 100 m. 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.

### **6.2. Método de Magnetometría**

Los estudios de magnetometría terrestre tienen la meta de medir la variación espacial en la intensidad del campo magnético total de la tierra para la identificación de zonas con susceptibilidades magnéticas anómalas dentro de la escala del área estudiada. Los métodos magnéticos y gravimétricos tienen mucho en común, pero en general el magnético es más complejo. Parcialmente debido a la diferencia entre el campo magnético dipolar y el campo gravimétrico monopolar, causado por la variación en la dirección del campo magnético donde el campo gravitatorio 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 en un mapa gravimétrico es dominado por efectos regionales, en 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 diagnosticadas a estructuras mineralizadas así como a estructuras regionales siendo el método más versátil dentro de las técnicas de prospección geofísica.

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

### **6.3. Trabajos de Campo e Instrumentación**

Los trabajos de campo en el Anap Pampa Grande se llevó a cabo en dos campañas geofísicas, la primera entre el 25 Abril al 0 de mayo, la segunda entre el 15 de mayo al 02 de junio del 2015. En la primera campaña únicamente se llevó a cabo la prospección magnética en ambos sectores.

En estos estudios de geofísica participó el siguiente personal; Ing. Ronald Yupa Paredes, Bach. Carlos Valencia Miraval y la Bach. Rosmery Flores Jacobo. Los instrumentos usados en estas campañas de geofísica son descritos en el Anexo IV.

Para el desarrollo de los trabajos de IP3D en las dos campañas se utilizó la metodología de R.M.S. White, S. Collins y M.H. Loke (2003), un arreglo offset polo-dipolo 3D que fue implementado usando electrodos denominados "potenciales o Rx" usando 10 cables conductores de la señal configurados con un dipolo de 100m (distancia entre potenciales) y separados entre líneas de recepción a unos 400m, estos electrodos consistieron en varillas de acero de 3/8" con una longitud aproximada de 0.5m. Los electrodos de emisión denominados de "corriente o Tx" usados en cada estación a lo largo de las líneas de transmisión separadas 400m entre sí. Esta emisión de energía consistió en el uso de 5 varillas de acero de 5/8" de 1 m de longitud aproximada colocada cada 100m a lo largo de cada estación desde su inicio hasta el final de la línea de transmisión.

### **6.4. Trabajos Realizados**

Los trabajos geofísicos de campo realizados en el ANAP Pampa Grande abarcaron los sectores de San Apolonio y Ullapcham donde se llevaron a cabo investigaciones de Prospección Geofísica, estas investigaciones están orientadas a conocer las características físicas de las rocas (suelo) a profundidad. Los estudios realizados fueron de IP3D con arreglo offset polo dipolo con un total de 22.2 km lineales. El estudio de magnetometría completó una adquisición de 40.9 km lineales realizados en los sectores de San Apolonio, Independencia y Ullapcham en el ANAP Pampa Grande. Las Tablas de cobertura de los métodos geofísicos aplicados en el ANAP Pampa Grande son descritas en el Anexo IV.

En la Tabla Nro. 6.1 y 6.2 se muestran la descripción de los parámetros utilizados para la adquisición de los datos de IP y magnetometría en campo, se precisa que para su ejecución se ha efectuado el levantamiento topográfico de las líneas de estudio.

**Tabla 6.1.-** Parámetros de adquisición del estudio de Polarización Inducida

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

**Tabla 6.2.-** Parámetros de adquisición del estudio de magnetometría

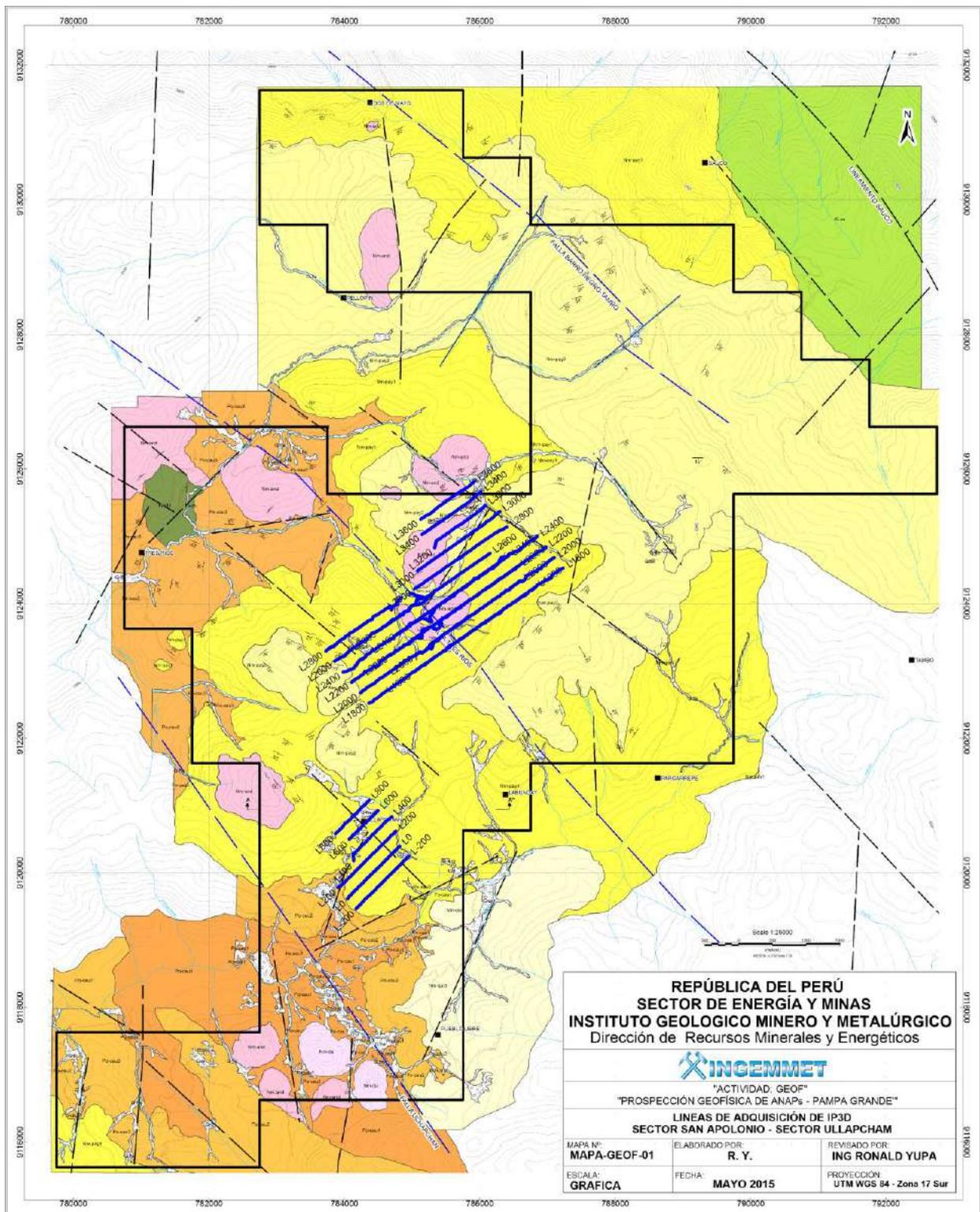
Parámetros	Modo de adquisición
Datum de referencia campo total	26300 nT
Intervalo de lecturas del equipo móvil	Cada 02 segundos
Intervalo de lecturas del equipo base	Cada 03 segundos
Altura sensor (móvil y base)	2m
Sistema Datum de adquisición	WGS 84 17S

Para realizar nuestras correcciones iniciales a los datos adquiridos en campo, se procedió a determinar nuestra Base magnética (ubicación de un equipo estático), lugar apropiado en el que se encuentre aislado de cualquier ruido cultural y donde su gradiente magnético no sea afectado por materiales magnéticos externos para obtener datos confiables. Así mismo, se ubicó nuestro 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 6.3.-** Coordenadas de las Base Magnética y Punto de Control

