INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

PROGRAMA DE METALOGENIA

PROYECTO GE 27

"POTENCIAL Y TIPOS DE YACIMIENTOS POR METALES EN EL PERÚ"

Mina Cercapuquio en la Región Pasco

INFORME SOBRE LA METALOGENIA DEL CENTRO DEL PERU

Preparado por:

Michael VALENCIA MUÑOZ
Alexander SANTISTEBAN ANGELDONIS
Italo RODRÍGUEZ MORANTE
Mary MANRIQUE GÄLVEZ

Lima – Perú

Diciembre, 2012

RESUMEN

En el 2012 se continuó con el desarrolló el proyecto “Potencial y tipos de yacimientos por metales en el Perú” en la sector central del territorio peruano, un área geológicamente importante, con unidades geológicas sedimentarias emplazadas en franjas de dirección NO-SE y que de NE al SO se distribuyen en este orden: Precámbrico, Paleozoico inferior y Paleozoico superior, recubierto por unidades cretáceo-paleógenas de la Faja Subandina al extremo NE; seguidamente con las misma tendencia y orientación, tenemos al Cretáceo marino continental de la Cuenca Occidental y, al Cenozoico volcánico de arcos magmáticos que cubren el eje de la Cordillera Occidental, junta a las capas rojas paleógenas. Además, tenemos la presencia de un sinnúmero de unidades intrusivas que abarcan edades desde el Proterozoico hasta el Cenozoico, destacando en volumen e importancia los del permotriásico. Todo estas unidades geológicas han sido afectadas por la tectónica Andina.

Los depósitos estudiados en el área de estudio se distribuyen en: Depósitos Au en intrusivos paleozoicos como Huachón; Depósitos alojados en rocas sedimentarias paleozoicas, como las de Tunsho, Chuco II y el Proyecto Dorita; Depósitos alojados en rocas volcánicas Permotriásicas, como los depósitos de Negra Huanusha, Estrella y Yanahuilca; Depósitos alojados en rocas sedimentarias Mesozoicas como Pucajaja, Azulcocha, Tucumachay y Mario; Depósitos alojados en rocas volcánicas Mesozoicas, como Palma; Depósitos alojados en rocas volcánicas Cenozoicas como Picomachay, Yanamina, Aparicio, Huajoto y Chanca; y Ocurrencias de Uranio en rocas Magmáticas como Fundo Carhuaz.

Estos depósitos se emplazan en un área en donde se han reconocido once franjas metalogénicas: Franja I de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico; Franja III de pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn y depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Pérmico; Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos de Cretácico superior; Franja X de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior; Franja XI de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno; Franja XVI de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno; Franja XVII de epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno; Franja XVIII de epitermales de Au-Ag del Oligoceno; Franja XX de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno; Franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas; y Franja XXIII de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. Estas franjas están controladas por el emplazamiento de las diversas unidades geológicas, con una tendencia marcada por la tectónica andina, que ha condicionado la distribución de los depósitos minerales. Así podemos definir tres dominios 1) Dominio Magmatismo y Metamorfismo en rocas Paleozoicas, 2) Dominio Vulcanismo del Arco Volcánico de la Costa central del Cretáceo Inferior y 3) Dominio Magmatismo Andino del Cretáceo-Cenozoico.

Estas franjas representan las posibles áreas de búsqueda y prospección de yacimientos minerales con valor económico significativo.

Los depósitos de Uranio y tierras raras, se han estudiado sobre la base de extrapolar anomalías en elementos traza: La, Be, P e Y, asociados a los depósitos de uranio del sur del Perú en Macusani. Así, en el área de estudio destacan las correlaciones positivas de (1) La-P-Y, (2) Cu-Pb-Zn, (3) As-Hg, (4) Al-Co, (5) Mg-Mn-Co, (6) Al-K. En base a la intensidad de anomalías, entorno estructural, entorno geológico y ocurrencias de uranio conocidas, las áreas prospectivas por uranio se han agrupado en tres prioridades, destacando las de prioridad 1 en Janchiscocha-San Vicente, Huarón-Alejandria-Morococha, Santa Rosa.

ÍNDICE

RESUMEN 3

CAPITULO I: GENERALIDADES 9

1.1.- Introducción 9

1.2.- Ubicación y acceso 9

1.3.- Geomorfología 10

1.4.- Estudios previos 11

1.5.- Agradecimientos 11

CAPITULO II: MARCO GEOLÓGICO REGIONAL 13

2.1.- Estratigrafía 13

2.2.- Rocas Intrusivas 18

2.3.- Evolución Tectónica y Geológica 23

CAPITULO III: GEOLOGÍA ECONÓMICA 27

3.1.- Depósitos Au en intrusivos paleozoicos 27

3.2.- Depósitos alojados en rocas sedimentarias paleozoicas 32

3.3.- Depósitos alojados en rocas volcánicas Permotriásicas 38

3.4.- Depósitos alojados en rocas sedimentarias Mesozoicas 44

3.5.- Depósitos alojados en rocas volcánicas Mesozoicas 58

3.6.- Depósitos alojados en rocas volcánicas Cenozoicas 59

3.7.- Ocurrencias de U en rocas Magmáticas 71

CAPITULO IV: PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA 75

4.1.- Antecedentes. 75

4.2.- Prospección por Uranio y REE. 75

4.2.1.- Áreas Prospectivas. 76

4.2.1.1.- Caracterización Geoquímica de Sedimentos. 76

4.2.2.- Áreas Prospectivas por Uranio y REE. 80

4.3.- Prospección para Depósitos Polimetálicos. 89

4.3.1.- Áreas Prospectivas para Depósitos Polimetálicos. 89

4.3.1.2.-Caracterización Geoquímica de Sedimentos por Depósitos Polimetálicos. 89

CAPITULO V: ANOMALÍAS ESPECTRALES 98

5.1.- Introducción 98

5.2.- Análisis de alteraciones 103

5.2.1.- Alteración fílica 103

5.2.2.- Alteración Propilítica 104

5.2.3.- Alteración Argílica 104

CAPITULO VI: FRANJAS METALOGENÉTICAS 107

Franja I de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico 107

Franja III de pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn y depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Pérmico 107

Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos de Cretácico superior 108

Franja X de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior 108
Franja XI de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno 108
Franja XVI de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno 109
Franja XVII de epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno 109
Franja XVIII de epitermales de Au-Ag del Oligoceno 110
Franja XX de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno 110
Franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas. 111
Franja XXIII de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno 112

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 115

BIBLIOGRAFÍA 119

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1.- Introducción

En los años 2011 y 2012 se desarrolló el proyecto "Potencial y tipos de yacimientos por metales en el Perú". Comprendió recolección de muestras, datos de campos, envío de muestras para análisis geoquímico y finalmente interpretación de resultados con preparación de Informe y Mapa Metalogenético del área de estudio.

Como parte del proyecto se realizó la salida de campo entre los meses de julio y agosto de 2011, y en los meses de mayo, julio y agosto del 2012, cuyos resultados se muestran en el presente informe.

1.2.- Ubicación y Acceso

La zona de estudio se encuentra localizada en el centro del Perú, específicamente entre las regiones de Pasco, Junín y Huancavelica.

La Región de Pasco limita por el norte con el departamento de Huánuco; por el este con el departamento de Ucayali; por el sur con Junín; y por el oeste con Lima. La Región Junín se ubica entre los departamentos de Pasco por el norte; Huancavelica y Ayacucho por el sur; al este limita con las regiones de Ucayali y Cusco; y por el oeste con Lima. Finalmente la Región de Huancavelica limita por el norte con el departamento de Junín; por el ese y sureste con el departamento de Ayacucho; por el noroeste con el departamento de Lima; y por suroeste con el departamento de Ica.

Entre ambas regiones se ubica nuestra zona de estudio (Figura 1.1) que comprende un área de 91112.25 km^2.

Cerro de Pasco, la ciudad capital del Departamento de Pasco está a 4338 msnm; Huancayo es la capital de Junín, se ubica sobre los 3271 msnm; y Huancavelica, capital del departamento homónimo está a una altura de 3660 msnm.

La zona se ubica en las Cordilleras Occidental y Oriental de los Andes del centro del Perú. Comprende zonas andinas y de selva alta, con altitudes que sobrepasan los 5000 msnm.

La ciudad de Cerro de Pasco accesible por:

- Carretera asfaltada Lima-La Oroya-Cerro de Pasco-Ambo
- Carretera asfaltada y afirmada Lima-Canta-Huayllay-Cerro de Pasco-Ambo
- Carretera asfaltada y afirmada Lima-Huaral-Oyon-Yanahuanca-Ambo

La ciudad de Huancayo es accesible por:

- Carretera asfaltada Lima-Huancayo-Ayacucho-Abancay-Cusco

- Vías férreas Lima-Jauja-Huancayo y Huancayo-Huancavelica.

La ciudad de Huancavelica es accesible por:

- Carretera asfaltada Lima-Huancayo-Huancavelica
- Vías férreas Lima-Jauja-Huancayo y Huancayo-Huancavelica.

1.3.- Geomorfología

Existen tres unidades fundamentales:

1.3.1.-Cordillera Occidental

Son los relieves de altitudes comprendidas entre 2300 y 4000 msnm, que presentan pendientes moderadas y pronunciadas que ascienden gradualmente hacia las superficies altas.

1.3.2.-Cordillera Oriental

La Cordillera Oriental es una zona morfo-estructural fuertemente individualizada de una cadena montañosa de dirección NO-SE.

1.3.3.- Zona de Depresión Interandina

Esta unidad se ubica entre la Cordillera Oriental y Occidental. Se halla por encima de los 4,000 msnm, está constituido por zonas de topografía suave de colinas, pampas y cimas truncadas. Las superficies de morfología suave y ondulada tienen apariencias redondeadas y alargadas y han sido modeladas generalmente sobre las secuencias sedimentarias, estando en algunas partes atravesadas por los ríos. Algunas de estas pampas albergan grandes lagunas y son localmente denominadas como Puna. Los procesos de formación de estos relieves fueron afectados por los eventos tectónicos ocurridos en los Andes, inmediatamente en el cuaternario reciente se evidencia una intensa erosión glaciar y fluvial, que ha disectado esta superficie excavando las rocas más blandas y dejando en relieve afloramientos más resistentes, como las formas cársticas que se observan en las secuencias calcáreas, dando origen a las formas menores de relieve.

1.3.4.- Valles

Corresponde a los valles interandinos constituidos por el río Mantaro, Ichu y Lircay y sus tributarios que se encuentran distribuidos entre la faja de las estribaciones de la Cordillera Occidental. Así mismo se tiene valles en las nacientes de los numerosos ríos de la Cordillera Occidental y que tributan al Océano Pacífico.

Los valles y quebradas se formaron como consecuencia de la acción erosiva de los cursos de agua. Se observan fondos de valle con desniveles de hasta 1000 m aproximadamente, en ciertas partes del recorrido, mostrando flancos con pendientes fuertes que están cubiertos por material coluvial de poco transporte y otros como productos de deslizamientos.

1.3.5.- Faja Subandina

Al extremo NE de la zona de estudio tenemos una zona accidentada de mediana altitud, recubierto de bosques selváticos, formando el flanco oriental de la Cordillera de los Andes, formado geológicamente de numerosas fallas inversas, sobreescurrimientos y plegamientos de estratos que forma una unidad morfológica independiente del resto del área de estudio.

1.4.- Estudios Previos

Existen numerosos trabajos y estudios realizados en esta zona, destacando como base geológico los realizados por la Carta Geológica Nacional, indicadas en la bibliografía. En cuanto a estudios metalogenéticos y de yacimientos, tenemos a Haeberlin (2002), Baumgartner et al (2008), Muñoz & Fonboté (1995) y muchos más, destacando el resumen metalogenético de QUISPE et al (2007) sobre la génesis de yacimientos del Perú central.

1.5.- Agradecimientos.

Agradecemos el apoyo María del Carmen Manrique en el análisis de anomalías geoquímicas en sedimentos de quebrada realizada para los diferentes elementos mayores, menores y de Tierras Raras.

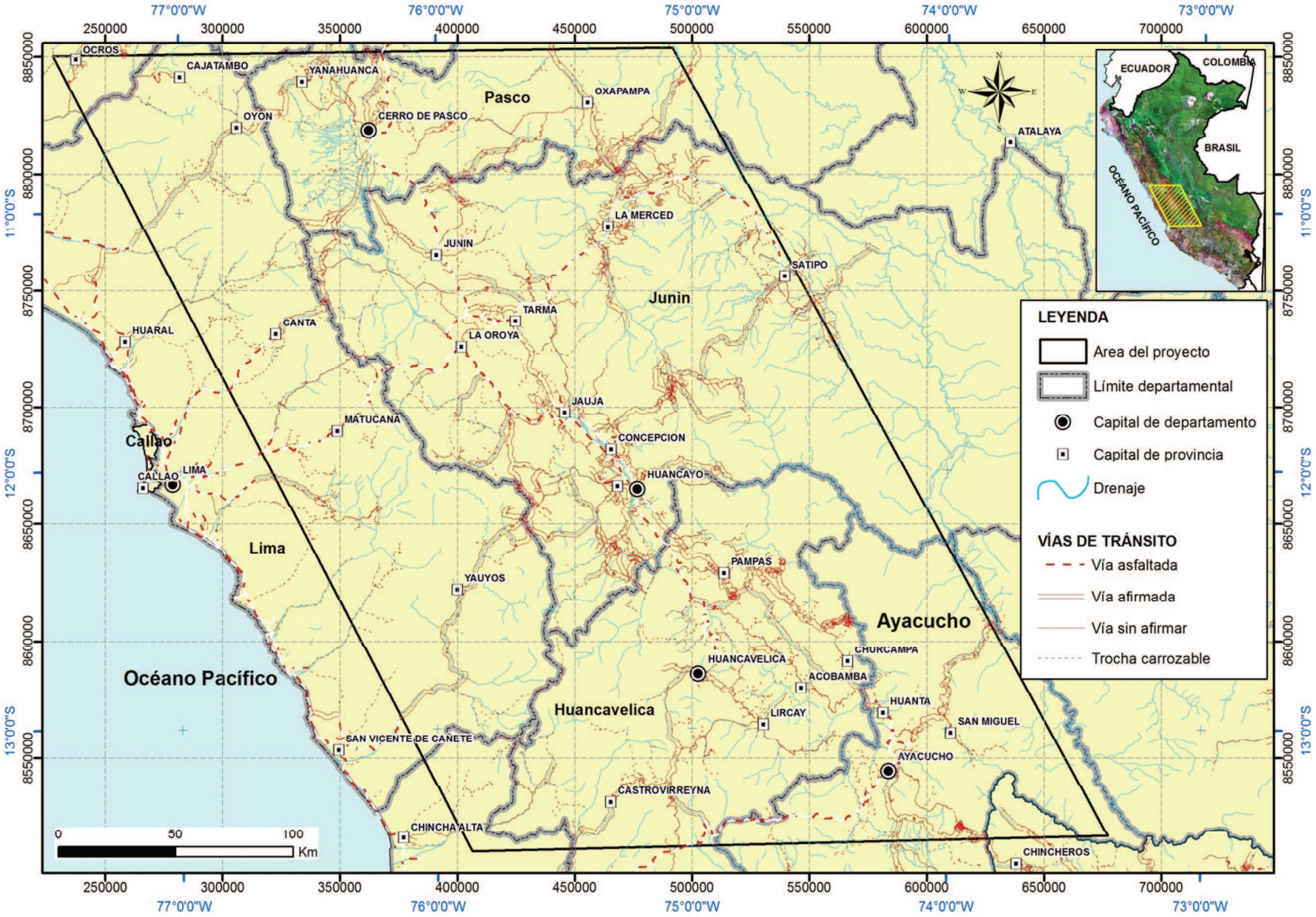


Figura 1.1.- Ubicación de la zona de estudio.