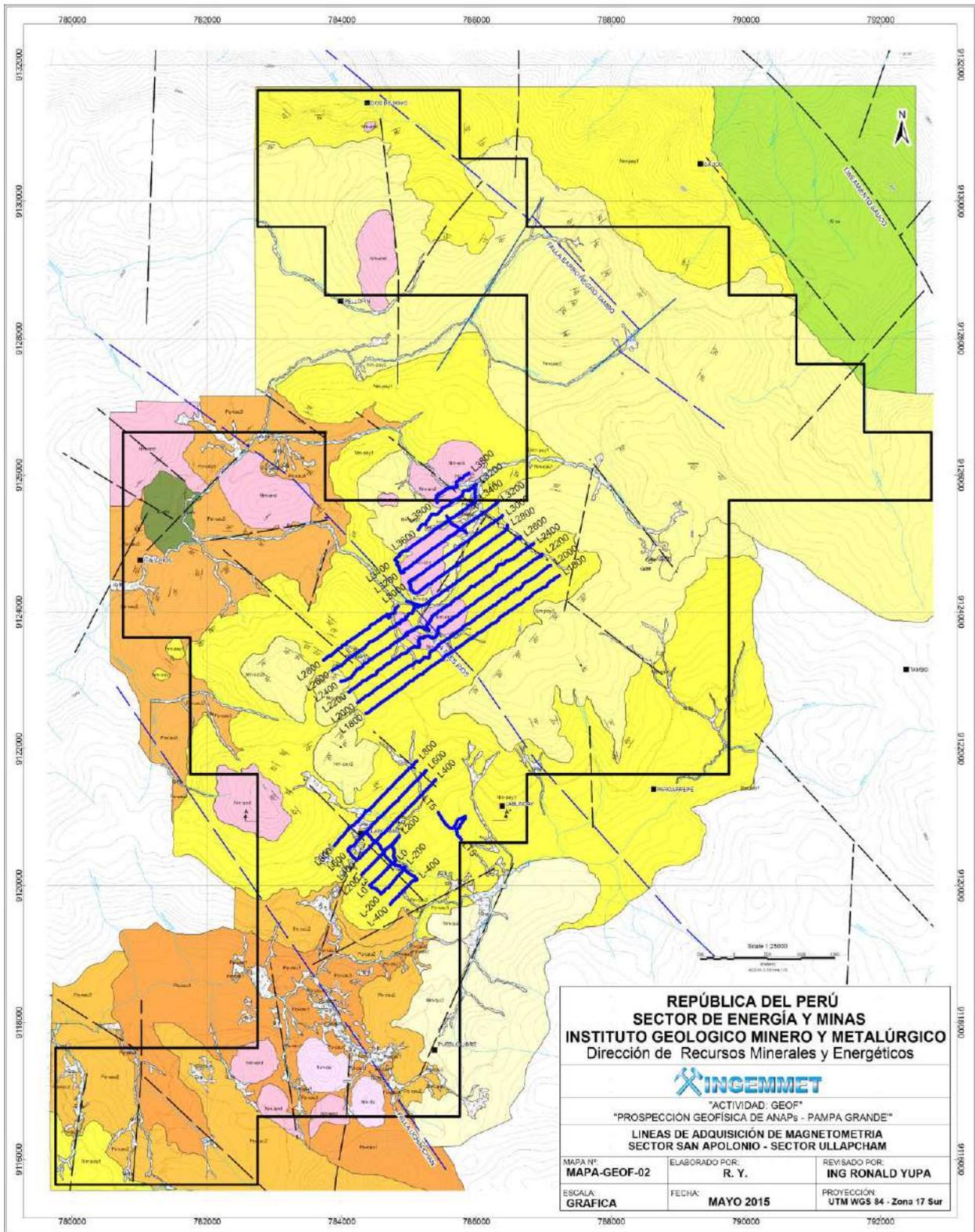
Estación	Coordenadas WGS 84 – 17S	
	Este	Norte
Base	786390	9125287
Punto Control	786419	9125242

En la Fig. 6.1 se observa la distribución de las líneas de IP3D, se especifica el arreglo offset polo dipolo 3D que consta en la ubicación de líneas de transmisión (TX) y líneas de recepción (Rx). Estas líneas de IP3D tuvieron una variación longitudinal que va entre 1 km – 2.5 km, con los que se obtuvo información alrededor de los 450 m de profundidad.



**Fig. 6.1** Mapa de Ubicación de las Líneas de IP/Resistividad 3D

En la Fig. 6.2 se observa la distribución de las líneas magnéticas propuestas en el ANAP Pampa Grande teniendo una inclinación NE-SO, estas fueron cubiertas de manera longitudinal a lo largo de cada línea teniendo diferente longitud. En algunos casos estas líneas no fueron cubiertas en su totalidad debido a la no autorización en el extremo NO y SO de las líneas programadas colindantes con los anexos de San Agustín, Payhual y Punas.



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

## 6.5. Procesamiento de Datos

### 6.5.1. 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 26300nT a toda la base de datos del proyecto para su posterior proceso y generación de imágenes en Oasis Montaj. La interpolación de los datos (gridding) se realizó con el algoritmo RANGRID de Geosoft con un tamaño de celda de 50m y 25m, para la primera y segunda campaña de magnetometría.

La generación de imágenes aplicando la Transformada de Fourier (FFT) y el uso de imágenes con filtros de la reducción al polo, señal analítica, primera derivada vertical, segunda derivada vertical, el gradiente de la derivada horizontal, entre otros se realizó con el Oasis Montaj convirtiendo estos mapas a formatos con extensión \*.GRD desde Oasis Montaj v.8.2

#### 6.5.1.1. 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 que tengan longitudes de onda muy pequeñas y eliminar los ruidos ocasionados por fuentes externas. La aplicación de filtros geofísicos se detalla en el Anexo IV.

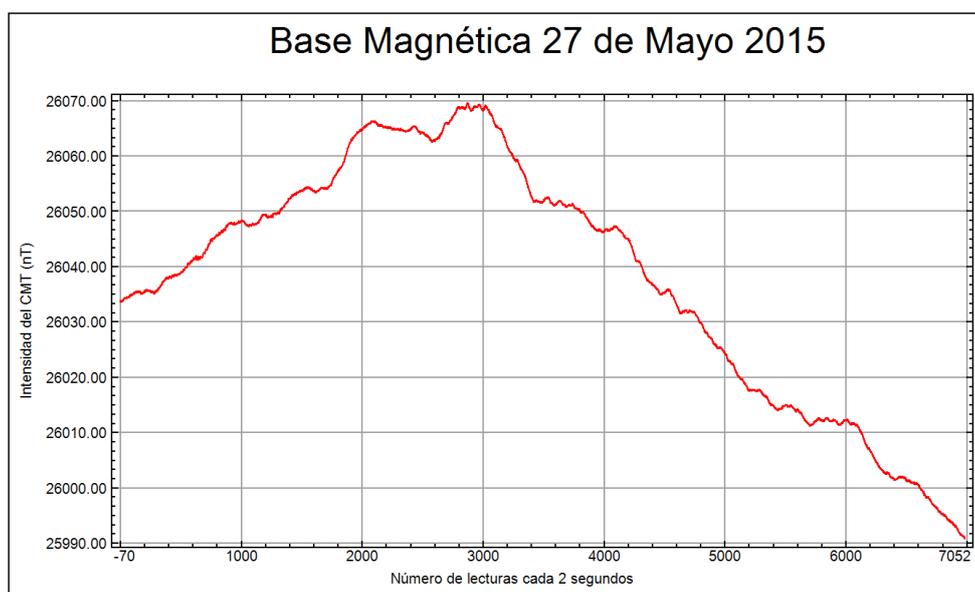


Fig. 6.3 Base magnética en el Sector de San Apolonio.

## **6.5.2. Procesamiento de Datos de Polarización Inducida**

### **6.5.2.1. 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. Después de una inspección visual a los datos con una alta señal/ruido fueron filtrados y separados para ser exportados en el formato \*.dat el cual se procedió a utilizar el algoritmo de inversión RES3DINV utilizando la metodología de suavizado por ajuste de mínimos cuadrados, desarrollado por Loke, M.H de Geotomo Software Sdn Bhd (2003), además todos los resultados fueron generados para visualizar la subsuperficie y el análisis vertical en profundidad. Esta información fue procesada y luego importada al Oasis Montaj de Geosoft para su posterior generación de imágenes e interpretación final. Los resultados del RES3DINV (modelo de inversión) pudieron ser integrados en un modelo de 3D creado en la plataforma de Geosoft. Los parámetros de la adquisición del IP para el ANAP Pampa Grande fue de un arreglo Offset 3D polo-dipolo con una longitud entre dipolos de 100m y un espaciamiento entre líneas de transmisión y recepción de 200m. Los datos de topografía usados en el modelo de inversión fueron extraídos de los GPS Garmin Montana, 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.

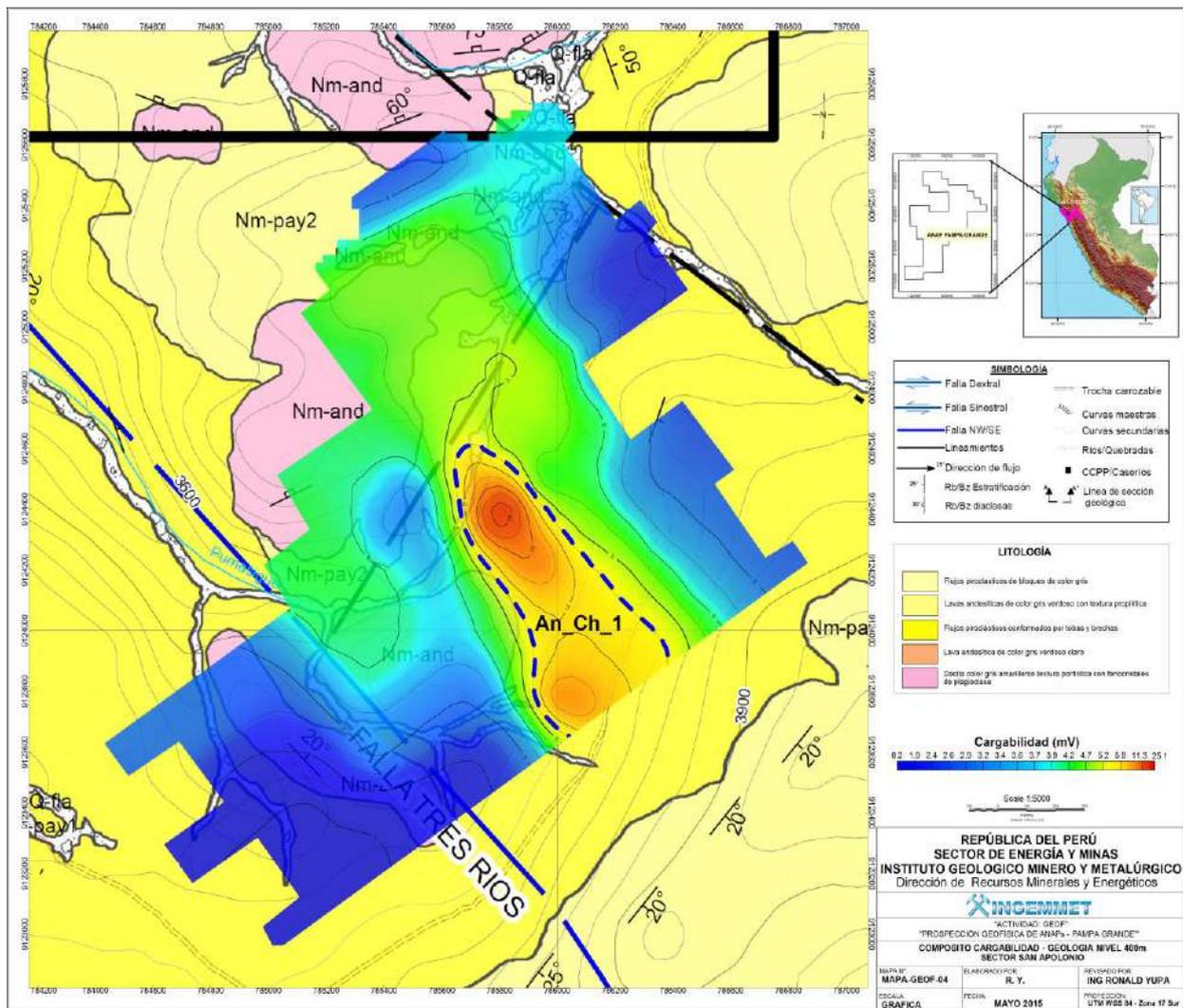
## **6.6. Interpretación**

### **6.6.1. Interpretación de Datos Polarización Inducida**

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

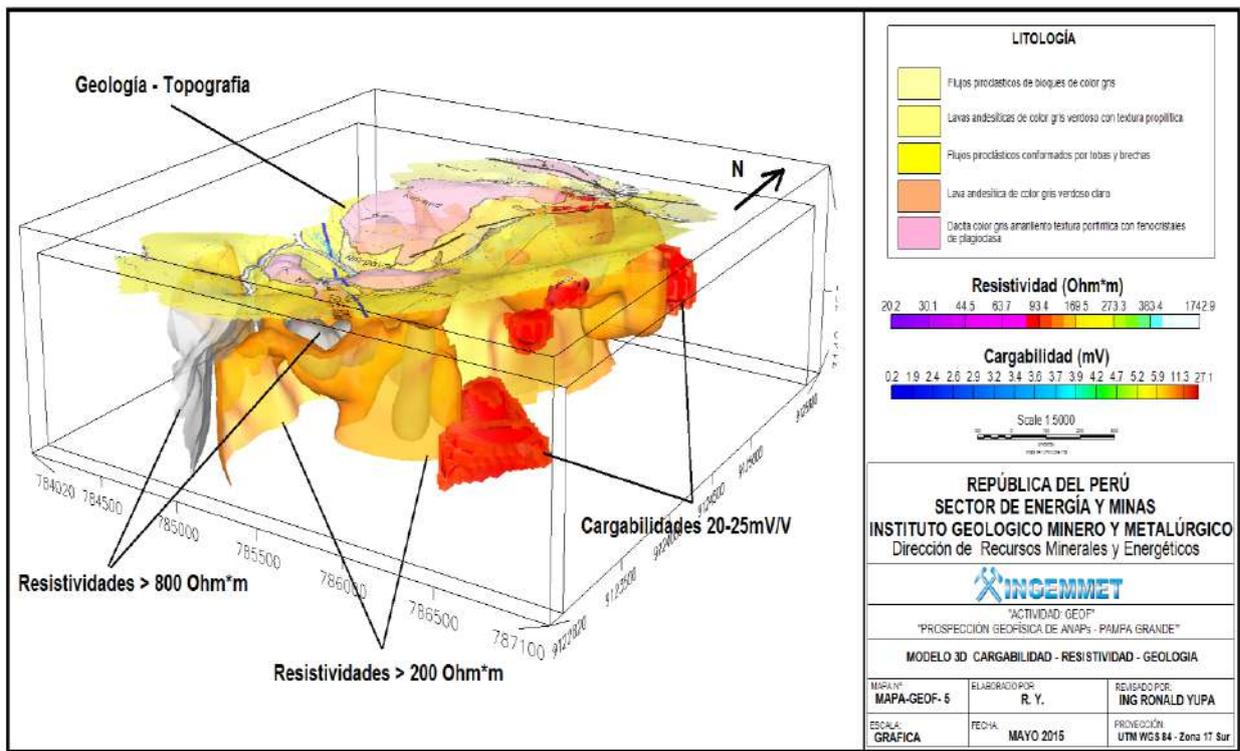
#### **6.6.1.1. Sector San Apolonio**

En la Fig. 6.4 se observa la respuesta del material polarizable a un nivel de profundidad de 400m, el mapeo geológico superficial considera flujos piroclásticos conformada por tobas y brechas circundantes a las andesitas de textura porfiritica con fenocristales de plagioclasa. La representación de la escala de colores de la cargabilidad, los valores altos representados en color rojo, intermedios de color amarillo y los valores bajos de color azul.



**Fig. 6.4** Compósito de Geología – Cargabilidad a un nivel de profundidad de 400m, Sector San Apolonio.

En la Fig. 6.5, se observa el modelo 3D con una inclinación  $-16^\circ$ , se ha limitado anomalías de cargabilidad con valores de 20-25mV/V denotados con el color rojo extendiéndose en un área de 1.2km x 600m aproximadamente. Esta imagen a su vez presenta en la parte superior la imagen de la elevación del terreno y su geología superficial. Se observa el inicio de la anomalía geofísica alrededor de los 400m de profundidad.