CAPITULO II

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Comprende los siguientes aspectos: estratigrafía, magmatismo y tectónica. Ubicada entre la Cordillera Oriental y Occidental, la zona de estudio abarca unidades geológicas desde el paleozoico inferior hasta el cenozoico.

2.1.- Estratigrafía.

Las unidades geológicas sedimentarias forman franjas de dirección NO-SE y que de NE al SO se distribuyen en este orden (Figura 2.1): Precambrico, Paleozoico inferior y Paleozoico superior, recubierto por unidades cretáceo-paleógenas de la Faja Subandina al extremo NE; seguidamente con las misma tendencia y orientación tenemos al Cretáceo marino continental de la Cuenca Occidental y Cenozoico volcánico de arcos magmáticos que cubren el eje de la Cordillera Occidental junta a las capas rojas paleógenas.

2.1.1.- Precámbrico-Paleozoico Inferior

• Complejo Marañón

Sus afloramientos forman grandes bloques controlados por fallas regionales de dirección NO-SE denominas como Macizos de Huaytapallana,Marayrazo y Maraynioc. Está constituido por gneis y esquistos, estos últimos se desarrollaron en ambos flancos de la Cordillera Oriental, y consisten en una serie de esquistos que contienen cuarzo-muscovita, de textura granoblástica, con presencia de clorita, feldespatos y anfíboles (Paredes,1994).

2.1.2.- Paleozoico Superior

• Grupo Excélsior

El Grupo Excélsior corresponde a series gruesas de sedimentos marinos tipo flysch o turbiditas del Devoniano y constituye la base de la secuencia estratigráfica. La litología está constituida por una centena de alternancias rítmicas de lutitas pizarrosas con areniscas y limolitas cuarcíferas característicamente monótonas de coloración gris oscuro verdosa a beige. Por alteración y meteorización de las lutitas esquistosas adquieren un color blanquecino brillante algo plateado, generalmente en bancos medianos a delgados. (Guizado & Landa, 1966). Han sido correlacionadas con las limoarcillitas y areniscas negras del Grupo Cabanillas (Cerrón & Ticona, 2002).

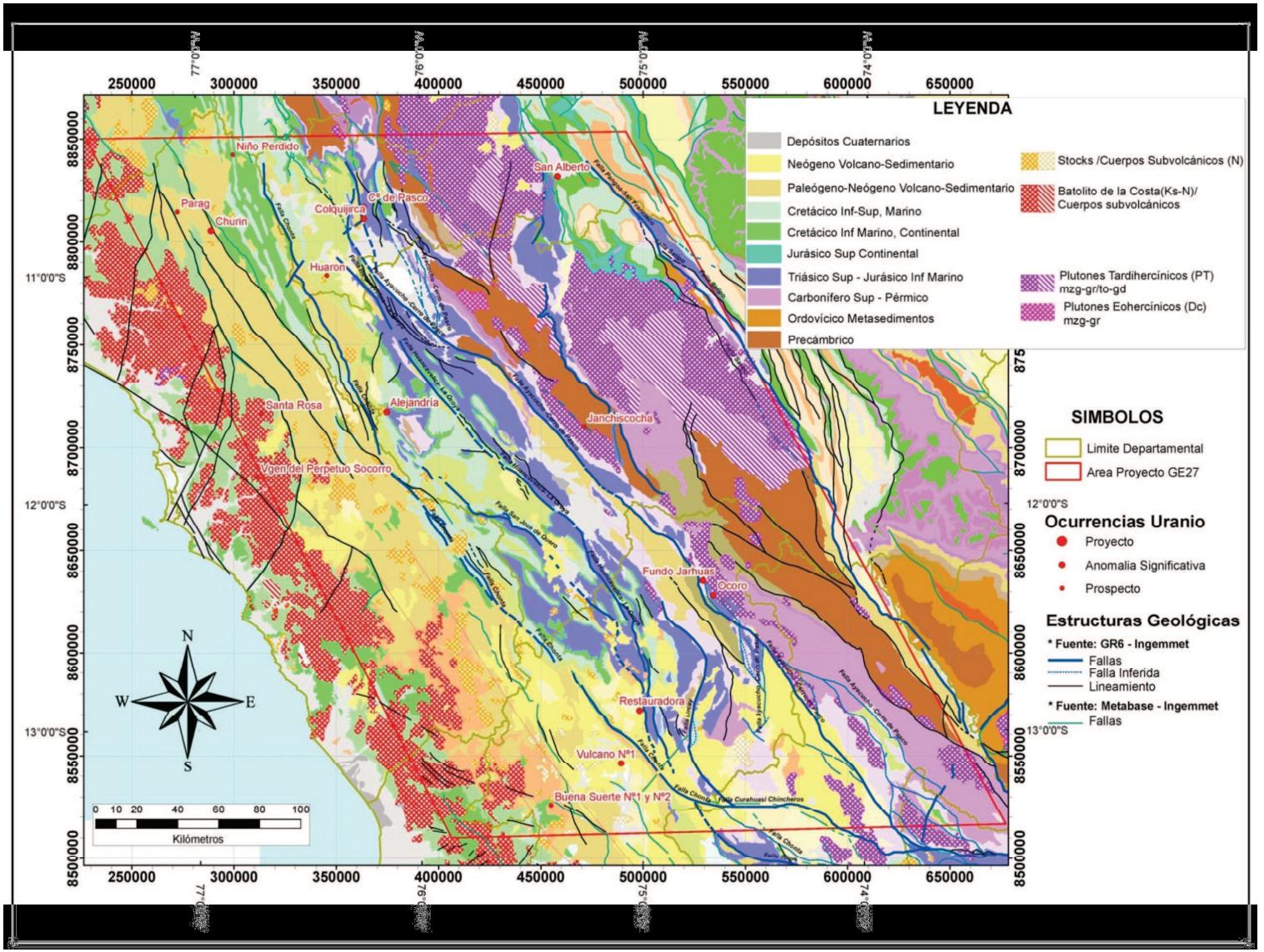


Figura 2.1.- Mapa Geológico del Área de estudio

• **Grupo Ambo**

Litológicamente, este grupo está conformado por conglomerados, areniscas y lutitas negras, siendo el grosor promedio de los afloramientos es de 1000 m. En base a restos de plantas encontrados en afloramientos equivalentes en el centro y sur del Perú se le asigna edad Mississipiense (Carbonífera inferior) (Monge et al, 1996).

• **Grupos Tarma-Copacabana**

Esta unidad puede ser dividida en dos secuencias, una detrítica y otra calcárea. La base detrítica (10-30 m) está constituida por areniscas y la secuencia calcárea (50-100 m) presenta calizas. El grosor de este grupo varía entre 500 y 1,000 m. Newell et al. (1949) describen en el Grupo Tarma de edad Pennsylvaniense medio-superior (Carbonífera Superior. Mientras estos mismos autores definieron como grupo Copacabana a una secuencia de calizas y lutitas marinas con fósiles del Permiano inferior, rocas que tienen amplia distribución a lo largo de los Andes. Las calizas afloran como techos colgantes encima de rocas graníticas del intrusivo de Villa Azul; en los contactos con el intrusivo las calizas muestran recristalizadas y la disposición de los estratos es completamente caótica (Monge et al, 1996).

• **Grupo Mitu**

La litología es principalmente volcánica, con basaltos, riolitas, gabrodioritas y brechas volcánicas, con secuencias de conglomerados, areniscas. El grosor de estos niveles varía entre 1000 m y 1200 m. Dataciones radiométricas Rb/Sr en rocas volcánicas del Grupo Mitu, dan edades entre 270 y 210 Ma (Kontak et al., 1984; Kontak et al., 1985). Una datación K/Ar obtenida sobre una colada en Juliaca (Puno) dieron una edad K/Ar sobre roca total de 272 ± 10 Ma, y por Rb/Sr de 245 ± 42 Ma (Klinck et al., 1993).

2.1.3.- Mesozoico

Conformado mayormente por formaciones cretácicas que forman una gran faja NO-SE.

• **Grupo Pucará**

Mc Laughlin (1925) próximo al túnel de Pucará en Goyllarisquizga dio el término de Pucará a una caliza gris claro, brumácea y arenosa. En la sierra central Megard, F. (1968) lo divide en tres formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga.

• **Formación Chambará**

Está compuesta por calizas y areniscas en parte bituminosas, que muchas veces contiene bastante chert. La litología consiste en calizas dolomíticas y areniscas en estratos; que varían de espesor delgados a gruesos con una coloración que varía de gris claro a oscuro, y areniscas lutáceas que débilmente se hacen calcáreas, se intercalan con calizas grisáceas de espesor moderado. La Formación Chambara presenta un espesor de 125 m aproximadamente.

• **Formación Aramachay**

Esta formación perteneciente al Jurásico inferior (Sinemuriano - Hettangiano) está constituida por lutitas, margas, areniscas calcáreas y calizas bituminosas de coloración gris oscura. El

espesor máximo es de 150 m aproximadamente. Característicamente se encuentra también intercalaciones de lutitas verduzcas interpretadas como depósitos diagenetizados de cenizas volcánicas, indicando actividad volcánica posterior a los derrames basálticos de la Formación Chambará.

• **Formación Condorsinga**

La Formación Condorsinga está constituida de calizas grises oscuras en bancos medianos y calizas claras con nódulos de chert, alcanzando un espesor de aproximado de 400 m. Los fósiles permiten darle una edad para esta formación de Pliensbachiano-Toarciano. Se caracteriza por presentar bolsonadas cársticas y por la presencia de fósiles de ambientes de plataforma.

• **Grupo Oriente**

Consiste en un conjunto de areniscas cuarzosas que afloran ampliamente en el Oriente Peruano. Son rocas siliceo-clásticas, arcósicas y niveles pelíticos (Monge et al, 1996). Es el equivalente estratigráfico del Grupo Gollarisquizga en la faja Subandina.

• **Formación Chunumayo**

Está constituida por la intercalación de calizas micríticas con calizas de grano medio a fino, ambas de coloración grisáceo y con un espesor de más o menos 150, continuando la secuencia calcárea con una coloración gris a marrón claro, intercalándose algunos delgados horizontes arcillosos (Megard et al., 1996). En la parte media presenta nódulos de chert y bancos medianos de calizas areniscosas y un mayor contenido arcilloso, tiene un grosor aproximado de 80 m. Hacia el tope predominan areniscas intercaladas con horizontes delgados de limoarcillitas y calizas espáticas.

• **Grupo Goyllarisquizga**

Se describe como una secuencia eminentemente continental constituida por detritos cuarzosos, lutitas arcillosas, volcánicos lávicos, piroclásticos y calizas (Megard et al., 1996). Se le ha subdividido en cuatro formaciones: Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat.

• **Formación Chayllacatana**

Secuencia de derrames de lavas porfiríticas con estructuras vesiculares de color violáceo, Se les encuentra ampliamente distribuidos y plegados en el lado occidental del departamento con su mejor desarrollo en la zona minera de Santa Bárbara y en la hacienda Acobambilla (Morche & Larico, 1996). Se estima un espesor máximo superior de 200 m.

• **Formación Chúlec**

Litológicamente está constituida por lutitas calcáreas en la base, pasando arriba a margas interestratificadas con horizontes de calizas delgadas con una coloración amarillenta y con espesores inferiores a 50 cm. En la parte media se encuentra calizas de color gris claro con alto contenido de nódulos de chert las que continúan hacia el techo en bancos gruesos de color

gris azulado con algunos horizontes de margas calcáreas, conteniendo fragmentos de conchillas en posición caótica (Moulin,1989).

• **Formación Pariatambo**

Está conformada por calizas y margas bituminosas de color negro con intercalaciones de calizas oscuras tabulares que se rompen a manera de lajas. Wilson, J. (1963) indica que en la facies oriental los horizontes de caliza son más continuos y están mejor estratificados que en la facies occidental. La potencia se estima en 80 m.

• **Formación Chonta**

Es una secuencia litológica conformada por lodolitas intercaladas con limolitas y calizas. Se pueden distinguir tres miembros, el miembro inferior: Consiste principalmente de limoarcillitas y areniscas rojas intercaladas esporádicamente con areniscas cuarzosas. El grosor de este miembro comprende entre 20-50 m. El miembro medio: Constituida esencialmente por calizas micríticas, encontrándose en estratos tabulares y con grosores que superan los 0.5 m. El miembro superior: Constituido de calizas silicificadas de color gris con abundancia de fragmentos fósiles. El grosor de este miembro es de 100 m. aproximadamente (Monge et al, 1996). Se emplaza exclusivamente en la faja subandina al NE de la zona de estudio.

• **Formación Jumasha**

Los sedimentos inferiores están conformados por calizas fosilíferas, de color amarillento en fractura fresca y gris claro cuando están alteradas, y la parte superior consta de calizas algo dolomíticas de color gris, beige o pardusco, con escasas intercalaciones de margas y a veces con algunas concreciones de chert. Sobreyace concordantemente a las calizas Pariatambo (Mc Laughlin, 1924).