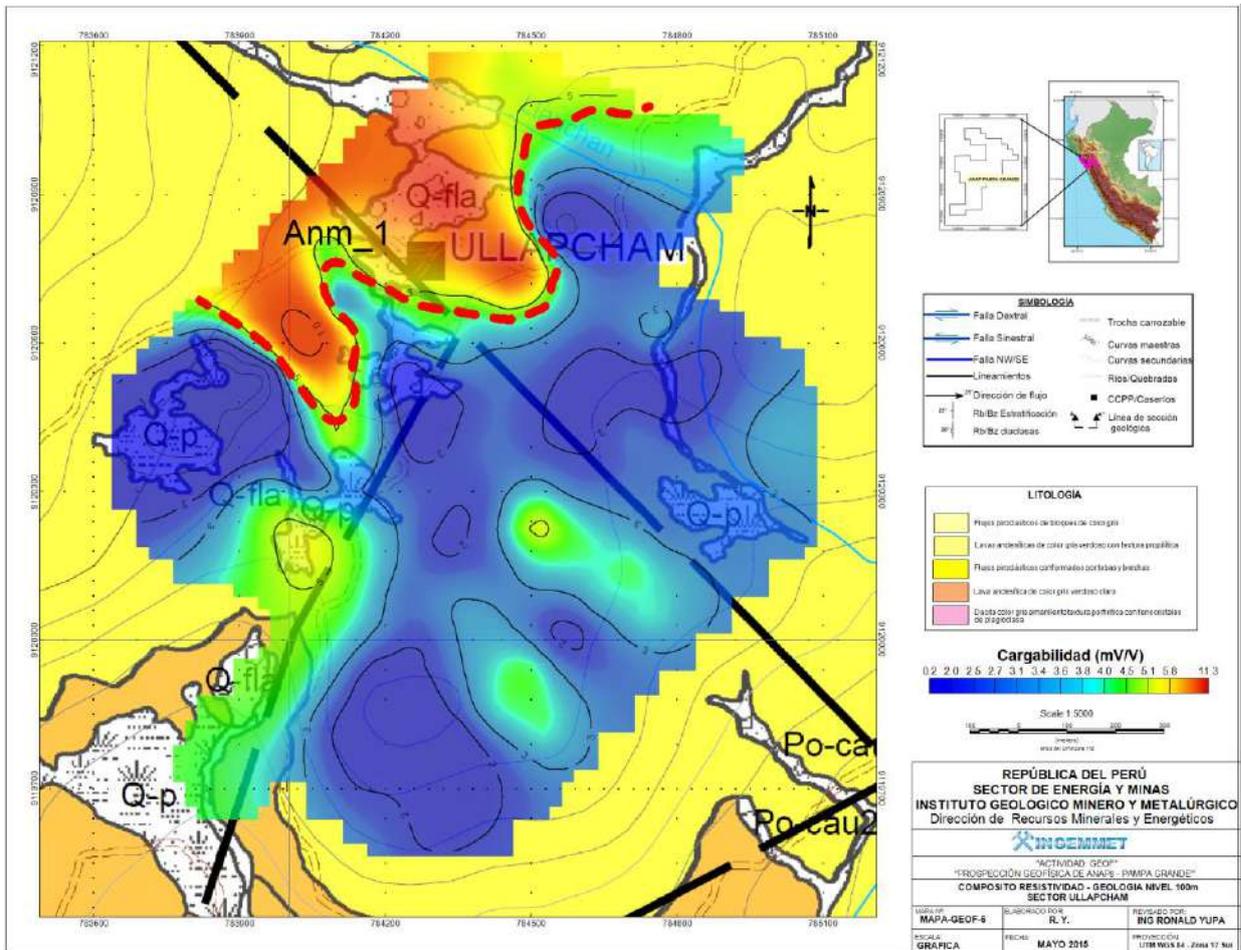


**Fig. 6.5** Vistas del Modelo 3D de Inversión de Cargabilidad – Resistividad y Geológico, Sector San Apolonio

6.6.1.2. Sector San Ullapcham

En la Fig. 6.6, se presenta el modelo de inversión en planta de la cargabilidad desarrollado en el sector de Ullapcham. El sector de color rojo es la zona de material polarizable geof que va en el rango de los 10 a 15mV/V, coincidiendo en un área de resistividades moderadas a bajas que van en el rango de 300 a 100Ohm\*m. En superficie se tiene el mapeo geológico local de flujos piroclásticos. Esta anomalía tiene una longitud de 1.3km x 1km aproximadamente y profundiza hasta los 300m, así mismo el material polarizable disminuye gradualmente hasta los 7mV/V y una resistividad moderada a baja de < 300Ohm\*m.

De otro lado, el material polarizable en gran parte de Ullapcham se comporta como un medio uniforme que va en un rango de 1 -4mV/V. La respuesta de resistividad presenta la misma característica con valores intermedios a bajos con valores que van de los 400 – 500Ohm\*m.



**Fig. 6.6** Compósito de Geología – Cargabilidad a un nivel de profundidad de 100m, Sector Ullapcham.

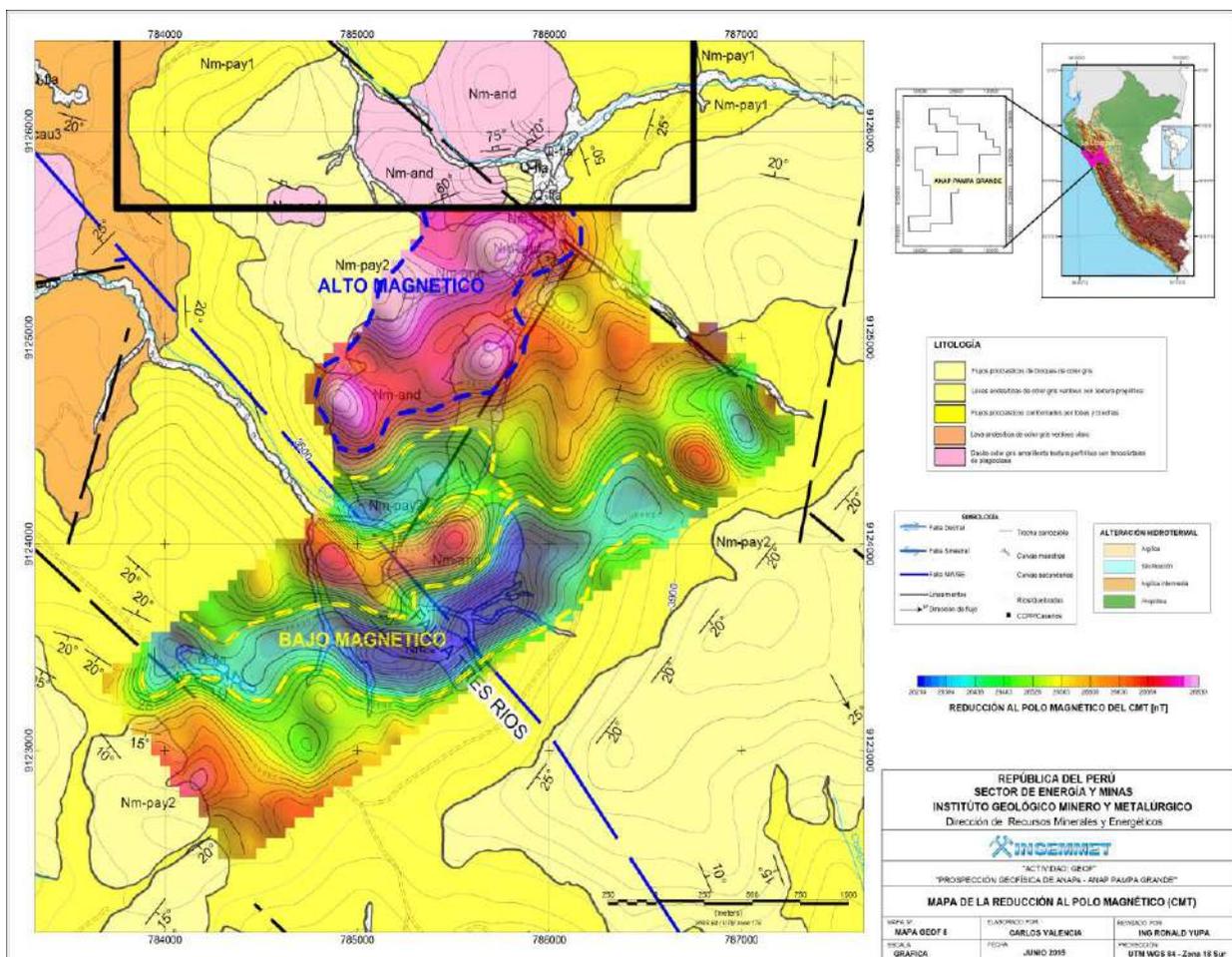
### 6.6.2. Interpretación de Datos Magnéticos

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, ver Anexo IV.

La intensidad magnética del campo varia en el área de estudio en un rango aproximadamente de (26214 - 26948nT) como máximo, aunque en la mayoría del área las anomalías solamente tiene una amplitud de aproximadamente 700nT.

### 6.6.2.1. Sector San Apolonio

En la Fig. 6.7, se observa el mapa de Reducción al Polo, este procesamiento de datos trata de proveer una imagen de la inclinación del campo magnético en un modo vertical, y así generar anomalías positivas sobre cuerpos de alta susceptibilidad magnética, Hinze, (2013), Sin embargo, este filtro puede generar efectos no geológicos especialmente cuando el área de estudio es relativamente pequeño o irregular y/o en presencia de efectos culturales o remanencia magnética. En estos casos, otros 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. Se observan dos zonas denominadas como; alto magnético ubicada en una zona que presenta alteración argílica intermedia en superficie y presencia de lavas andesíticas. La anomalía de bajo magnético indicaría un área que ha perdido sus propiedades mineralógicas causadas por alta temperatura, lo que sugiere la presencia de un alto fracturamiento que sirvió de conducto para que los fluidos hidrotermales puedan trasladarse y haber destruido las propiedades mineralógicas de la magnetita. Esta anomalía tiene una orientación NE-SO cortando una falla regional.



**Fig. 6.7** Compósito Reducción al Polo y Geológico

Los datos magnéticos han sido procesados con el algoritmo de inversión magnética VOXI Earth Modelling, plataforma del Oasis Montaj 8.2. Este algoritmo produce una distribución de la susceptibilidad magnética desde la subsuperficie a profundidad producto de los datos magnéticos observados en campo.

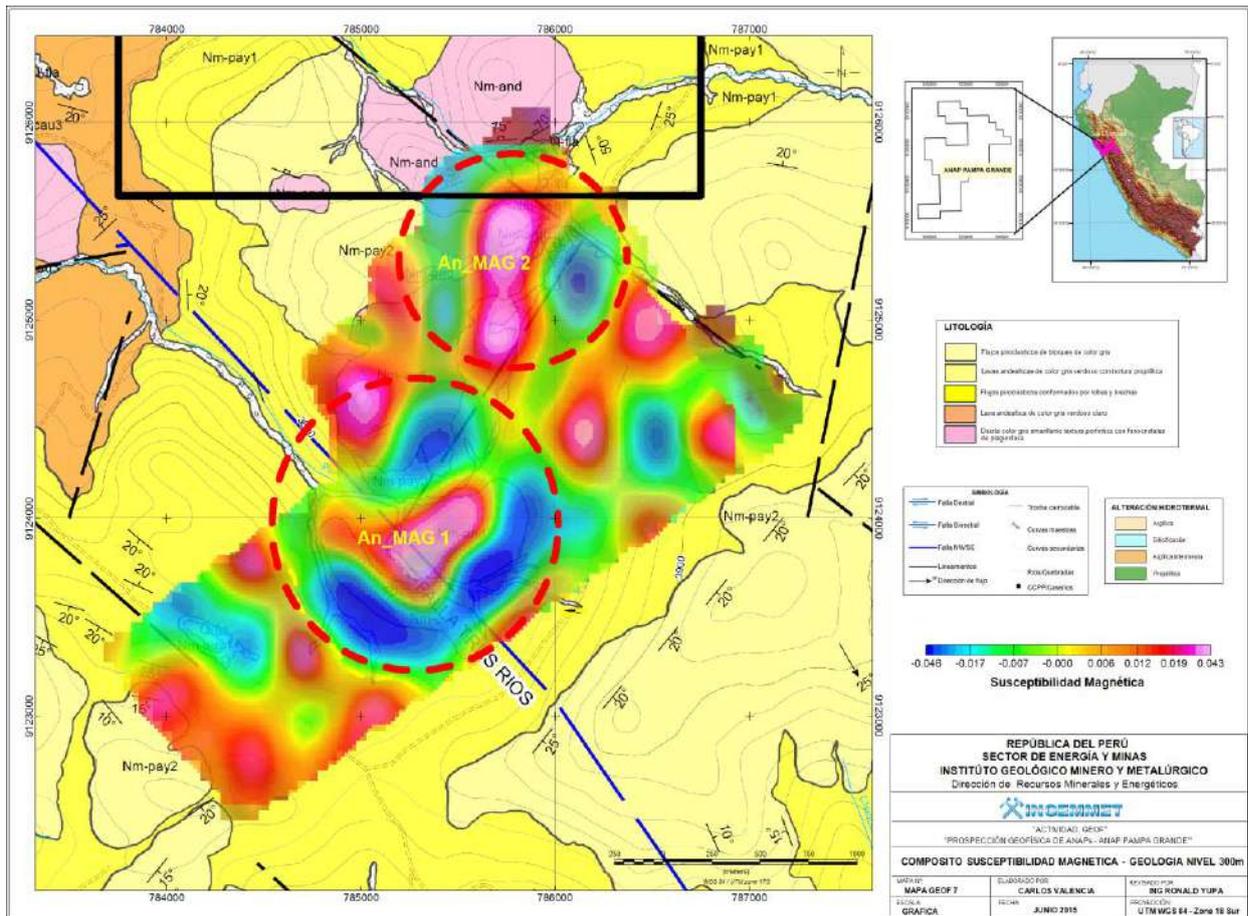
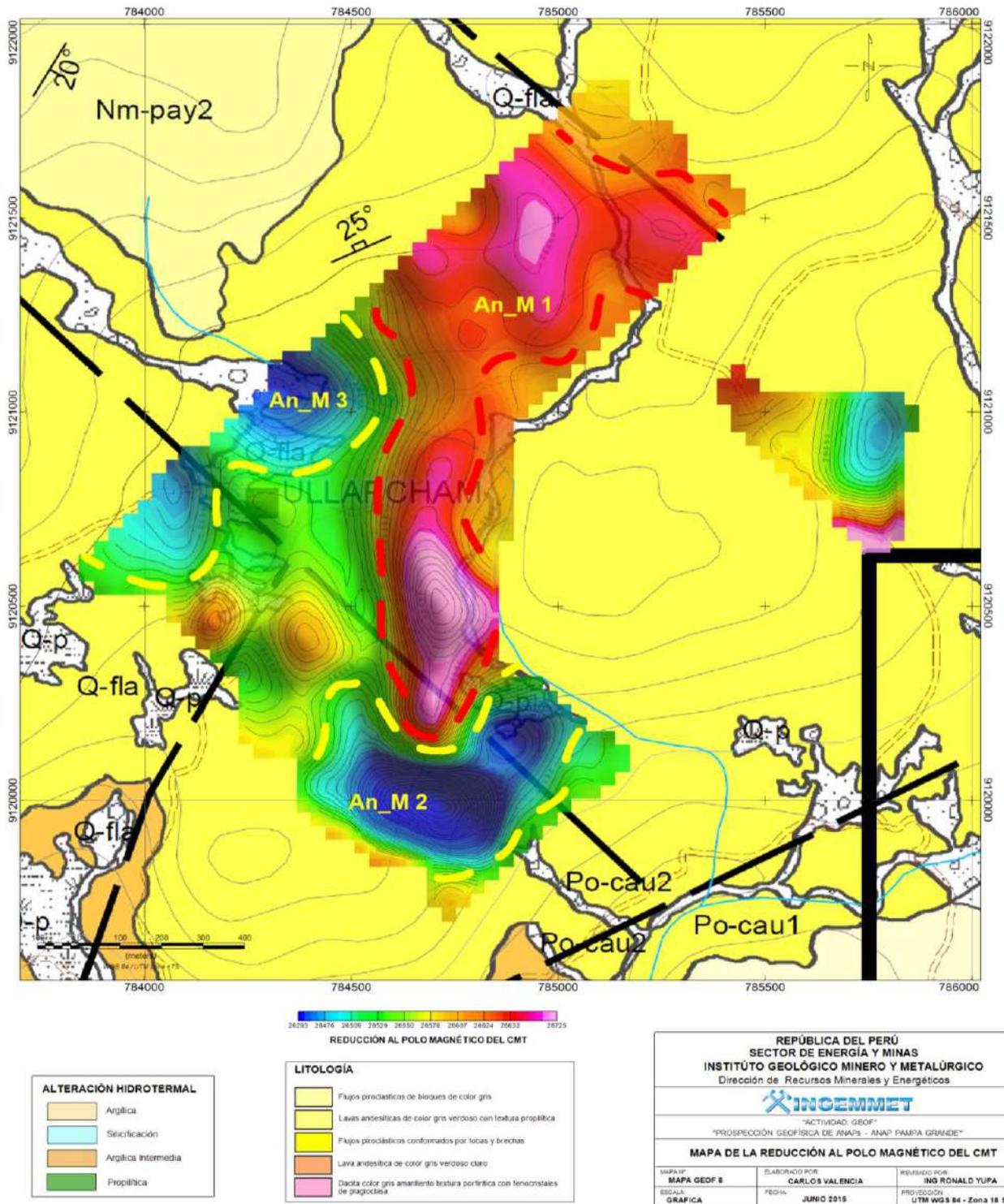


Fig. 6.8 Mapa de inversión magnética a 300m de profundidad

En la Fig. 6.8, se observa el mapa de susceptibilidades magnéticas a una profundidad de 300m, se definen dos anomalías, la An\_MAG 1 es una representación típica de un sistema de pórfido (Sillitoe, 1979), se observa un alto magnético, posiblemente caracterizado por una complejidad interna, centrada en una zona mineralizada el cual está rodeada por un halo magnético bajo, probablemente asociado a una alteración propilítica y fílica en profundidad. Este bajo magnético tiene las características magnéticas volcánicas presentando fluctuaciones en las longitudes de onda corta por encima y debajo del nivel base (regional). D.A.Clark (2014). La An MAG 2 se observa un alto magnético con orientación NE-SO, en superficie se tiene la información geológica de alteración argílica intermedia y propilítica observándose un alto contenido de fenocristales con alto contenido de mineral ferrimagnético.

#### 6.6.2.2. Sector San Ullapcham

La Fig. 6.9 presenta una la An\_M 1 representando un alto magnético superpuesta en una zona de flujos piroclásticos presentando un alto contenido de minerales ferrimagnéticos en su composición. Tiene una orientación N-S. Las anomalías de bajo magnético An\_M 2 y An\_M 3 podrían indicarían el resultado de la destrucción de las propiedades mineralógicas de la magnetita. Se observan dos fallas regionales importantes superpuestas en esta área.



**Fig. 6.9** Compósito Reducción al Polo y Geológico

### 6.7. Conclusiones y Recomendaciones Geofísicas

Los estudios realizados fueron de IP3D con arreglo offset polo dipolo con un total de 22.2 Km lineales. El estudio de magnetometría completó una adquisición de 40.9 Km lineales realizados en los sectores de San Apolonio, Independencia y Ullapcham en el ANAP Pampa Grande. 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.