• **Formación Celendín**

Constituido por margas grises a pardo amarillentas con delgadas intercalaciones de caliza gris en capas delgadas. Presenta morfología suave, ondulada y tiende a erosionarse rápidamente. Esta unidad marca en fin de la sedimentación marina del mesozoico (Megard et al., 1996).

• **Formación Casapalca**

Se trata de molasas continentales conformadas por una secuencia de lutitas rojas con intercalaciones de conglomerados y areniscas rocas y arcillas, yeso, carbonatos. Las observaciones en los diferentes afloramientos permiten sugerir para la Formación Casapalca un espesor de hasta 200 m aproximadamente (Megard et al., 1996).

2.1.4.- Cenozoico

• **Grupo Huayabamba**

Constituida por intercalaciones de limolitas, arcillitas rojas y areniscas blanquecinas de grano fino, en estratos de 10 a 20 cm., con algunos niveles de areniscas de grano medio a grueso. En corte vertical, los estratos presentan algunas ondulaciones que van desde formas lenticulares

hasta otras festoneadas e incluso anastomosadas (Monge et al, 1996). Aflora en la faja subadina.

• **Grupo Ipururo**

La secuencia se encuentra constituida por areniscas de grano medio a grueso y color gris verdoso, con presencia de bioturbación producida por anélidos en los niveles superiores. Presenta intercalaciones de limolitas y arcillitas abigarradas en bancos y estratos delgados a laminares, poco compactos (Kummel, 1946). Se emplaza exclusivamente en la faja subandina al NE de la zona de estudio.

• **Volcánico Calipuy**

Constituido por rocas piroclásticas gruesas, lavas ácidas e ignimbritas dacíticas, aunque se pueden encontrar lavas andesíticas púrpuras, piroclastos gruesos, tobas finamente estratificados, basaltos riolitas y dacitas, todos los cuales presentan variaciones laterales bastante rápidas. Hacia el sur en Huancavelica, esta unidad toma diversos nombres como formaciones Julcani, Santa Bárbara, Rumihuasi, Tantará entre otras (Morche & Larico, 1996).

• **Depósitos morrénicos y fluvioglaciales**

Son depósitos constituidos por materiales acarreados por los hielos en movimiento en parte fluviales, los que han sido acumulados como morrenas laterales o frontales. Se ubican en los fondos de las quebradas y flancos de los valles. Presentan una litología mal seleccionadas con clastos angulosos, subredondeados en una matriz arcillosa. Las morrenas en el fondo de las quebradas forman superficies planas y facilitan el desarrollo de los pastos naturales. Estos depósitos se encuentran entre 4 000 y 4 400 msnm.

• **Depósitos aluviales**

Constituidos por los materiales arrastrados por los ríos y depositados a lo largo de su trayecto, formando los lechos, terrazas y llanuras de inundación. Estas se encuentran cubriendo gran parte de los afloramientos rocosos, con espesores variables, concentrándose mayormente en los flancos y valles glaciares. Se caracteriza siendo en la mayoría de las veces limos y arcillas. Los depósitos aluviales recientes que se encuentran generalmente en los cauces de los ríos principales, están constituidos principalmente por conglomerados y arenas provenientes de las rocas aflorantes.

2.2.- Rocas Intrusivas

Tenemos la presencia de un sinnúmero de unidades intrusivas que abarcan edades desde el Proterozoico hasta el Cenozoico, destcando en volumen e importancia los del permotriásico.

2.2.1.- Proterozoico

• **Gneis Huacapistana**

Gneis biotítico en donde las plagioclasas se han alterado a sericita y clorita, y los escasos minerales máficos se alteran a cloritas y son parcialmente remplazados por los opacos. Se la considera de edad Proterozoico terminal (Monge et al, 1996).

• **Intrusivo de Huánuco**

Es un granito ubicado al extremo norte de la zona de estudio. Aunque asignado de edad paleozoica (Cobbing et al,1996), parece correlacionarse con los intrusivos permotriásicos,

• **Intrusivo de San Rafael**

Monzogranito gris claro, ubicado también al extremo norte de la zona de estudio. Muestra las mismas relaciones de campo (Cobbing et al,1996) que el intrusivo de Huánuco.

2.2.2.- Permo-Triásico

Emplazados en la Cordillera Oriental, tenemos un sinnúmero de cuerpos intrusivos:

• **Intrusivo San Ramón (Batolito de San Ramón)**

Son principalmente Monzogranito-Sienogranito. Tiene dos facies de Granito Rojo y Granito gris. Presenta deformación de componentes y corrosión de bordes. Afloran a lo largo de la margen derecha de los ríos Chanchamayo y Tulumayo con una longitud de casi 90 km y 45 km de ancho. Como mineral accesorio se tiene el zircón y apatito. Presenta pertitas con microclinización y albitización. Se le asigna edad Permotriásica (Monge et al, 1996).

• **Intrusivo Tarma**

Este intrusivo está conformado por granodioritas, color claro de grano grueso de cuarzo, plagioclasas y feldespatos en menor proporción, la biotita y hornblenda están distribuidas uniformemente. La edad de emplazamiento está de acuerdo con sus relaciones de campo y confrontada por una datación en K/Ar en 244 Ma. (Jica-Ingemmet, 1997, Monge et al 1996).

• **Intrusivo Pacococha (Adamelita Pacococha)**

Sienogranito con biotitas y pertitizado, con dataciones de edad permotriásica (Megard et al, 1996)

• **Intrusivo La Merced (Granito La Merced)**

Granito de grano grueso rosado permotriásico con biotita y horblenda. Presenta una gran extensión de afloramiento (Megard et al, 1996).

• **Intrusivo de Talguis**

Cuarzomonzonita con biotita, horblenda, zircón. Relacionada con el granito de San Ramón (Megard et al, 1996; Paredes, 1994).

• **Intrusivo de Esquicocha (Granito Esquicocha)**

Granito leucócrata con muscovita (Megard et al, 1996).

• **Intrusivo de Sacsacocha.**

Sienogranito leucócrata con biotita y horblenda (Megard et al, 1996).

• **Intrusivo de Carrizal**

Cuarzo Monzodioritas y granodioritas con biotita, sericita y anfíbol. Aparenta ser más Triásica (Monge et al, 1996). Todos estos intrusivos se emplazan principalmente en la zona central del área de estudio.

• **Intrusivo Runatullo.**

Tonalitas asociadas con las granodioritas Talhuis (Paredes, 1972). Corta al granito San Ramón.

• **Intrusivo de Sucllamachay**

Monzogranitos y granodioritas de Sucllamachay con numerosas otras facies. Dataciones de Soler et al (1990) les da edades Permo-Triásicas.

• **Intrusivo Marca**

Constituido por granitos, cuarzo monzodioritas y tonalitas claras de cuarzo-feldespato, con poca plagioclasa, poco feldespato potásico de textura holocristalina, inequigranular, presenta poca biotita; así mismo, los minerales opacos se encuentran incluidos dentro de los ferromagnesianos y en algunos casos remplazan a las biotitas. Muchas de sus plagioclasas se encuentran alteradas a sericitas, lo mismo que los piroxenos son remplazados por los anfíboles (Monge et al, 1996).

• **Intrusivo Villa Azul (Batolito de Villa Azul)**

Granito y granodiorita blanco rosácea. Se han descrito zircón y apatito (Guizado & Landa, 1966). Se le asume edad permotriásica. Al SE diversos unidades apófisis toman diferentes nombres: Granito de San Miguel, Granito de Cobriza, etc (López et al, 1996). Algunos autores le atribuyen al Granito de San Miguel una edad Paleógena (Marocco et al, 1996).

• **Intrusivo de Jabanillos**

Diorita gris clara con horblendas. Facies de diorita cuarcífera y presencia de biotita (Guizado & Landa, 1966). Se le asume edad permotriásica.

• **Intrusivo Suelloc**

Diorita de grano grueso mesócrata. Presenta las mismas relaciones geológicas que los intrusivos de Villa Azul y Jabanillos (Cerrón & Ticona. 2002)

• **Intrusivo de Querobamba (Granito de Querobamba)**

Granito de grano grueso color rosáceo. Por relaciones de campo le asignan edad Permiana (Marocco et al,1996).

2.2.3.- Triásico-Jurásico

Entre los intrusivos de esta edad podemos destacar (Monge et al, 1996):

• **Intrusivo Paucartambo (Batolito de Paucartambo)**

Son granodioritas-monzogranitos que presenta una coloración gris clara con tonalidades pardo claras, de grano medio, presenta pocos máficos prácticamente sin biotita, la textura es holocristalina, inequigranular y epidiomorfa, según su composición mineralógica se ubica entre las granodioritas y algunas facies de monzogranitos.

• **Intrusivo Cayash**

Son tonalitas-granodioritas de color gris con tonalidades verdosas presenta un grano grueso, holocristalino, inequigranular con un alto porcentaje de plagioclasas, biotitas y feldespato potásico

• **Intrusivo Manto**

Se tiene monzogranito-sienogranito de grano grueso, variando a facies de grano medio a fino. Este granito presenta un grado de metamorfismo con deformación de su textura. Megard, F. (1979) lo denominó Granito de Llaupi asignándolo al Permo-Triásico.

• **Intrusivo de Ranyac**

Monzogranito de grano grueso gris clara que intruye a la unidad Paucartambo.

• **Intrusivo San Antonio**

Comprende tonalitas-granodioritas de color claro, grano grueso, holocristalino, con plagioclasa abundante (más del 40%) y el cuarzo está entre el 30-35 %, el feldespato potásico es el que se encuentra en menor proporción por lo cual las facies varían de tonalitas a granodioritas.

2.2.4.- Cretáceo

Hacia la Cordillera Occidental se emplaza varias unidades intrusivas, correspondientes al Batolito de la Costa y de edad Cretáceo y Paleógena como (Megard, 1968; Cobbing et al, 1973; Salazar,1983; Salazar & Landa, 1993; Cobbing et al, 1996):

• **Superunidad Linga**

Está constituida por cuerpos dioríticos complejos monzogranitos, los mismos que intruyen a las rocas volcánicas y sedimentarias del Mesozoico; así tenemos:

Dioritas: Estos cuerpos que se emplazan marginalmente y en otros como cuerpos aislados se presentan casi todos con coloraciones oscuras que varían de gris negruzco a gris verdoso.

Granitos y Monzogranitos: Estos cuerpos presentan rocas de una coloración rojiza a rosada con ortosas de color carne a rosa parduzco en cristales a veces opacos, plagioclasas en cristales bien definidos con estrías y maclas polisintéticas y cuarzo hialino en proporciones variables.

Según Sánchez (1982), se han hecho determinaciones radiométricas en las que se han dado edades de 96 + 2.8 m.a. en roca total usando el método Rb/Sr; asimismo señala que Moore (1979) en el mismo valle de Ica obtiene 97.0 m.a. con el método K/Ar. Por lo que se acepta 97.0 + 4 m.a. para esta unidad.

• **Superunidad Incahuasi**

Estos cuerpos que varían entre granodioritas y monzonitas cuarcíferas exteriormente se presentan con un color oscuro, aflorando al este de los cuerpos tonalíticos de la Superunidad Tiabaya. Rocas pertenecientes a esta superunidad según Sánchez A. (1982), registran dataciones de 90.8 + 18 Ma y de 94.7 + 11.7 Ma (Moore, 1979).

Analizando estas edades vemos que el emplazamiento de esta superunidad traslapa en el tiempo a la superunidad Linga.

• **Superunidad Tiabaya**

Se trata de rocas tonalíticas que forman las intrusiones principales del batolito constituyendo el cuerpo central. Las tonalitas pasan gradacionalmente a diorita.

Granodioritas: Se trata de intrusiones potásicas de emplazamiento más tardío con relación a las tonalitas, pero que parecen tener una misma cámara magmática y que se habrían enriquecido en silicatos potásicos por diferenciación. De allí que en muchos casos los límites entre granodioritas y tonalitas sean gradacionales, variando por su mayor o menor contenido de ortosa. Las edades radiométricas registradas por Sánchez A. (1982), muestran que esta superunidad es la más joven que Linga e Incahuasi, reportándose en el valle del río Ica 71.2 4.9 m.a. por el método Rb/Sr en roca total, 77.6 + 1.0 a.m. y 81.1 + 1.7 m.a. por método K/Ar, Moore, N. (1979). Estas edades equivalen al Cretácico superior-Terciario inferior, mientras que Inga e Incahuasi serían netamente del Cretácico superior.

• **Superunidad Pativilca**

Intrusivo sienogranítico de 25 por 14 km de grano grueso con fenos de feldespato potásico de 2 cm con cristales pequeños de biotita. Presenta zonas con abundantes xenolitos. Es una de las unidades intrusivas del batolito más jóvenes.

2.2.5.- Cenozoico

Intrusiones de la Cordillera Occidental

• Stock Pórfido

Entre los cuadrángulos de Cerro de Pasco y Ondores, tenemos una serie de stock pórfido granulares que abarcan diversas composiciones de granitos hasta dioritas, y riolitas cuarzosas. Muchos de estos cuerpos están asociados a depósitos minerales (Cobbing et al, 1996; Salazar, 1983; Morche et al, 1996, Morche & Larico, 1996)

Intrusiones de la Cordillera Oriental

• **Intrusivo de Lechuguillas**

Son unas microtonalitas en el caserío de Lechuguillas afloran varios cuerpos intrusivos que se encuentran emplazados en el Grupo Mitú; el cuerpo se ubica más al Sur e intruyen también las calizas del Grupo Pucará en cuyo contacto se observa una aureola de metamorfismo. De acuerdo a su poca alteración, se han emplazado probablemente en el inicio del Cenozoico (Morche & Larico, 1996).

• **Intrusivos de Sachamarca y Mejorada**

Sachamarca es una Tonalita y Mejorada una Cuarzodiorita, que afloran en el Cerro Sachamarca y en los alrededores de la Hacienda Mejorada, donde la tonalita de Sachamarca de composición algo más básica. Se presentan intruyendo a las calizas de la Formación Chúlec y otras formaciones más antiguas y está cubierto en parte por los volcánicos, las lavas y

secuencias piroclásticas de las formaciones Tantara y Huando. Por su posición estratigráfica se les asigna una edad de Cretáceo – Paleógeno (Morche & Larico, 1996).