Las líneas de adquisición en los sectores de San Apolonio y Ullapcham tuvieron una orientación NE-SO teniendo una longitud variable con un espaciamiento de 200 metros establecidos a lo largo del área. La prospección de IP3D y Magnética fue completada a lo largo de diferentes secciones de la malla como se muestra en la Fig. 1 y Fig. 2. Las líneas del levantamiento de IP fueron centradas sobre un área mapeada compuesta de flujos piroclastos colindantes con una andesita de textura porfiritica controlado por un sistema de fallas con orientación NO-SE.

En el Sector de San Apolonio – Independencia, la respuesta del levantamiento de IP 3D nos ha mapeado una anomalía que podría ser interpretada como un posible pórfido (?) y/o un epitermal a una profundidad de los 400m. (cargabilidades de 25-30mV/V) Esta anomalía geofísica consiste en una capa subhorizontal ubicada entre un medio de baja resistividad adyacente a un medio de alta resistividad (posible silica cap?) superponiéndose una anomalía de cargabilidad moderada (posible sulfuros). La respuesta magnética coincide y estaría dando soporte a esta interpretación. En ambas instancias, el mapeo geofísico nos indicaría el inicio de esta anomalía a introduciéndose a profundidad. Esta posible área de interés eventualmente requeriría de un programa de perforación en la anomalía geofísica y ser apropiadamente evaluada.

El IP3D corrobora el mapeo geológico y muestra grandes zonas de silica cap? cubriendo el N-O de la malla geofísica. Se muestran zonas de alta resistividad a poca profundidad a lo largo de las unidades geológicas definidas, pudiendo ser un indicador donde la silica cap está introduciéndose con un bajo ángulo. Existe un diferente incremento en los valores de la cargabilidad por debajo del horizonte resistivo siendo consideradas insignificantes (bajas), en zonas donde fueron mapeadas en un escenario netamente geológico. La mayor concentración de material polarizable mapeado aparece estar ubicado al SE de la malla geofísica en un área de baja y alta resistividad. Esta anomalía de cargabilidad queda abierta con dirección hacia el SE.

Se ha interpretado algunas áreas bajos magnéticos reflejando cuerpos de alto gradiente de susceptibilidad magnética (posible pórfido?) una anomalía de alto magnético encerrado por un bajo magnético. Dos de estas coincide con la anomalía de IP delineada al sureste de la malla geofísica en el sector de San Apolonio. Existen dos altos magnéticos con orientación al NS y al NE-SW que coinciden ubicarse entre dos fallas regionales con rumbo NO-SE. De otro lado se observa, una ruptura estructural con orientación NE-SW mapeada a lo largo de la respuesta geofísica. Estos trenes magnéticos podrían delinear rupturas estructurales o contactos geológicos relacionados a este target de exploración. Segundo, se observa un bajo magnético coincidente con la respuesta de baja resistividad presumiendo que las propiedades mineralógicas de la magnetita han sido destruidas.

La respuesta magnética mostrada en el mapa de susceptibilidad magnética a 300m (Fig. 6.8) indica anomalías de bajos y altos magnéticos. Los bajos magnéticos son la respuesta directa a zonas definidas por un alto grado de deformación debido a las fracturas que han servido de conducto a los fluidos hidrotermales los cuales han destruido la composición mineralógica de la magnetita. De otro lado su alta susceptibilidad estaría relacionada al alto contenido de minerales ferrimagnéticos en su composición tales como la magnetita, titanita o por biotitas (cuerpos intrusivos), Hinze (2013).

En el Sector de San Apolonio se recomienda continuar mapeando esta anomalía con IP3D, magnetometría y/o un método electromagnético para obtener información a una mayor profundidad de los 500m.

En el Sector de Ullapcham, la Fig. 6.6 muestra el contenido de material polarizable a una profundidad de 100m, teniendo cargabilidades con un rango de 10 a 15mV/V, que se superpone a área de resistividades moderadas a bajas que van en el rango de 300 a 100 Ohm\*m. Esta anomalía tiene una longitud de 1.3km x 1km aproximadamente y profundiza hasta los 300m pero gradualmente disminuye la cantidad de material polarizable llegando a un rango de 7mV/V. En este Sector no se ha podido mapear anomalías geofísicas importantes.

## VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hechos los trabajos de campo tanto de Geología, Geoquímica y Geofísica hasta donde el tema social con las comunidades nos lo permitieron podemos concluir en lo siguiente:

- La ubicación desde el punto de vista metalogenético del ANAP, es altamente prospectivo con minas y proyectos en exploración por oro, plata, cobre ubicados en esta franja.
- El marco geológico regional circundante del ANAP, lo constituyen rocas sedimentarias del Cretáceo (Grupo Goyllarisiquizga) que infrayacen en discordancia a las secuencias volcánicas de edad Oligomioceno (Grupo Calipuy); constituidas mayormente por rocas de composición andesíticas a dacíticas.
- Estructuralmente el área se encuentra poco deformada a diferencia de la secuencia sedimentaria que muestra un intenso plegamiento con rumbo al NW y fallas regionales en la misma dirección.
- Basados en los resultados de geología y geoquímica se detectaron dos (02) sectores o blancos prospectivos dentro del ANAP, las que corresponde a San Apolonio y Ullapcham.
- El prospecto San Apolonio, se trata de un sector con alteración argílica intermedia; donde se aprecia la presencia de estructuras de escape venillas tipo stockwork y network compuestas por sílice con óxidos, así como cuerpos de brechas matriz soportada, polimícticas síliceas con clastos subredondeados a redondeados y matriz de óxidos de fierro. Los análisis de laboratorio para este sector nos permiten determinar, la existencia de anomalías para mercurio y zinc; que en el primer caso llega a tener valores altos a diferencia del segundo que son moderados a débiles, lo que nos indica que estamos en un nivel alto de un sistema epitermal e incluso de poca intensidad o fuerza.
- La prospección geofísica concluye, que los domos de andesita porfiríticos exponen una alteración propilítica moderada con cristales de clorita, epidota y fenocristales de anfíboles transformados a magnetita, lo que se asocia a los altos magnéticos. Por su parte los bajos magnéticos reportados se asocian con zonas de alteración argílica.
- El método de IP3D, delimita áreas con alta resistividad a poca profundidad; lo que se relaciona a las secuencias de la lavas andesíticas porfiríticas (Unidad Nm-pay2) con venilleos irregulares de sílice con óxidos; si bien en superficie exponen una alteración argílica a argílica intermedia en profundidad éstas ceden paso a una silicificación débil a moderada, como lo reporta la geofísica. Existe un incremento en los valores de cargabilidad por debajo de este horizonte resistivo; siendo consideradas como insignificantes (bajas), que se correlación con un escenario netamente geológico. La mayor concentración de material polarizable mapeado parece estar ubicado al sureste de la malla geofísica en un área de baja y alta resistividad. Esta anomalía de cargabilidad débil queda abierta hacia el sureste.

- Lo resaltante para el prospecto San Apolonio es la respuesta obtenida del levantamiento de IP3D, en la naciente de la quebrada Pumasigue, en donde se ha delimitado una anomalía que podría ser interpretada como un posible cuerpo con diseminación de sulfuros pódrido (?) y/o un subvolcánico a una profundidad de 400m. (cargabilidades de 25-30mV/V). La investigación geofísica en el sector indicado nos muestra el inicio de una anomalía de cargabilidad a profundidad, de dimensiones moderadas. Si se consideran realizar trabajos adicionales a futuro eventualmente requeriría de un programa de prospección geofísica electromagnética (TEM); lo que permitiría tener una mejor información.
- En el target Ullapchan se muestra una silicificación intensa (litocapa de sílice) y/o Sinter siliceo de tipo calcedónico a opalínico (sílice fría), rodeado por un ambiente argílico propilítico. Los resultados de laboratorio para las muestras tomadas muestran altos y moderados valores de molibdeno y arsénico, lo que genera un sector anómalo para estos elementos. Los trabajos de prospección geofísica exponen que el material polarizable profundiza unos 100 m, con rangos de 10 a 15 mV/V, que se superpone a áreas de resistividades moderadas a bajas, rangos que van de 300 a 100 Ohm\*m. Esta anomalía geofísica es persistente a lo largo de 1.3 km x 1 km aproximadamente y profundiza hasta los 300 m, por debajo de esta disminuye gradualmente la cantidad de material polarizable llegando a un rango de 7 mV/V. Esto nos lleva a pensar que es un sector de muy pocas posibilidades prospectivas.
- Además de estos dos targets considerados como de interés existen otros con valores anómalos como Barro Negro, anomalía de mercurio; destacan dos valores muy altos (10.6 y 16.4 ppm Hg), Pueblo Libre con anomalías bajas en zinc (309 ppm Zn), arsénico (167 ppm As) y mercurio (0.52 ppm Hg), en Paraíso se reportan anomalías para el mercurio, arsénico y bario (2.33, 2.34 y 4.06 ppm Hg), (257 y 1323 ppm As), y (183 y 312 ppm Ba). De otro lado en San Agustín - Tres Ríos se tienen algunos valores anómalos bajos a moderados en cobre(145 ppm Cu), plomo (219 ppm Pb), zinc (162 ppm Zn), arsénico (161 ppm As) y 03 valores en bario (164, 170 y 184 ppm Ba).
- Por todo lo expuesto: Sí se desea continuar con los trabajos de prospección especialmente en el Blanco San Apolonio, se recomienda un programa de prospección geofísica electromagnética (TEM), con la cual se podrá delimitar mejor estos cuerpos en profundidad. Mientras que para el caso del sector Barro Negro, se recomienda una intensa campaña de sensibilización social; que permita apertura esta zona para poder realizar los trabajos de prospección en dicha área, de lo contrario seguir los procedimientos legales establecidos para las ANAP's.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartos, P. J. (1987) Quiruvilca, Perú: Mineral Zoning and Timing of Wall-Rock Alteration Relative to Cu-Pb-Zn-Ag Vein-Fill Deposition. *Economic Geology* Vol. 82, 1987. Pp. 1431-1452.
- Benavides, V. (1956) Cretaceous System in northern Perú.-*Amer. Mus. Nat. Hist. Bull.*, 108, 352-494.
- Chira, J. Palomino, Ch. Vargas, L. y Vasquez, R. (2011) Prospección Geoquímica Regional entre los Paralelos 7° y 8° Sur- Vertiente Pacífica. *Bol N°28 serie B.*
- Howard, N., Brookes, D., Ford, A., (2007) Genetic Classification of Breccias. Breccia poster Vancouver 07\_V2.
- Mamani M. y Navarro, P. (2009) Geocronología Geoquímica y Estratigrafía Volcánico del Cenozoico (Grupo Calipuy) en Otuzco y Huamachuco Norte del Perú. *Bol Soc Geol. Perú* 103: 233-243.
- Mc Laughlin, D. H. (1925) Notas sobre la geología y fisiografía de los Andes peruanos en los departamentos de Junín y Lima. *Inf. Y Mem. Soc. Ing. Perú*, 27, N° 2, 69-107.
- Navarro, P., Rivera, M. y Monge, R. (2009) Nuevos Aportes Sobre el Volcanismo Cenozoico del Grupo Calipuy en La Libertad y Ancash: Geocronología y Geoquímica. *Bol. Soc. Geol. Perú*, 103: 215-232.
- Navarro, P., Rivera, M. y Monge, R. (2010) Geología y Metalogenia del Grupo Calipuy (Volcánico Cenozoico) segmento Santiago de Chuco, Norte del Perú *Bol N° 28 Serie D*, p: 57-61
- Stappenbeck, R. (1929) Geologie des Chicamatales in Nordperu und seiner Anthracitlagerstätten. *N.Jb. Geol. Pal.*, Stuttgart, Abh., 16, H.4, p: 305-355.
- Tosdal, R., Dilles, J., y Halley, S., (2015) Footprints: Hydrothermal Alteration and Geochemical Dispersion Around Porphyry Copper Deposits. *SEG Newsletter*, 100: p1-17.
- Wilson, J. J. (1963). Cretaceous stratigraphy of the central Andes of Perú. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 47: 1-34.
- Wilson, P. A. (1975) Potassium-argon age studies in Peru with special reference to the emplacement of the Coastal Batholith. Ph.D. thesis. Univ. Liverpool. England, p. 299.
- William J. Hinze, Ralph R.B. Von Frese and Afif H. Saad, (2013) Principles, Practices, and Applications. Gravity and Magnetic Exploration, Cambridge University Press.

Telford, W.; Geldar, L.; Sheriff, R. (1990) Applied Geophysics, Cambridge University Press.

Prabhakar S. Naidu and M.P. Mathew, (1998) Analysis of Geophysical Potential Fields, A Digital Signal Processing Approach. Advances in Exploration Geophysics 5.

Dolan, W. M. and McLaughlin, G. H. (1967) Considerations concerning measurement standards and design of pulsed IP equipment. Symp. on Induced Electrical Polarization, Eng. Geosc., Dep. Mineral Technol., University of California, Berkeley, Proc., p.2-31

Emerson, D. W. (ed.) (1980) The geophysics of the Elura ore body, Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists 11(4) p. 10-16.

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

White, R.; Collins, S.; Loke, M. (2003) Resistivity and IP arrays, optimised for data collection and inversion. Exploration Geophysics 34, p. 229–232

MAG3D, (2005) A Program Library for Forward Modelling and Inversion of Magnetic Data over 3D Structures VERSION 4.0, UBC–Geophysical Inversion Facility, Department of Geophysics and Astronomy, University of British Columbia. Disponible en: <http://www.eos.ubc.ca/courses/eosc350/content/sftwrdocs/mag3d/mag3d-manual.pdf>

Applying filters with montaj Geophysics (2013) Disponible en: <  
[http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Applying\\_Filters\\_with\\_montaj\\_Geophysics.pdf](http://updates.geosoft.com/downloads/files/how-to-guides/Applying_Filters_with_montaj_Geophysics.pdf)>

GEM Systems Advance (2014). Gemlink Ver.5.3.1.8. Disponible en: [www.gemsys.ca](http://www.gemsys.ca)

Sillitoe, R.H., (1979) Some thoughts on gold-rich porphyry copper deposits: Mineral. Dep., 14, 161-1744.

David A. Clark (2014) Magnetic effects of hydrothermal alteration in porphyry copper and iron-oxide copper–gold systems: A review. Tectonophysics 624–625 46–65

### **Relación de figuras:**

Fig. 1.1. Plano de ubicación del ANAP Pampa Grande.

Fig. 1.2 Mapa de límites provinciales y distritales.

Fig. 1.3 Mapa Catastral del ANAP Pampa Grande.

Fig. 1.4 Mapa de vértices ANAP Pampa Grande, PSAD56 – Zona 17.

Fig. 1.5 Mapa de firmas espectrales.

Fig. 2.1. Lineamientos Regionales ANAP Pampa Grande.

Fig. 2.2 Franja Metalogenética XXI presente en el ANAP Pampa Grande.

Fig. 4.1 Análisis de control de Cu en blanco fino.

Fig. 4.2 Análisis de control para el elemento Au.

Fig. 4.3 Análisis de control de duplicados para los elementos Au, Cu, Pb y Zn.

Fig. 4.4 Control de calidad del elemento Cu en blanco grueso y fino.

Fig. 4.5 Au (ppb) – Estándares

Fig. 4.6 Au (ppm) – Estándares

Fig. 4.7 Ag (ppm) – Estándares

Fig. 4.8 Cu (ppm) – Estándares

Fig. 4.9 Pb (ppm) – Estándares

Fig. 4.10 Pb (ppm) – Estándares

Fig. 4.11 Zn (ppm) – Estándares

Fig. 4.12 Gráfica de muestras original vs muestra duplicado de campo para el Cu.

Fig. 5.1 Mapa de ubicación target Ullapcham.

Fig. 5.2 Difractogramas de rayos X para las muestras PG14\_79 y PG14\_92

Fig. 5.3 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_106

Fig. 5.4 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_108

Fig. 5.5 Difractogramas de rayos X para la muestra PG14\_109

Fig. 5.6 Mapa de alteraciones hidrotermales target Ullapcham.

Fig. 5.7 Mapa geoquímico As/Mo target Ullapcham.

Fig. 5.8 Modelo de la anomalía Ullapcham.

Fig. 5.9 Mapa geoquímico Mo-Anomalía Ullapcham.

Fig. 5.10 Mapa geoquímico As-Anomalía Ullapcham.

Fig. 5.11 Mapa ubicación target San Apolonio.

Fig. 5.12 Mapa de alteración target San Apolonio.

Fig. 5.13 Difractogramas de rayos X para las muestras PG14\_189 y PG14\_195.

Fig. 5.14 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_208; tomada en la *Brecha Rosita Norte*.

Fig. 5.15 Difractograma de rayos X para la muestra PG14\_203; recolectada en las venillas tipo network.

Fig. 5.16 Modelo de la anomalía San Apolonio.

Fig. 5.17 Plano Temático Geoquímico para el Zn Sector Anomalía San Apolonio.

Fig. 5.18 Plano Temático Geoquímico para el Hg Sector Anomalía San Apolonio.

Fig. 5.19 Difractograma de la muestra PG14\_109.

Fig. 5.20 Firma espectral de la caolinita en la muestra PG14\_109.

Fig. 5.21 Difractogramas de las muestras PG14\_175 y PG14\_176.

Fig. 6.10 Mapa de Ubicación de las Líneas de IP/Resistividad 3D.

Fig. 6.11 Mapa de Ubicación de las Líneas de Prospección Magnética.

Fig. 6.12 Base magnética en el Sector de San Apolonio.

Fig. 6.13 Compósito de Geología – Cargabilidad a un nivel de profundidad de 400m, Sector San Apolonio.

Fig. 6.14 Vistas del Modelo 3D de Inversión de Cargabilidad – Resistividad y Geológico, Sector San Apolonio.

Fig. 6.15 Compósito de Geología – Cargabilidad a un nivel de profundidad de 100m, Sector Ullapcham.