• Intrusivo de Huaripampa

En el paraje de Huaripampa se encuentran varios cuerpos monzoniticos leucocratos emplazando dentro de las volcánicas del Grupo Mitú. Cada uno tiene aproximadamente 2 km^2 de tamaño, su afloramiento presenta zonas de relieve fuerte y presenta poca alteración. Presentan textura holocristalina de grano grueso, y son de composición intermedia y rica en potasio; siendo sus componentes mineralógicos: plagioclasas, hornblenda, biotita y esfena. Se asigna a estos intrusivos una edad Cenozoico por las relaciones con el Grupo Mitú y Casapalca, el débil grado de alteración supérgena, rico en potasio (característico por las rocas magmáticas relativamente jóvenes) (Morche & Larico, 1996).

• Intrusiones Pórfido Graníticos

Al SE del área de estudio tenemos una serie de intrusiones de Pórfido graníticas emplazadas entre las secuencias volcánicas intracordilleranas y relacionadas a depósitos minerales (Morche & Larico, 1996; López et al, 1996).

2.3.- Evolución Tectónica-Geológica

Entre el Albiano y Cenomaniano se emplaza una secuencia volcano-sedimentaria (Gpo. Casma) cuyas secuencias orientales actualmente están definidas como la Secuencia Volcano-Sedimentaria del Cretácico superior-Paleoceno (Romero, 2007) y se las relaciona con los depósitos de Sulfuro masivos Volcanogénicos de Pb-Zn-Cu (Injoque, 2002) como Maria Teresa (datado en 68 ± 6 Ma), Aurora Augusta (datado en 62.8 ± 1.8 - 68 Ma), Leonila Graciela (datado en 68.92 ± 0.16 Ma), Palma (datado en 69.71-67.67 ± 0.14 Ma), con dataciones tomadas por Injoque (2002), y Cerro Lindo (datado en 69.71-67.67 ± 0.14 Ma por Polliand et al 2005). Estos depósitos corresponden a la franja XI, limitada por la falla Cochao-Cocrachaca.

Al mismo tiempo entre al Albiano y Cretáceo superior, en el Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental, se emplazan las intrusiones del Batolito de la Costa, que proseguirán hasta el Paleógeno, denominadas como Segmento Lima, que estarían relacionadas con el volcanismo coetáneo Casma y la Secuencia Volcano-Sedimentaria del Cretácico superior-Paleoceno y a su vez relacionadas a los sulfuros masivos volcanogénicos. Estas intrusiones presentan una tendencia de migración hacia el este (Soler, et al 1990). Estas intrusiones presentan una afinidad calcoalcalina y una naturaleza que varía entre gabros y granitos, con predominancia de tonalitas y granodioritas (Pitchert, 1979). Sin embargo, también presentan una afinidad toleítica registrada en la unidad intrusiva Patap y en el Gpo. Casma (Regan, 1985; Atherton et al,1989). Se tienen cinco eventos intrusivos relacionados al Segmento Lima del Batolito de la Costa (Martínez, 2003): Paccho, Cochahuari, Santa Rosa, Humaya, La Mina, San Jerónimo-Puscao-Sayán, que abarca aproximadamente un periodo de 98-63 Ma y Pativilca-Pariacoto entre los 50 y 37 Ma.

Sobre el eje de la Cordillera Occidental, tendríamos dos eventos magmáticos mineralizantes: el Batolito de la Costa, en donde las intrusiones de la Superunidad Pativilca del Oligoceno-Eoceno, están asociadas a los skarn de Uchuchacua e Iscaycruz; y el volcanismo Cenozoico del Eoceno-Oligoceno-Mioceno relacionado a los epitermales y vetas de la misma edad, asociadas a intrusiones que ha originado pórfidos y skarn como Toromocho y Huarón. Más al oriente tenemos una serie de intrusiones relacionadas a vulcanismo que son los responsables de la generación del epitermal de Quicay y los skarn de Atacocha-Milpo. Finalmente, en el Mioceno-Plioceno tenemos una serie de cuerpos subvolcánicos y diatremas que han generado los epitermales de Julcani, Colquijirca, Cerro de Pasco y el depósito relacionado a intrusivos de San Genaro.

Estratigráficamente, sobre la misma Cordillera Occidental, tenemos a una cuenca, que durante el Jurásico inferior, depositó en una plataforma continental entre 500 y 2000 m de rocas carbonatadas (Gpo. Pucará), que en el Cretáceo Superior se pasan de secuencias marinas calcáreas a secuencias terrígenas continentales con varios episodios transgresivos y regresivos (Gpo. Goyllarisquizga, Fm. Pariahuanca, Fm. Chúlec, Fm. Pariatambo, Fm. Jumasha, Fm. Celendín).

Sobreyaciendo a esta unidades tenemos, durante el Paleógeno, el emplazamiento de una cadena volcánica de naturaleza calcoalcalina con estratovolcanes y calderas asociadas de derrames y piroclásticos andesíticos hasta riolíticos, con niveles intercalados de lutitas lagunares (Zappettini et al,2001). Está conformada de tobas del Paleoceno en aprox. 60 Ma (Noble et al,2005b), lavas eocenas (Fm. Tantará y Fm.Sacsaquero) en 45 y 37 Ma (Noble et al,1979), tobas, aglomerados y lavas (Fm. Castrovirreyna) del oligoceno-mioceno (Salazar et al, 1993) y tobas con lavas miocenas (Fm. Nazca y Fm. Caudalosa).

En el Eoceno-Oligoceno ocurre una deformación de tipo compresivo de gran envergadura, y denominada como Fase Inca, en donde el engrosamiento cortical habría estado acompañado, según algunos autores, por una disminución del ángulo de subducción (Zappettini et al, 2001). Posteriormente en el Mioceno se producen deformaciones a las que Steinman denominó “Fase Quechua” que generó pliegues más abiertos y fallamientos reactivados. Estas deformaciones habrían generado el denominado corredor estructural Huaytará-Tantará. Los volcánicos descritos se encuentran relacionados con los grandes depósitos epitermales miocénicos de Au y Ag de la Franja XXI, en donde destacan el skarn de Cu-Zn-Pb-Ag de Yauricocha (datado en 7.5 Ma por Guiletti et al., 1968; Noble et al.,1999); el epitermal de Zn-Mn de Azulcocha (de edad miocena según Muñoz, 1994) y el epitermal de Ag-Pb-Cu de Julcani (datado en 9.7 Ma. por Noble et al, 1984).

Para el Eoceno medio se tienen las últimas intrusiones del Batolito de la Costa del Perú (Pitcher, 1985; Soler, et al 1990), algunos de los cuales llegarían hasta el Mioceno y más recientes, y que estarían relacionados con los depósitos de skarn de Pb-Zn-Cu-Ag en las rocas

carbonatadas de Iscaycruz (datado en 13.49+/-0.30 Ma por Bissig et al, 2008), Uchuchacua (datado en 24.5 Ma por Kirkham, 2000), Huarón (datado en 7.4 Ma por Noble et al. 1999); el de epitermales de Zn-Pb-Ag en San Cristobal-Andaygua (datado en 5.4+/3-6.6 Ma por Beuchat, 2003; Bissig et al, 2008), el pórfido de Toromocho de Cu-Zn-Pb-Ag (datado en 7.4 Ma por Cooke et al 2005); y depósito polimetálico de Ag-Zn-Pb-Cu de Casapalca (del Neógeno por Rye et al, 1974), y Morococha (datado en 7.3 - 8.2 Ma por Eyzaguirre et al., 1975) todos estos depósitos corresponden a la Franja XX.

Hacia el sector sur de la Cordillera Occidental (entre Lima-Ica-Huancavelica), tenemos a los depósitos epitermales de Santa Beatriz y Pampa Andino (datados en 30-27 Ma por Noble et al., 2005a) relacionados a franja XVIII de epitermales de Au-Ag del oligoceno.

Entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental tenemos la continuación del Jurásico inferior que depositó secuencias carbonatadas (Gpo. Pucará), en donde Fontboté (1990) distingue dos facies: una occidental con carbonatos de plataforma y lutitas con algunos niveles volcánicos-volcaniclásticos provenientes de un volcanismo de tipo intraplaca (Rosas et al,1997) y una facie oriental constituyendo dolomías, sedimentos clásticos y evaporitas. Los movimientos epirogénicos del Jurásico medio, condicionan la deposición de facies en donde persisten las facies carbonatadas (Fm. Chunumayo y Fm Cercapuquio).

Estructuralmente, hacia el este de la zona intracordillerana, se emplazan grábenes y horst heredados de los rifts permotriásicos, y sobre los que se emplazan los sistema de fallas La Oroya-Huancavelica y Cerro de Pasco, que generaron altos como los de Yauli y Malpaso. El magmatismo eoceno probablemente del Batolito de la Costa (Pitcher, 1985; Soler, et al 1990) afectó esta zona mediante stocks y centro volcánicos generando la mineralización de alta sulfuración de Au-Ag-Cu de Quicay (datado en 37.5 Ma por Giletti,et al 1968), y que continuó en el Mioceno con la mineralización del skarn de Zn-Pb-Ag-Cu de Milpo-Atacocha (datado en 25.9 ± 1.5 y 29.8 ± 2.5 Ma por Soler et al, 1988) y los demás skarn de Machcan - Atacocha (de edad Oligoceno y Mioceno según Hirdes,1990) y Vinchos (datado en 23 Ma por Lavado et al, 2008). En Cerro de Pasco tenemos epitermales y polimetálicos relacionados con complejos y domos del mioceno medio que generaron los depósitos polimetálicos de Pb-Zn-Cu de Cerro Pasco (datado en aproximadamente 14.5-10.9 Ma por Baumgartner et al., 2006), Colquijirca (datado en 10.6–10.8 Ma por Bendezu et al., 2003) y el pórfido de Cu de Puy Puy (datado en 7 Ma por Singer et al,2005). Todos estos depósitos se relacionan con la Franja XVII. Más al sur de estos yacimientos tenemos al depósito relacionado con intrusivos de San Genaro (datado en 11.1 ± 0.3 Ma por Wise, 2005) relacionada con la franja XXIII de epitermales de Au-Ag en el Mio.plioceno.

Hacia la Cordillera Oriental, el magmatismo de este sector estaría representado por un plutonismo Carbonífero-permotriásico, que en el centro del Perú se manifiesta como leucogranitos y de granitos rojos de Tarma, San Ramón, Chaglla (Sánchez et al 1995), un

intrusivo asociado a este plutonismo habría generado el skarn de Cobriza. Otro evento de importancia estaría relacionado con la deformación tectonomagmática del Eoceno y Mioceno de la Orogenia Andina y que serían responsable, por los menos distalmente, de las mineralizaciones tipo MVT.

En las capas rojas Permo-Triásicas, tenemos al depósito de Red Bed de Negra Huanusha, en donde la mineralización de cobre está impregnada en las areniscas, y está conformada por una concentración de menas de cobre producido procesos continuos de acumulación y diagénesis de capas rojas, producto de la erosión post-Pérmica y actividad magmática contemporánea (Kobe, 1990).

Más al norte en la misma Cordillera Oriental, en las cuencas permotriásicas tenemos los depósitos de San Vicente (datado en aproximadamente 40 Ma por Moritz et al, 1996), Shalipayco y Pichita Caluga, que contiene varios cuerpos estratiformes de Zn-Pb hospedados en facies dolomíticas de la Formación Chambará, en donde los estudios de isótopos de plomo, indican una lixiviación de material volcánico infrayaciente y que precipitaron en horizontes dolomíticos sulfatados (Quispe et al, 2007), los cuales pueden estar relacionados, por lo menos distalmente, con las deformaciones tectonomagmáticas eocena y miocena (Megard, 1987) de la Orogenia Andina (Fases Inca y Quechua).

CAPITULO III

GEOLOGÍA ECONÓMICA

Entre los depósitos visitados de la zona de estudio podemos mencionar (Figura 3.1):

3.1.- Depósitos Au en intrusivos paleozoicos

3.1.1.- Huachón

Huachón es una mina abandonada ubicada en el distrito de Ninacaca, provincia y departamento de Pasco. Corresponde a la hoja de Ulcumayo 22-l de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 402590 E y 8819300 N en datum WGS 1984.

El distrito de Huachón se encuentra ubicado a una altitud de 3400 m.s.n.m., cuenta con una superficie de 471.68 Km2 de extensión. Está a 82 km. de Cerro de Pasco, ciudad desde la cual se parte por carretera asfaltada hasta el desvío de Ninacaca, desde donde se continua hasta el pueblo de Huachón, de donde se toma una trocha carrozable hasta la mina, en las inmediaciones de Ranyac.

Marco Geológico

La columna estratigráfica comprende una secuencia de rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas que se han formado desde el Neoproterozoico hasta el Cuaternario reciente. La unidad más antigua (Neoproterozoico) es el Complejo de Maraynioc conformado esencialmente por esquisto gris verdoso, que en las inmediaciones del pueblo de Huachón es descrito como milonitas. Las pizarras de la Formación Contaya y las pizarras, areniscas y cuarcitas del Grupo Excelsior, forman parte del sustrato metasedimentario del Paleozoico inferior. Sobreyaciendo se encuentra el Grupo Ambo, el que a su vez está cubierto por rocas clásticas y carbonatadas de los grupos Tarma y Copacabana. Las calizas micríticas y calizas dolomitizadas del Grupo Pucara emplazadas a la manera de franjas de dirección NO-SE representan la sedimentación marina Triásico superior-Jurásico inferior, las cuales infrayacen en relación no muy clara a la Formación Sarayaquillo. La cobertura cretácica está representada por el grupo Oriente en la parte inferior, pasando a las formaciones Chonta y Vivian. Finalmente se tienen niveles sedimentarios cuaternarios constituidos por depósitos fluviales y aluviales (Monge et al., 1996).

Complejo Maraynioc: Corresponde a las rocas más antiguas y están constituidas por filitas, micaesquistos y en menor proporción gneis, anfibolitas y migmatitas las cuales forman parte de un gran complejo (Monge et al., 1996). En el río Huachón, a 10 km al NO del pueblo del mismo nombre, afloran metamorfitas correspondientes a esquistos de color gris con tonalidad verdosa. Las relaciones estratigráficas se encuentran caracterizadas por encontrarse en contacto fallado con rocas paleozoicas y mesozoicas.

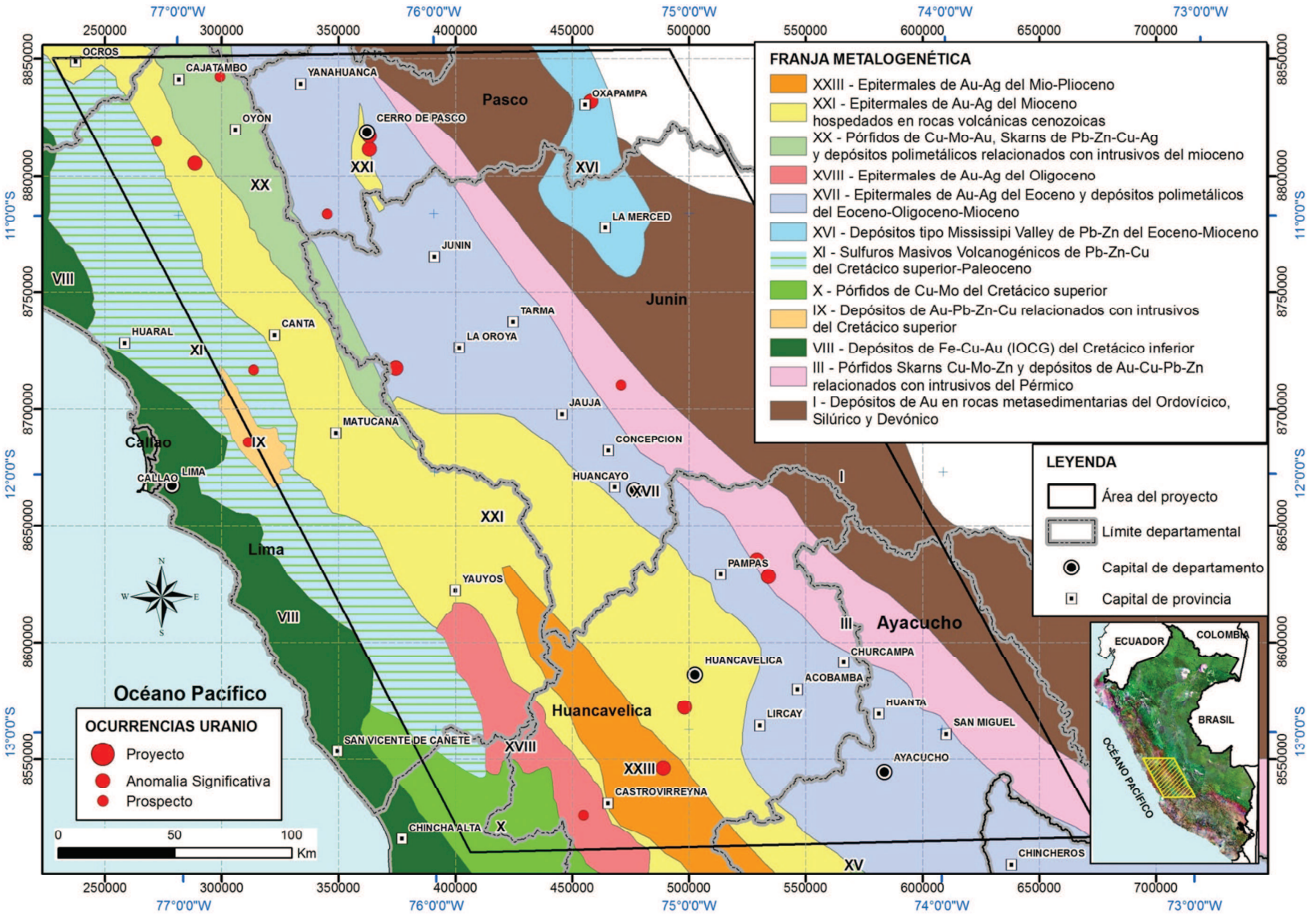


Figura 3.1.- Mapa Metalogenético de la región del Perú central

Grupo Pucara: Constituido por calizas que se extienden a manera de franjas plegadas con recorrido plurikilometrico. La morfología que se ha desarrollado en los terrenos que aflora el grupo Pucara; se encuentra representada por relieves cársticos, dolinas y escarpas pronunciadas que la caracterizan en su conjunto.

Según Monge et al. (1996), se tienen los siguientes intrusivos:

Intrusivo de San Ramón.- Monzogranito y sienogranito con sus facies de Granito Rojo y Granito gris. Presenta deformación de componentes y corrosión de bordes. Como mineral accesorio el zircón y apatito. Presenta pertitas con microclinización y albitización. Se le asigna edad Permotriásica.

Intrusivo de Paucartambo.- Granodioritas y monzogranitos con biotitas cloritizadas, anfíboles con inclusiones de zircón y minerales opacos, reemplazando relictos de piroxeno. Se le asigna edad Permotriásica.

Intrusivo de Cayash.- Tonalitas y granodioritas con abundantes plagioclasas y biotitas, así como cloritas y epidotas. Así también cristales de apatito. Se le asigna edad Permotriásica.

Monzogranito Ranyac.- Cuerpo intrusivo de grano grueso a medio, presenta una coloración gris clara parcialmente rosácea (feldespatos), de textura holocristalina, inequigranular e hipidiomórfica. Las relaciones de campo no son muy claras, en Huachón se encuentra fallado con el grupo Pucara, intruye al batolito Paucartambo y aparentemente a las tonalitas Cayash?, ya que no se tienen mayores evidencias se pueden atribuir estos cuerpos al Triásico-Jurásico.

Pertenece a la zona estructural denominada Bloque Maraynioc, el cual forma parte de la Cordillera Oriental, y consiste en un bloque metamórfico levantado, individualizado por fallamientos regionales con desplazamiento vertical e intrusiones de plutones permo-triásicos. El metamorfismo regional de moderado a bajo grado, habiéndose formado micaesquistos, filitas, pizarras y cuarcitas con foliación y esquistosidad polidireccional (Monge et al, 1996).

Geología Económica

La mineralización se presenta en forma de vetas de cuarzo centimétricas (Foto 1) de 10-5 cm de grosor, con ensanchamientos de 15 cm de forma lenticular con orientaciones de 145°, con rumbos de 30° SO. Presenta panizo de falla que llegan alcanzar los 50 cm de grosor, con una orientación de falla de 120° con 30° al SO.

Otras vetillas de cuarzo tienen orientaciones de 150° con 30°-40° al SO y 110° con 30° al SO, con grosores de 8-10 cm. Estas vetas cortan los intrusivos metamorfizados y presentan límites de contacto con panizo.

En el socavón 7, de la veta Chipa, se ha encontrado oro nativo en un trecho horizontal de 200 m de largo y a una profundidad de 300 m. El oro nativo se

encuentra dentro del cuarzo en forma de granos y chispas hasta de 1 a 2 cm de tamaño y entre los cristales de pirita (Welter, 1946).

Las vetas de cuarzo, contienen el oro asociado a malaquita, y además contienen vetillas polimetálicas con pirita, esfalerita y galena. Las piritas en cubos, masivos y pentágonos, se encuentran cortadas por venillas de esfalerita que contienen el oro (Foto 2). Estas vetas tienen una orientación de 130° con buzamiento de 30° al SO y grosores de la veta de cuarzo de 1 m, cortado por venillas polimetálicas de 1-3 cm.

La mineralogía descrita por Welter (1946) es de oro, malaquita, esfalerita, galena, pirita, calcopirita y cuarzo.

Por su asociación con intrusivos, su mineralización en vetas, su asociación mineralógica, estaríamos ante vetas mesotermales con oro y cuarzo bajo en sulfuros, relacionados a intrusivos (Steinmüeller & Wauschkuhn 1990), en donde las venillas de esfalerita con oro cortan a las piritas preexistentes (Foto 3).

Foto 1.- Vetas de cuarzo con oro cortando los intrusivos metamorfizados y cizallados del Intrusivo de Ranyanc.

Foto 2.- Galena y pirita contenido en el cuarzo de veta en Huachón.

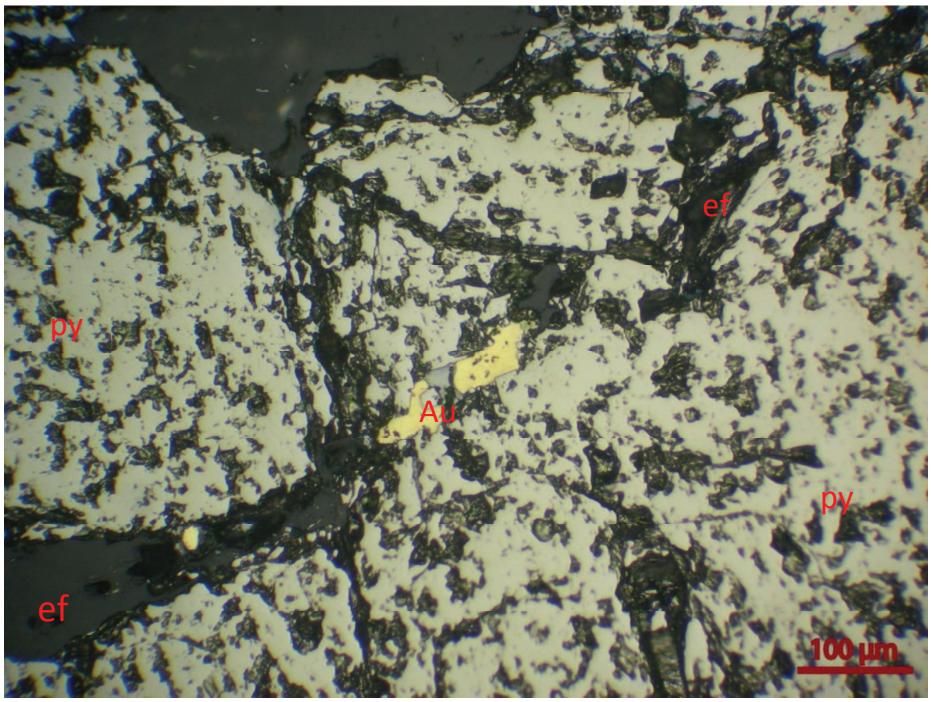


Foto 3.- Oro (Au) asociado a la venilla de Esfalerita (ef) cortando a piritas (py) en vetas polimetálicas en el intrusivo de Ranyac, en Huachón. Vista en sección pulida y nicoles paralelos.

3.2.- Depósitos alojados en rocas sedimentarias paleozoicas

3.2.1.- Mina Tunsho

La mina Tunsho se localiza en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Molinos, aproximadamente a 20 km en línea recta al noreste de la ciudad de Jauja, cuyas coordenadas geográficas son: 11° 38' 52.52'' latitud sur y 75° 22' 2.24'' longitud oeste, que en las coordenadas UTM es 459740.73 E y 8711968.31 N en datum WGS 1984.

Es accesible desde la ciudad de Huancayo por carretera asfaltada hasta la ciudad de Jauja, luego se continúa por carretera afirmada pasando por las localidades de Molinos y Quero, desde allí se toma la vía sin afirmar que une los pueblos de Huirocancha–Yananya hasta llegar al Cerro Chaupiloma.

Marco Geológico

En la zona afloran rocas sedimentarias paleozoicas de la Formación Concepción, grupos Tarma y Mitu, sobre las cuales yacen secuencias calcáreas del Triásico Jurásico constituidas por las formaciones Chambara, Aramachay y Condorsinga. El cuaternario está conformado por los depósitos fluviales y morrénicos (Paredes, 1994).

En el área afloran rocas sedimentarias constituidas por conglomerados, areniscas intercaladas con niveles lutáceos, areniscas silicificadas cortadas por venillas de cuarzo. También se presenta una brecha hidrotermal con clastos angulosos a sub angulosos, milimétricos a decimétricos, de naturaleza sedimentaria, metamórfica e ígnea (GE2712-062).

Regionalmente se tiene al macizo Sacsacancha-Sucllamachay constituido por un complejo de rocas que van desde pequeños stocks de gabro-diorita a un cuerpo principal adamelítico (Paredes, 1994).

Geología Económica

Cuerpo alterado (silicificado y oxidado) constituido por areniscas, lutitas, arcillas, cortado por venillas de cuarzo de 1-5 cm potencia (GE2712-065). Este cuerpo presenta una dirección N-S y buzando 40°N (Foto 4).

También se presenta una brecha hidrotermal (Foto 5) con clastos angulosos a subangulosos, decimétricos a milimétricos de naturaleza sedimentario e intrusivo, contenidos en una matriz silícea y cortados por venillas de cuarzo (GE2712-062).

La ocurrencia presenta una fuerte silicificación y oxidación.

En el cuerpo la mineralización se presenta a manera de trazas de pirita, calcopirita, arsenopirita, calcantita, limonita, jarosita, hematita, goethita, molibdenita.

En la brecha se presenta trazas de bornita, calcopirita, pirita, goethita, molibdenita, limonita, hematita, jarosita, carbonato de Cu y silomelano.

Además tenemos bornita, pirita, calcopirita, arsenopirita, calcantita, limonita, jarosita, hematita, goethita, molibdenita, carbonato de Cu y silomelano.

Foto 4.- Antigua labor, rocas con fuerte silicificación y oxidación.

Foto 5.- Brecha hidrotermal, con presencia de sulfuros y óxidos.

3.2.2.- Mina Chuco II

La mina Chuco II se localiza en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Apata, aproximadamente a 19 km en línea recta al este de la ciudad de Jauja. Corresponde a la hoja de Jauja 24-m de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 464419 E y 8699474 N en datum WGS 1984.

Se parte desde Jauja por carretera asfaltada hasta Ataura, desde allí se continua por carretera afirmada hasta Masma Chicche, luego se continua por trocha hacia Tinco y aproximadamente a unos 3 km en linea recta hacia el este en el Cerro Gallosincca se ubica la mina Chuco II.

En la zona afloran rocas sedimentarias paleozoicas de la Formación Concepción y Grupo Mitu, sobre las cuales yacen secuencias calcáreas del Triásico Jurásico constituidas por las formaciones Chambara, Aramachay y Condorsinga. El cuaternario está conformado por los depósitos fluviales y morrénicos (Paredes, 1994).

En el área afloran rocas sedimentarias constituidas por areniscas con intercalaciones de lutitas del Grupo Excélsior (Fm. Concepción). Según el geólogo de la mina nos indicó que las rocas del Grupo Mitu probablemente estén cubiertas por cobertura vegetal.