Fig. 6.16 Compósito Reducción al Polo y Geológico.

Fig. 6.17 Mapa de inversión magnética a 300m de profundidad.

Fig. 6.18 Compósito Reducción al Polo y Geológico.

**Relación de tablas:**

Tabla 1.1 Acceso ANAP Pampa Grande.

Tabla 1.2 Coordenadas de vértices ANAP Pampa Grande, PSAD56 – Zona 17.

Tabla 1.3 Minerales identificados con análisis espectral.

Tabla 4.1 Límites de detección máximos y mínimos de análisis geoquímicos.

Tabla 4.2 Distribución de muestras de esquirlas de roca.

Tabla 4.3 Resultados analíticos para muestras de control blanco fino.

Tabla 4.4. Distribución de muestras de esquirlas de roca.

Tabla 4.5 Valores de estándares de los certificados del laboratorio Geostats PTY LTD.

Tabla 4.6 Resultados Analíticos Blancos de Control en muestras de rocas.

Tabla 4.7 Resultados analíticos de las muestras originales y duplicados.

Tabla 4.8 Población estadística para muestras de sedimentos.

Tabla 4.9 Parámetros estadísticos para sedimentos de corriente.

Tabla 4.10 Anomalías Geoquímicas para los Sedimentos de Corriente.

Tabla 4.11 Coeficiente de Correlación de Pearson para los sedimentos de Corriente.

Tabla 4.12 Población estadística para muestras de rocas.

Tabla 4.13 Parámetros estadísticos para sedimentos de corriente.

Tabla 4.14 Anomalías Geoquímicas para la Población Flujos Piroclásticos.

Tabla 4.15 Coeficiente de Correlación de Pearson para la población de flujo piroclásticos

Tabla 4.16 Parámetros estadísticos para la población cuerpos sub-volcánicos.

Tabla 4.17 Muestras de la población sub-volcánicos.

Tabla 4.18 Coeficiente de Correlación de Pearson para los cuerpos Sub-volcánicos andesíticos.

Tabla 5.1 Caracterización Petromineralógica con Estudios Especiales.

Tabla 5.2 Parámetros estadísticos para la anomalía Ullapcham.

Tabla 5.3 Muestras presentes en el target Ullapcham.

Tabla 5.4 Cuadro de valores resaltantes en la anomalías Ullapcham.

Tabla 5.5 Coeficiente de Correlación de Pearson para los 17 elementos principales en el target Ullapcham.

Tabla 5.6 Coeficiente de Correlación de Pearson para todos los elementos en el target Ullapcham

Tabla 5.7 Caracterización Petromineralógica con Estudios Especiales.

Tabla 5.8 Población estadística para muestras en la Anomalía San Apolonio.

Tabla 5.9 Parámetros estadísticos para las Lavas Andesíticas del Centro Volcánico Payhual en la Anomalía San Apolonio.

Tabla 5.10 Anomalías geoquímicas para las Lavas Andesíticas del Centro Volcánico Payhual en la Anomalía San Apolonio.

Tabla 5.11 Coeficiente de Correlación de Pearson para los 19 elementos principales en el target San Apolonio para las Lavas Andesíticas del Centro Volcánico Payhual.

Tabla 5.12 Coeficiente de Correlación de Pearson para las muestras del target San Apolonio.

Tabla 5.13 Parámetros estadísticos para los Domos Andesíticas Porfíricos en la Anomalía San Apolonio.

Tabla 5.14 Anomalías geoquímicas para los Domos Andesíticas Porfíricos en la Anomalía San Apolonio.

Tabla 5.15 Coeficiente de Correlación de Pearson para los 19 elementos principales en el target San Apolonio para los Domos Andesíticas Porfíricos.

Tabla 5.16 Coeficiente de correlación de Pearson para todos los elementos en los Domos Andesíticas Porfíricos en la Anomalía San Apolonio

Tabla 5.17 Cuadro de anomalías geoquímicas sector San Apolonio.

Tabla 5.18 Anomalías geoquímicas para el target Barro Negro.

Tabla 5.19 Anomalías geoquímicas para el target Pueblo Libre.

Tabla 5.20 Anomalías geoquímicas para el target Paraíso.

Tabla 5.21 Anomalías geoquímicas para el target San Agustín- Tres Ríos.

Tabla 6.4 Parámetros de adquisición del estudio de Polarización Inducida.

Tabla 6.5 Parámetros de adquisición del estudio de magnetometría.

Tabla 6.6 Coordenadas de las Base Magnética y Punto de Control

## **Relación de fotos:**

Foto 1.1. Reunión con las autoridades y ronda campesina de La Morada -Tres Ríos.

Foto 1.2. Charla con la Comunidad de Pueblo Libre.

Foto 1.3. Los geólogos Juan Paullo, Eder Villarreal y Joel Otero con el personal de apoyo.

Foto 5.1 Detalle de los flujos piroclásticos compuestos por tobas líticas de color gris violase que representan al primer evento eruptivo del complejo volcánico Caupar.

Foto 5.2 Afloramiento del segundo evento eruptivo Caupar 2, detalle de las tobas líticas con pómez en el cerro Huarichaca.

Foto 5.3 Vista panorámica de Cerro Yunque.

Foto 5.4 Detalle del lithocap síliceo con textura bandeada con venillas y tinciones de óxidos.

Foto 5.5 Vista panorámica del lithocap síliceo Ullapcham.

Foto 5.6 Detalle del Lithocap síliceo en Ullapchan.

Foto 5.7 Vista de oquedades rellenas con óxidos y arcillas en la anomalía Ullapcham.

Foto 5.8 Muestras PG14-112 roca volcánica fuertemente alterada a arcillas y cuarzo con impregnaciones de óxidos. Presenta oquedades rellenas por calcedonia con trazas de calcopirita (0.06 mm), cuarzo secundario.

Foto 5.9 Muestra PG14-203, Detalle de la andesita porfídica de color gris verdoso con textura porfirítica, con cristales de plagioclasas subhedrales 25% (1mm-3mm) y fenocristales de Hornblenda hipidiomórfica 10% (2mm-5mm) y cristales de cuarzo anhedral 5% (cantidad insipiente), plagioclasas parcialmente alteradas y máficos parcialmente oxidados, micro venillas rellenas de arcillas y óxidos.

Foto 5.10 Vista panorámica del domo andesítico San Apolonio cortando a las lavas del Payhual.

Foto 5.11 Microfotografía de la muestra PG14\_195; se observa los moldes de cristales reemplazados por arcillas e impregnadas por goethita, están inmersos en una matriz alterada por cuarzo y arcillas.

Foto 5.12 Detalle del cuerpo de brecha freática con matriz soportada tipo polvo de roca cuyo cemento es sílice arcillas también se registra presencia de carbonatos siderita y smithsonita.

Foto 5.13 Detalle de la venillas irregulares de sílice con óxidos y fotomicrografía (derecha) de la muestra PG14\_207 en donde se observa las venillas rellenas por limonitas y goethita que en el campo registra direcciones de N320°/70°NE, N45°/70°NW, N290°/65°SW N350°/70°NW.

Foto 5.14 Vista Panorámica y detalle de la Brecha Rosita Norte.

Foto 5.15 Vista Panorámica de la Brecha Rosita Sur.

Foto 5.16 Detalle de la Brecha Rosita Sur.

Foto 5.17 Detalles de las venillas de sílice con óxidos en san Apolonio.

Foto 5.18 Network anomalía barro negro.

Foto 5.19 Anomalía Pueblo Libre venillas de sílice gris con óxidos.

Foto 5.20 Anomalía Paraíso compuesta de venillas de sílice y óxidos en las tobas líticas.

Foto 5.21 Network Anomalía San Agustín venillas de sílice gris con óxidos.

## **ANEXOS:**

### ANEXO I

#### 1. MAPAS ANAP PAMPA GRANDE:

MAF-PG-14-01 Mapa Geológico Anap Pampa Grande.

MAF-PG-14-02 Mapa Alteración Y Mineralización Anap Pampa Grande.

MAF-PG-14-03 Mapa Ubicación De Muestras Anap Pampa Grande.

#### 2. MAPAS TARGET Ullapcham

FIG.5.1 Mapa Ubicación.

FIG.5.A Mapa Geológico.

FIG.5.6 Mapa Alteración Y Mineralización.

FIG.5.7 Mapa Geoquímico Mo/As.

FIG.5.B Ubicación De Muestras.

#### 3. MAPAS TARGET SAN APOLONIO:

FIG.5.11 Mapa De Ubicación Target San Apolonio.

FIG.5.12 Mapa De Alteración Target San Apolonio.

FIG.5.C Mapa Geológico Target San Apolonio.

FIG.5.D Mapa Ubicación De Muestras Target San Apolonio.

### ANEXO II

CERTIFICADO DE ESTANDARES.

TABLA T2.- DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS.

TABLA T3.- RESULTADOS DE LABORATORIO.

### ANEXO III

INFORME DE PETROGRAFÍA.

### ANEXO IV

FIGURAS GEOFISICA.