Según lo poco que se ha estudiado, este depósito probablemente se trate de un sistema tipo riedel constituido por fallas dextrales.

Geología Económica

La mineralización es netamente de hierro y se presentan a manera de estructuras tabulares denominadas Pilar, Yanet y Magaly (Foto 6 y 7). La estructura Pilar y Magaly presentan una orientación casi N°150°-160°, estas cortan a la estructura Yanet desplazándola en forma dextral.

La mineralización se presenta en forma masiva formando estructuras tabulares, constituidas por magnetita, especularita, hematita, jarosita, oligisto y cuarzo (GE2712-067 y GE2712-068).

Se ha determinado la presencia de magnetita, especularita, hematita, jarosita, oligisto y cuarzo.

Foto 6.- Estructura Pilar, foto mirando hacia el SE.

Foto 7.- Estructura Yanet, foto mirando hacia el N.

3.2.3.- Proyecto Dorita

El Proyecto Dorita se localiza en el Departamento de Junín, Provincia de Jauja, Distrito de Apata, aproximadamente a 19.5 km en línea recta al noreste de la ciudad de Jauja. Corresponde a la hoja de Jauja 24-m de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 464030 E y 8705173 N en datum WGS 1984.

Se parte desde Jauja por carretera asfaltada hasta Ataura, desde allí se continua por carretera afirmada hasta Masma Chicche, luego se continua por trocha pasando por Tinco, Machay, Iscutacama hasta la intersección con la quebrada carnicero, el proyecto se encuentra en las faldas del cerro Rachac.

Marco Geológico

Al igual que en la Mina Chuco II en la zona afloran rocas sedimentarias paleozoicas de la Formación Concepción y Grupo Mitu, sobre las cuales yacen secuencias calcáreas del Triásico-Jurásico constituidas por las formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga. El cuaternario está conformado por los depósitos fluviales y morrénicos (Paredes, 1994).

El proyecto se encuentra alojado en rocas volcánicas del Grupo Mitu de naturaleza dacítica a dacítica porfirítica.

Regionalmente se tiene al macizo Sacsacancha-Sucllamachay constituido por un complejo de rocas que van desde pequeños stocks de gabro-diorita a un cuerpo principal adamelítico (Paredes, 1994).

Geología Económica

La mineralización se presenta en vetas tipo rosario (Ag, Pb, Zn) con rumbo preferente NW-SE, alojadas en rocas andesíticas a riodacíticas (Foto 8).

La roca caja (Foto 9) se encuentra fuertemente silicificada, con sericita y arcillas (GE2712-076).

Las vetas contienen trazas de galena, calcopirita, bornita, pirita, goetita, hematita, jarosita, sericita, arcillas, talco y cuarzo (GE2712-080 y GE2712-081).

Se ha determinado la presencia de galena, calcopirita, bornita, pirita, goetita, hematita, jarosita, sericita, arcillas, talco y cuarzo.

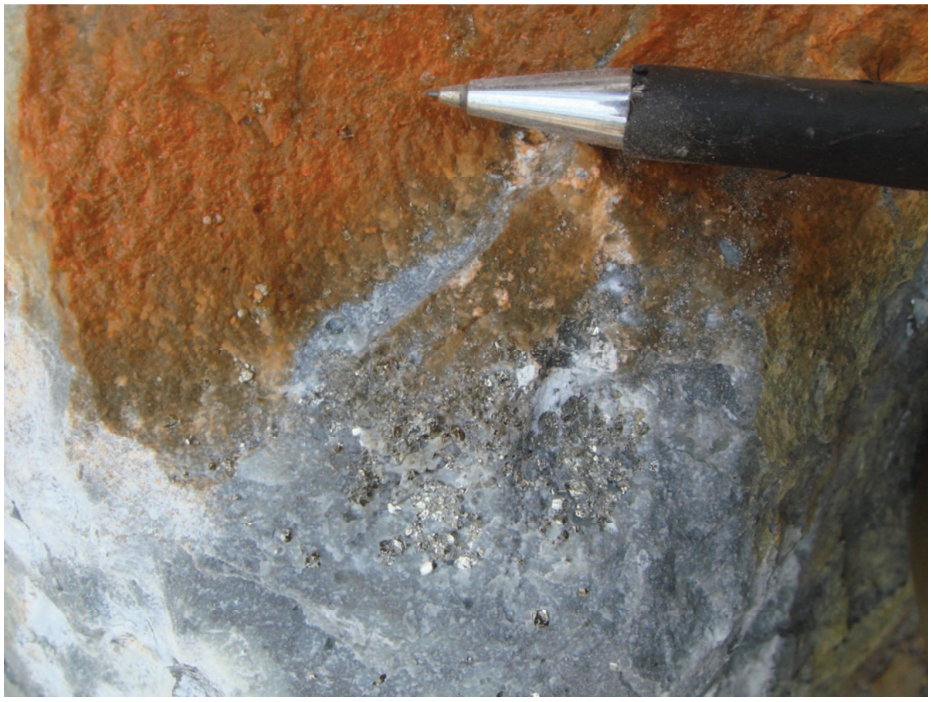


Foto 8.- Roca fuertemente silicificada con trazas de sulfuros.

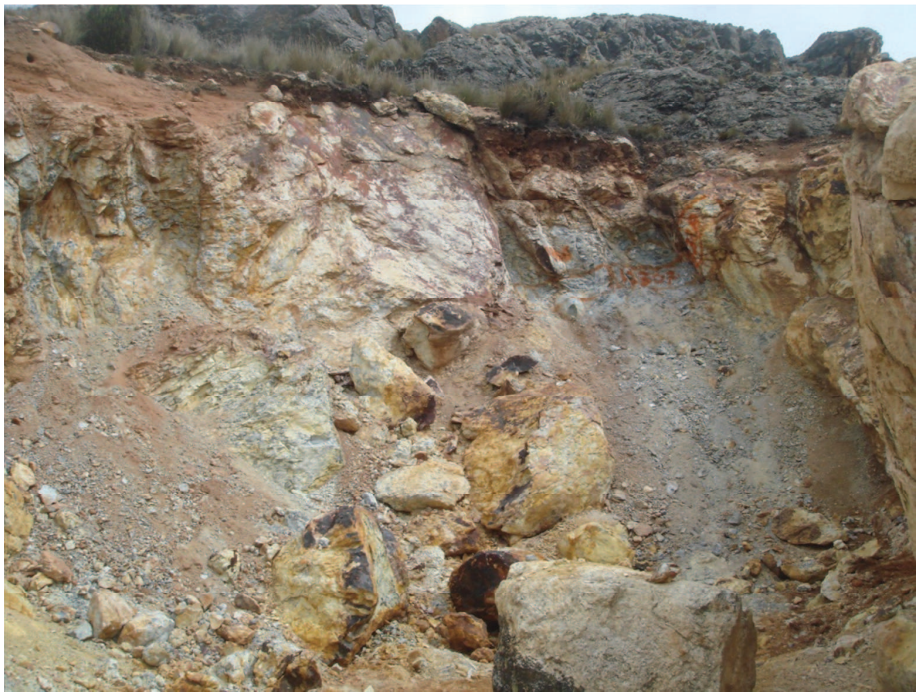


Foto 9.- Afloramiento de rocas volcánicas andesíticas con fuerte silicificación y oxidación.

3.3.- Depósitos alojados en rocas volcánicas Permotriásicas.

3.3.1.- Negra Huanusha

La mina se localiza en el Departamento de Junín, Provincia y distrito de Tarma, aproximadamente a 24.5 km en línea recta al noreste de la ciudad de la Oroya. Corresponde a la hoja de Tarma 23-l de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 406834 E y 8750638 N en datum WGS 1984.

Se parte desde La Oroya por carretera asfaltada hasta Paccha, desde allí se continua por carretera afirmada pasando por Telarnioc, para luego tomar el desvío antes de la localidad de shoclacancha el cual nos lleva a la mina.

Marco Geológico

En zona se tienen rocas metamórficas del neoproterozoico constituidas por micaesquistos, paragneises intercalados con cuarcitas, mármoles y anfibolitas, sobreyaciendo a estas se tienen rocas sedimentarias paleozoicas del Grupo Mitu y secuencias calcáreas del Triásico-Jurásico constituidas por las formaciones Chambara, Aramachay y Condorsinga. El cuaternario está conformado por los depósitos fluviales y glaciares (Megard, 1996).

En el área te tienen areniscas del Grupo Mitu de color rojo violáceo de grano fino o arcósicas con pequeños lentes de lutitas rojas (Foto 10), estas presentan en algunos casos una leve silicificación (GE2712-095).

Los intrusivos se presentan a manera de stock y consisten en quarzodiorita. Un pequeño cuerpo intrusivo se localiza cerca del eje del anticlinal, intruyendo a la Grupo Mitu (Kobe, 1960).

La estructura general en el área es un anticlinal cuyo flanco buza hacia el oeste (Kobe, 1960).

Geología Económica

La mineralización se presentan a manera de estructuras tipo manto post falla algo silicificada, siguiendo la estratificación de las areniscas con un rumbo N-S y buzando 16°al O (Foto 11 y 12).

Estas estructuras presentan una leve silicificación, y mantos de areniscas silicificadas con potencias entre 10 y 14 cm con trazas de carbonatos de cobre (malaquita, azurita), calcita, pirolusita (GE2712-094).

Foto 10.- Entrada al socavón, roca caja arenisca rojo violáceo del Grupo Mitu.

Foto 11.- Estructura tipo manto, post falla, algo silicificada.

Foto 12.- Estructura tipo manto.

3.3.2.- Estrella

Estrella, es un proyecto minero ubicado en el distrito de Paucara, provincia de Acobamba, departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Huancavelica 26-n de la carta topográfica 1/100,000 del IGN y la hoja 26-n-I de la carta topográfica 1/50,000. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 530093 E y 8602804 N en datum WGS 1984.

Desde la localidad de Huancavelica se toma la carretera sin asfaltar hacia los pueblos de Yauli, Muladera y Piedra Labrada, a partir de allí se prosigue por una trocha carrozable hasta Lirio Huayco para finalmente llegar al proyecto Estrella.

Marco Geológico

Estratigráficamente en la zona tenemos:

Grupo Ambo.- Areniscas y limolitas pardas en alternancia rítmica con limoarcillitas. Hacia la base conglomerados (Morche & Larico, 1996).

Grupo Copacabana.- Calizas grises y rojizas de estratos gruesos (Romero, D & Torres, V, 2003). Cerca de Estrella tiene calizas micriticas con textura graistone con silicificaciones, con orientaciones de 165° y buzamiento de 25° al SO.

Grupo Mitu.- Está constituido principalmente por gruesas secuencias de capas rojas (conglomerados, areniscas y lutitas) y manifestaciones de un volcanismo alcalino, de lavas andesíticas basálticas, brechas volcánicas y tobas soldadas (Morche &

Larico, 1996). Las tobas presentan clastos de lavas muy alterados y argilitización; mientras hacia el piso tenemos lavas andesíticas verdes.

Se ha encontrado un dique máfico completamente silicificado (Foto 13) y con pirita diseminada, con venillas de óxido de Fe de orientación 280° con 80° al NE.

Aparentemente, el prospecto estaría en el núcleo de un sinclinal conformado por las tobas del Grupo Mitu y de orientación N-S, afectado por una falla de orientación 080° con buzamiento de 20° SE.

Geología Económica

Las rocas del prospecto Estrella, son tobas obliteradas bastante diaclasadas y argilitizadas con clastos de lavas muy alterados y pequeñas estructuras. Hacia la base se tiene lavas andesíticas verdes silicificadas masivas y diaclasadas.

En el depósito como minerales de ganga se encontró pirita y jaspe. No se ha encontrado otro mineral de importancia.

Estrella, sería un depósito epitermal emplazado en rocas paleozoicas y relacionado a la Franja de Epitermales de Au-Ag del Eoceno (Franja XVII).

Foto 13.- Dique máfico en Estrella cortando las tobas del Grupo Mitu.

3.3.3.- Yanahuilca

Es una mina abandonada ubicada en el distrito de Acoria, provincia y departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Huancavelica 26-n de la carta

topográfica 1/100,000 del IGN y la hoja 26-n-IV de la carta topográfica 1/50,000. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 526588 E y 8604462 N en datum WGS 1984.

Desde la localidad de Huancavelica se toma la carretera sin asfaltar hacia los pueblos de Yauli, Muladera y Yanahuilca, a partir de la cual parte una trocha carrozable hasta la mina.

Marco Geológico

Estratigráficamente la mina se emplaza en dos unidades:

Grupo Mitu.- Está constituido principalmente por gruesas secuencias de capas rojas (conglomerados, areniscas y lutitas) y manifestaciones de un volcanismo alcalino, de lavas andesíticas basálticas, brechas volcánicas y tobas soldadas (Morche & Larico, 1996).

Grupo Ambo.- Areniscas y limolitas pardas en alternancia rítmica con limoarcillitas. Hacia la base conglomerados (Morche & Larico, 1996).

La antigua mina Yanahuilca se ubica en el contacto entre los grupos Mitu y Ambo, en un gran monoclinal de orientación 120° y buzando 20° al SO.

Geología Económica

La mineralización se presenta a manera de venillas y diseminación de malaquita y crisocola hospedada en las rocas volcánicas del Grupo Mitu con una débil alteración argílica (Foto 5); mientras en los niveles inferiores en el Grupo Ambo tenemos que la malaquita, forma pequeños mantos en las areniscas de grano fino (Foto 14).

De esta forma Yanahuilca, sería un depósito epitermal emplazado en rocas paleozoicas y relacionado a la Franja de Epitermales de Au-Ag del Eoceno (Franja XVII).

Foto 14.- Malaquita en las brechas volcánicas del Grupo Mitu.

Foto 15.- Malaquita en forma de pequeños mantos en las areniscas del Grupo Ambo.

3.4.- Depósitos alojados en rocas sedimentarias Mesozoicas

3.4.1.- Pucajaja

Pucajaja es un proyecto minero ubicado en el distrito de Ascensión, provincia y departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Conayca 26-m de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 496376 E y 8590244 N en datum WGS 1984.

Se accede, partiendo desde la ciudad de Huancavelica en dirección SO, hacia Castrovirreyna, a pocos kilómetros de Huancavelica, de donde se toma un desvío que continúa por una carretera sin afirmar hasta el proyecto.

Marco Geológico

Estratigráficamente tenemos:

Grupo Pucará.- Comprende una secuencia de calizas bien estratificadas grises. calizas bituminosas, areniscas calcáreas. La parte superior lo conforma la Formación Condorsinga de calizas grises bien estratificadas (Salazar & Landa,1993). Afloran en fajas plegadas con rumbo NO-SE, y que forma el núcleo de anticlinales.

Formación Tántará.- Sobreyacen al Mesozoico y comprenden lavas andesíticas, brechas volcánicas, con limolitas, areniscas y aglomerados volcánicos (Salazar & Landa,1993).

En Pucajaja, se han reconocido areniscas arcósicas rojas brechadas con a fuerte alteración argílica, que serían equivalentes de la Formación Tantará, con niveles volcánicos sedimentarios hacia la base, que sobreyacen discordantemente a calizas argilitizadas del Grupo Pucará de calizas grises. Por tanto, Pucajaja se encuentra en la zona de contacto de Grupo Pucará y Formación Tantará. Estructuralmente, se encuentra en el núcleo de un sinclinal donde los volcánicos de Fm. Tantará, recubren discordantemente a las calizas del Grupo Pucará en afloramientos discontínuos. Los estratos calcáreos muestran orientaciones de 160° con buzamientos de 20° al SO.

Geología Económica

Mineralógicamente, en las calizas silicificadas y argilizadas, se han reconocido, malaquita y diseminación con óxidos de Fe (Foto 16) en capas (mantos?), en venillas de cuarzo-hematita con malaquita (Foto 17). En las areniscas argilitizadas, la mineralización se presenta como diseminaciones en cuerpos irregulares (Foto 18) de malaquita, azurita, crisocola y venillas de óxidos de Fe y pirita en fracturas en los volcánicos sedimentarios, en donde también se aprecian niveles de goethita

y hematita en forma de bandas, en las areniscas arcósicas rojas. Las areniscas y las calizas presentan alteración argílica.

Como minerales de mena en la zona de estudio se tiene malaquita, azurita y crisocola; y como ganga goetita, hematita, pirita y óxidos de Fe.

El depósito sería un depósito epitermal emplazado en rocas calcáreas mesozoicas y rocas volcánicas cenozoicas, de edad miocena. Se relacionan a la franja XXI.

Foto 16.- Calizas argilitizadas y oxidadas del Grupo Pucará.

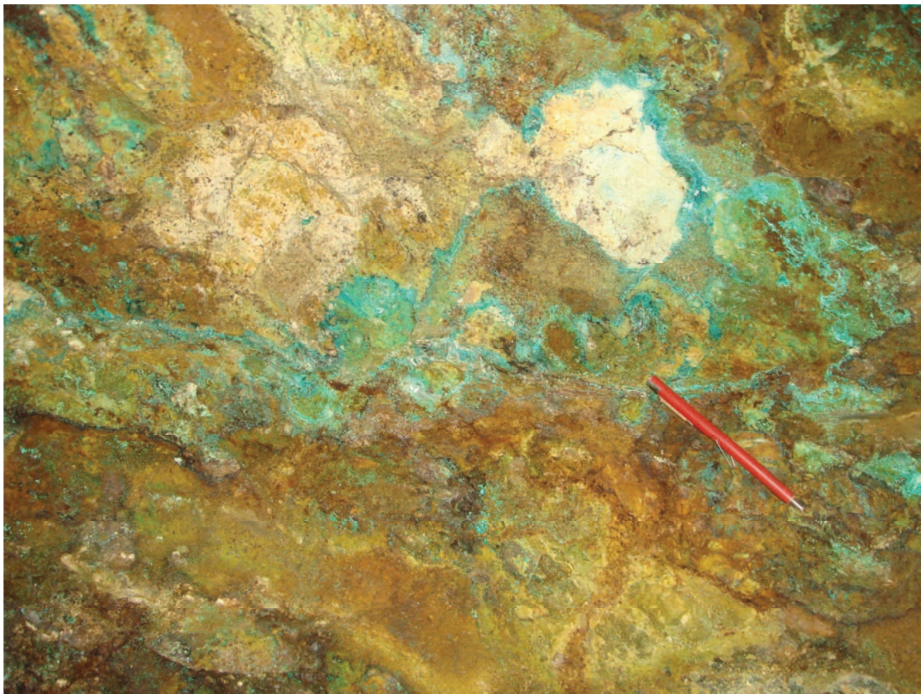


Foto 17.- Malaquita en venillas de cuarzo y hematita en las calizas silicificadas y argilitizadas.

Foto 18.- Areniscas argilitizadas en la Formación Tantará.

3.4.2.- Azulcocha

Azulcocha, es un proyecto ubicado en el distrito de San Jose de Quero, provincia de Concepción, departamento de Junín. Se encuentra a 270 km al este de Lima y se sitúa entre la parte oriental de la Cordillera Occidental y las altiplanicies de los Andes Centrales del Perú. Corresponde a la hoja de Yauyos 25-l de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 427181 E y 8666614 N en datum WGS 1984.

El acceso por vía terrestre desde la ciudad de Lima a las instalaciones de la U.E.A Azulcocha, es a través de La Carretera Central de Lima – La Oroya – Pachacayo, siguiendo el desvío a la zona de Azulcocha, con un recorrido total de 260 km.

También se accede fácil por la carretera asfaltada Huancayo-Yauyos. A medio camino en el Abra de Negro Bueno se toma un desvío carrozable hacia el norte a la mina Gran Bretaña (Azulcocha).

El yacimiento Azulcocha conocido por sus afloramientos de minerales de manganeso, fue denunciada por Ernesto San Martín y Miguel Ángel Cavagnaro en 1946, sobre un denuncio caduco de la empresa Cerro de Pasco Corporation. A partir del año 1950 se empezó a explotar óxidos de manganeso (franklinita, psilomelano y pirolusita) a pequeña escala, mediante tajo abierto hasta el año 1956, siendo el mineral enviado a la fundición de la Oroya por ferrocarril. En 3 años, se logró explotar alrededor de 25 000 TM con una ley promedio de 44% de Mn, llegando a veces a 55% de Mn. Desde 1961 hasta 1970 se explotó zinc a pequeña escala por tajo abierto y también con labores subterráneas en el nivel 115. Desde el año 1970 comenzó a explotar la empresa TOHO ZINC Co Ltd, que adquiere el 70% de Sociedad Minera Gran Bretaña S.A. y con la intervención del Banco Minero del Perú, instalaron una planta de 600 TM de capacidad, que después fue ampliada a 750 TM. En 1978, la empresa TOHO ZINC Co Ltd decide cerrar sus actividades y transfiere la totalidad de sus acciones Luis y Juan Ernesto San Martín quienes se convierten en los principales accionistas de la Sociedad Minera Gran Bretaña S.A. Las operaciones se realizaron normalmente hasta el año 1984. A partir del año 1985, se produce además, la ruptura de las relaciones empresariales Peruano-Japonesas, ocasionando serios problemas económicos en la empresa que terminaron con la paralización de las operaciones de la mina Azulcocha, en Julio del año 1986. En el mes de Enero de 2004, se forma la Cia. Azure del Perú S.A.C. y se inician actividades de exploración de la zona de relaves y mina subterránea, a fin de completar un estudio de factibilidad que permita instalar nuevas operaciones

mineras sobre las antiguas instalaciones de la mina Azulcocha. En enero del 2008 se realiza el cambio de razón social a Vena Perú SAC.

Marco Geológico

Los afloramientos más importantes y extensos corresponden a sedimentos marinos y continentales del mesozoico y Cenozoico. La actividad magmática (stock ácidos, diques y sills de composición básica) en la zona de Jatunhuasi-Azulcocha-Chuquipita tuvo lugar durante el Terciario (Muñoz, 1994). El stock granítico de Chuquipita y el domo riolítico de Jesus Maria intruyen a los sedimentos mesozoicos y afloran seis kilómetros al oeste del yacimiento. Se han reconocido estructuras, principalmente pliegues y fallas, correspondientes a las fases compresivas del terciario. La estructura más importante de la zona es la falla regional de desgarre Cochas-Gran Bretaña.

Las rocas más antiguas pertenecen a sedimentos mesozoicos de la formación Condorsinga, son calizas con intercalaciones dolomitas y niveles de chert que se incrementan hacia el techo. Sobre la esta formación y en concordancia afloran rocas clásticas de la Formación Cercapuquio (Rosas, 1989), constituidos por areniscas de grano muy fino a grueso con intercalaciones de lutitas, y algunos niveles carbonosos. Los sedimentos carbonatados de la Formación Chaucha se encuentran sobreyaciendo concordantemente a la Formación Cercapuquio. Sobre la Formación Chaucha descansan concordantemente sedimentos deltaicos de la Formación Goyllarisquizga pertenecientes al Neocomiano-Aptiano superior, constituidos por areniscas blancas con intercalaciones de lutitas, limolitas y horizontes de carbón (Muñoz, 1994). Los sedimentos carbonatados del Albiano hasta el Cretácico superior y las capas rojas del Terciario afloran al sur y norte del área de Azulcocha.

Seis kilómetros al oeste de Azulcocha aflora el stock Chuquipita cuya composición es de granito hasta granito de feldespatos alcalinos. En el contacto con los sedimentos carbonatados se han desarrollado cuerpos de skarn (Muñoz, 1994). Al norte del stock de Chuquipita y seis kilómetros al noroeste de Azulcocha aflora un domo de composición riolítica a riolita de feldespatos alcalinos. En el contacto con los sedimentos carbonatados del Cretácico se han desarrollado cuerpos de skarn. Otros cuerpos ígneos ocurren en forma de diques en las cercanías del stock de Chuquipita y como sill dentro de los sedimentos de la Formación Goyllarisquizga (Muñoz & Fontbote, 1995).

La estructura más importante es la Falla Cochas-Gran Bretaña denominada también Falla San José de Queros, se trata de una falla de desgarre con rumbo N 315°y que aflora por más de 70 km. En el área de Jatunhuasi-Azulcocha-Chuquipita

esta falla se comporta como una falla inversa, con sobreescurrimiento, y forma una estructura sigmoidal de dirección E-O. Como consecuencia de las fases tectónicas Quechua II y III del Mioceno superior y Plioceno se han formado y/o reactivado fallas, pliegues, esquistosidad y brechas dentro de los sedimentos (Soulas, 1975; Megard, 1979; Muñoz, 1994).

Geología Económica

El cuerpo mineral de Azulcocha tiene una forma elíptica, buzante 35°-45° al sur con el techo cortado. Su elongación corre paralela a la porción este-oeste de la falla Cochas-Gran Bretaña y el cuerpo mineral se inclina alrededor de 40° al oeste (Muñoz & Fontbote, 1995).

Las menas ocurren principalmente como relleno de espacios abiertos y como cemento de los fragmentos de caliza y las propias menas en las brechas de colapso. Las texturas de tipo coloforme son las más extendidas, también son frecuentes las bandas rítmicas con intercalaciones de esfalerita, barita, sulfosales, galena y marcasita. La esfalerita (schalenblenda), los sulfuros de Fe, galena, sulfosales suelen ocurrir a menudo en agregados en forma arriñonada y/o como racimos de uva formando finas bandas concéntricas y radiales (Muñoz & Fontbote, 1995).

Mineralógicamente comprende venillas pequeñas con esfalerita (Foto 19) y oropimente (Foto 20) con orientaciones 090° con 45° al sur, contenidas en cuerpos brechados también asociado a un panizo y material brechado (Foto 21) producto de los fallamientos. Este cuerpo brechado tiene forma elíptica con dimensiones de 300 x 50 x 160 m (Muñoz & Fonboté, 1995), y corta a unas areniscas silicificadas de la Formación Chimú con la misma orientación E-O. En superficie, con la misma orientación tenemos un cuerpo de óxido de Mn (Foto 22) cortando a las areniscas cuarzosas de la Formación Chimú, que en superficie tiene las dimensiones 200 x 50 m.

Se ha diferenciado cuatro etapas principales de mineralización. La primera etapa (Fe-Zn) está formada por agregados masivos de pirita y marcasita, y cristales de esfalerita diseminada. La segunda etapa (Zn-Fe-Ba-Mn-As-Pb) es la más importante y está constituida principalmente por esfalerita, acompañada por barita, rodocrosita y marcasita. También están presentes cantidades menores de galena, sulfosales y pirrotita. La tercera etapa caracterizada por As-Fe-Zn-Mn-Pb-Au, está formada sobre todo por marcasita y minerales de arsénico. Abundancia de oropimente y rejalgar (Muñoz, 1994). La cuarta y última etapa representa la mineralización supérgena y está constituida principalmente por minerales oxidados

de manganeso, smithsonita, minerales secundarios de plomo como anglesita y cerusita, y limonitas.

La mena está constituida fundamentalmente por esfalerita y sulfuros de As y Fe. Galena y sulfosales de Pb-As ocurren en cantidades menores y carecen de importancia económica. Barita y minerales de manganeso como rodocrosita y óxidos de Mn, están ampliamente distribuidos en el yacimiento. Dolomita, calcita, cuarzo y minerales secundarios como: smitsonita, cerusita, anglesita y limonitas ocurren esporádicamente (Muñoz & Fontbote, 1995).

El modelo genético sugerido hace referencia a la precipitación de metales a baja temperatura. Los estudios de paragénesis mineral, isotopos de azufre y de inclusiones fluidas indican que el fluido mineralizante era salino, estaba reducido y contenía H2O como especie principal de azufre. Un fluido de estas características sólo puede transportar metales en cantidades apreciables, en particular Zn y Pb, si es ácido (Muñoz & Fontbote, 1995).

La génesis de Azulcocha comprende minerales que fueron removilizados y reconcentrados por procesos cársticos (Mégard, et al,1996).

La alta permeabilidad a lo largo de las fallas y la solubilidad de las rocas, favoreció la formación de brechas de colapso y espacios vacíos, donde se ha desarrollado el cuerpo mineral, lo que sugiere que la mineralización, sea básicamente posterior a las principales fases de la tectónica andina y en particular relacionada con el sistema de fallas San José de Quero. Esto indica una edad máxima Miocena superior (Quispe et al, 2007).

Se ha distinguido cuatro etapas principales de mineralización de Fe-Zn, Pb-As, Au-Fe y óxidos de manganeso. Las inclusiones fluidas en baritina de las etapas II y III arrojan temperaturas de homogenización similares entre 90º C y 177º C y salinidades entre 5 y 20% NaCl equivalente (promedio 12%). Estas temperaturas bajas, coinciden con la paragénesis del depósito y las texturas del mismo. Además, la ausencia de alteración hidrotermal, sugieren un modelo de precipitación de metales a baja temperatura. La mineralización se desarrolló, esencialmente en una sola etapa. Una edad Miocena máxima de la mineralización y los valores isotópicos de azufre, sugieren una relación directa o indirecta con las intrusiones graníticas del Cenozoico que afloran en el área (Muñoz & Fonboté, 1995; en Quispe et al, 2007).

Azulcocha, es un depósito epitermal emplazado en rocas calcáreas mesozoicas del Grupo Pucará, de edad de mineralización miocena. Estaría relacionado con la franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno.

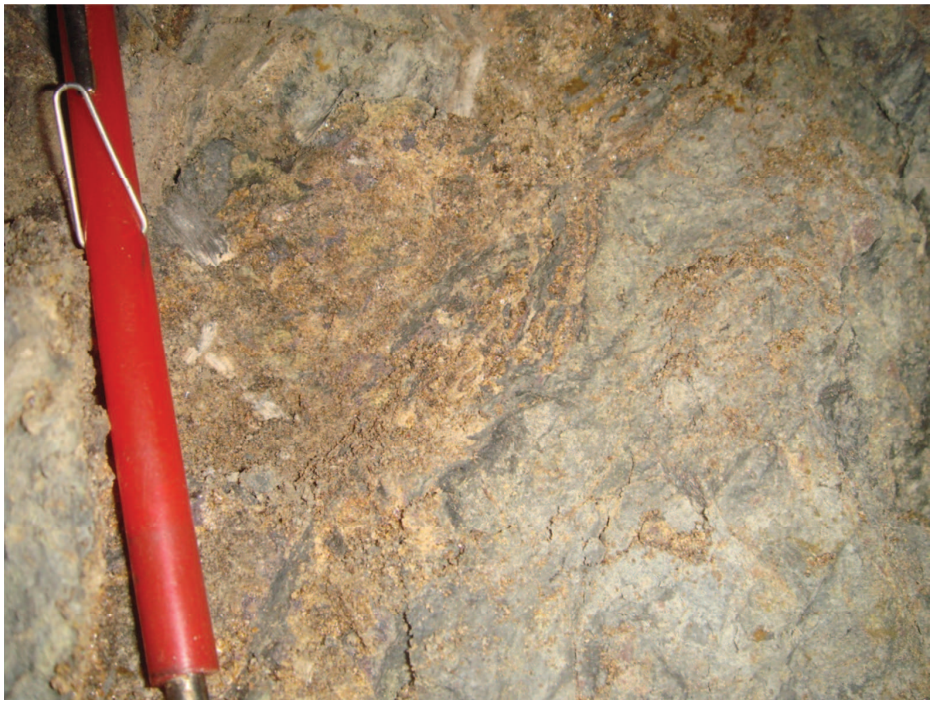


Foto 19.- Venillas de esfalerita en el cuerpo brechado mineralizado de Azulcocha.

Foto 20.- Venillas de oropimente en el cuerpo brechado mineralizado de Azulcocha.

Foto 21.- Cuerpo brechado mineralizado con panizo en Azulcocha

Foto 22.- Cuerpo de Mn en las areniscas blancas de Formación Chimú en Azulcocha.

3.4.3.- Tucumachay

El proyecto se encuentra ubicado a 13 km de la mina Yauricocha, en el distrito de Yanacancha, provincia de Chupaca, departamento de Junín, en la frontera con la región Lima. Corresponde a la hoja de Yauyos 25-l de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 440775 E y 8635648 N en datum WGS 1984.

Se puede acceder al proyecto por la carretera central Lima-Huancayo y luego por sus ramales o por la carretera Cañete-Huancayo.

La zona fue descubierta en el año 1998 por los geólogos de Minera Inmet Perú quienes realizaban prospección regional en busca de yacimientos de zinc del tipo Mississippi Valley. Un muestreo de sedimentos efectuado con el método BLEG arrojo anomalías de oro y la zona fue denunciada. En 1999, Inmet realizo un pequeño programa de perforación RC. Sin embargo, debido a que la mayor parte de la zona prospectiva estaba en manos de otras empresas, esta perforación sólo pudo hacerse en zonas periféricas de baja ley. En 2001 Inmet pudo adquirir toda la zona, pero los bajos precios de los metales les obligaron a suspender cualquier actividad exploratoria. En el 2004, Inmet decide opcionar el proyecto y a finales de ese mismo año firma un contrato de opción con Gitennes Exploration Inc (Fernández et al, 2006).

Marco Geológico

La geología regional del proyecto está dominada por una secuencia sedimentaria del mesozoico la cual está cubierta en discordancia angular por rocas volcánicas terciarias (Fernández et al, 2006).

La base de la columna estratigráfica está dominada por calizas y dolomitas de la Formación Condorsinga, el miembro superior del Grupo Pucará, de edad Triásica-Jurásica. Sobreyaciendo se encuentra la Formación Cercapuquio, la cual incluye lodolitas y areniscas del Jurásico medio. La sección sedimentaria continúa con calizas de la Formación Chaucha (Jurásico superior), el Grupo Goyllarisquizga (Cretácico inferior y medio) y los sedimentos calcáreos del Cretácico superior hasta llegar a las capas rojas de la Formación Casapalca. Toda esta secuencia sedimentaria se encuentra cubierta por rocas volcánicas terciarias (Fernández et al,, 2006).

Geología Económica

Las zonas auríferas en el proyecto se encuentran en la parte más alta de la formación Condorsinga. Esta formación aflora en el centro de un anticlinal con rumbo NW-SE. El anticlinal está inclinado en sus extremos tanto nor-occidental, como suroriental. Es en el borde inclinado sur-oriental donde se encuentra la

mayoría de la mineralización y la alteración, y donde Gitennes ha focalizado su exploración. Esta zona se la conoce como “La Nariz” (Fernández et al, 2006).

Existen tres tipos de mineralización en la zona de La Nariz:

1.- Mineralización de contacto: Presencia de jasperoides o sílice negra masiva ya sea reemplazando calizas, dolomitas y brechas de la Formación Condorsinga, o rellenando estructuras de orientación 060°. Presencia de oropimente y rejalgar con asociación geoquímica Au-As-Hg-Tl.

2.- Mineralización del Tipo Cerro Oeste: Se caracteriza por encontrarse en las lodolitas grises brechadas y deformadas por una serie de fallas inversas. Presencia de oropimente y asociación geoquímica Au-As-Hg-Tl+/-Ag.

3.- Mineralización en brechas: Brechas de solución, de colapso y fracturamiento de las calizas de la Formación Condorsinga. La mineralización está oxidada y focalizada a lo largo de fracturas con rumbo 050-060°.

El Proyecto Tucomachay representa uno de los primeros descubrimientos auríferos en carbonatos mesozoicos en el Perú, y podría abrir a la exploración muchas zonas aun inexploradas por oro.

3.4.4.- Mario

El proyecto Mario se localiza en el Departamento de Junín, Provincia de Huancayo, Distrito de Chongos Altos, aproximadamente a 60 km en línea recta de la ciudad de Huancayo, correspondiendo a la parte sur del cuadrángulo de Yauyos - 25-l de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 446484 E y 8627852 N en dátum WGS 1984.

Es accesible desde la ciudad de Huancayo empleando las siguientes rutas:

- Huancayo - Huayucachi (carretera asfaltada) – Mina Cercapuquio (carretera afirmada de 90 km) – Mina Mario (trocha carrozable de 16 km), con un recorrido de 106 km.
- Huancayo – Chupaca (carretera asfaltada) – Chaucha (carretera afirmada de 90 km) – Ayapunco – Mario (trocha carrozable de 43 km), con un recorrido de 133 km.

La propiedad presenta evidencias de actividad minera a pequeña escala realizada por el Sr. Oswaldo Quispe (propietario).

Megard (1968) reportó la existencia de un área con estructuras mineralizadas en el alto Canipaco, que corresponde a la zona de la mina Mario.

De agosto a noviembre de 1995, Cominco Perú realizó diversos trabajos, los cuales consistieron en: mapeo geológico y muestreo geoquímico de suelos y rocas.

De setiembre a octubre de 1998, Cominco realizó trabajos de mapeo geológico-estructural, estudios de alteraciones con PIMA, muestreo geoquímico de estructuras y zonas mineralizadas, levantamiento de líneas de magnetometría e I.P.

Marco Geológico

La base de la columna estratigráfica está conformada por rocas jurásicas del Grupo Pucará siendo estas las series carbonatadas de mayor extensión. Sobreyaciendo se tiene a la Formación Cercapuquio, que es terrígena, y la Formación Chaucha, que corresponde a una plataforma carbonatada.

Durante el cretácico se depositó la serie detrítica de la Formación Goyllarisquizga, siendo cubierta posteriormente por secuencias carbonatadas constituidas por las formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo y Jumasha.

Finalmente el cuaternario se encuentra representado por depósitos glaciares, pero en el área no tienen mayor importancia (Díaz, 2001).

En el área del proyecto afloran secuencias calcáreas y depósitos clásticos continentales constituidos por el Grupo Pucará y las formaciones Condorsinga y Cercapuquio, así mismo la serie detrítica de la Formación Goyllarisquizga, las cuales han sido intruidas por diferentes unidades de intrusivos.

La actividad ígnea en el área está representada por cuerpos irregulares de intrusivos dacíticos, cuerpos y diques irregulares de composición diorítica, brechas freáticas polimícticas, y por un sill de pórfido de cuarzo de posible composición riolítica. Estas intrusiones han dado lugar a aureolas de marmolización y débiles zonas de skarn en los contactos con las calizas (Díaz, 2001).

Díaz (2001), el proyecto se ubica en zona de intersección de estructuras, habiéndose reconocido tres sistemas de fallas: El primero con orientación NO-SE (corresponde al movimiento andino); el segundo con dirección N 80° que corresponde a fallamientos normales de alto ángulo y movimiento dextral con desplazamiento vertical y horizontal que afecta a las rocas de las formaciones Condorsinga y Cercapuquio; y el tercer sistema corresponde a la orientación N30° y buzamiento al N y S.

En 1998 se levantaron 15 km con Polarización Inducida. utilizando una separación de electrodos de 200 m, en 5 líneas con azimut 315° y con una separación de 500 m entre sí.

En junio de 1999, se levantaron 7.5 km con Polarización Inducida, utilizando una separación de electrodos de 100 m, en 3 líneas (Díaz, 2001).

Geología Económica

La mineralización se emplaza generalmente en calizas de la Formación Condorsinga en formas de cuerpos de reemplazamiento, estructuras (vetas fallas) (Foto 23) y en menor grado como mantos.

Díaz, 2001, menciona que la presencia de intrusivos ácidos relacionados con la mineralización en el área, que desarrollaron varios tipos de alteración hidrotermal, las cuales son:

- Alteración fílica: Afecta a los intrusivos ácidos, está representada por una débil alteración fílica, a la que se ha sobreimpuesto una alteración argílica.
- Alteración argílica intermedia: Afecta principalmente a las brechas freáticas y brechas de contacto, representada por una moderada alteración supérgena (arcillas-illita), sobreimpuesta a una alteración argílica intermedia (sericita hipógena, kaolinita-pirita).
- Dolomitización: La naturaleza cristalina de las dolomitas, el hecho de que corta a la estratificación, su margen transicional, remanentes de textura oolítica y la alta temperatura de homogenización (232.3° C) en inclusiones fluidas (Pedder, 1999), supone un origen hidrotermal. Temperaturas y salinidades similares para inclusiones de zonas mineralizadas indican que la dolomitización es una alteración directa producto de los fluidos mineralizantes.
- Alteración clorítica: Afecta a una pequeña área en la parte central del domo dacítico, se observa una fuerte cloritización diseminada y en venillas, acompañada de illita y arcillas.
- Zonas de siderita: En la mayor área del proyecto se observan pequeñas vetillas de óxidos de Fe con presencia de siderita. Esta podría ser el resultado de la acción de soluciones ferrosas sobre las calizas.

  La intersección de vetas y fallas forman pequeños cuerpos mineralizados relacionados a fallas dextrales con mineralización de galena, esfalerita, calcita, baritina y pirita, con óxidos de zinc. Este sistema es cortado por otro de dirección NNO, generando algunos cuerpos masivos de pirita-arsenopirita.

  En el sector SO se encuentra un enjambre de vetas delgadas con mineralización de óxidos y sulfuros de zinc y plomo en estructura tipo rosario. También está presente mineralización irregular de galena y esfalerita oxidada rellenando fisuras en el tope de la Formación Condorsinga (Díaz, 2001).

  Los principales minerales son: galena, esfalerita, arsenopirita, calcita, baritina, pirita, óxidos de zinc, cuarzo.

  Mario es un prospecto que presenta un cuadro geológico-mineralógico muy atractivo para la exploración de cuerpos de reemplazamiento tipo CRD. Las

múltiples evidencias de mineralización que se observan rodeando los cuerpos intrusivos, así como también las evidencias de intrusiones múltiples y la poca erosión del sistema en general, incluyendo la Formación Condorsinga considerada el metalotecto principal, hacen suponer la existencia de un posible cuerpo mineralizado no aflorante de gran tonelaje alrededor de la diatrema y del domo dacítico (Díaz, 2001).

Foto 23.- Veta de calcita en Mario.

3.5.- Depósitos alojados en rocas volcánicas Mesozoicas

3.5.1.- Palma

Se localiza en el paraje denominado Pampa de Lara, quebrada afluente del río Lurín, jurisdicción del Distrito de Antioquía, Provincia de Huarochirí, a 55 km al SE de Lima.

El acceso se realiza por la carretera afirmada, 28 km desde Cieneguilla, al sur de Lima. Además existe una carretera afirmada que sale de Cieneguilla hacia el sur y que accede a las partes altas de la zona.

Este prospecto se inicia cuando en 1985, Minera Palma S.A., filial de Barmine, que trabajaba en el valle del Rímac, colocó denuncios en el valle de Lurín, sobre indicios de Ba y Zn. CEDIMIN S.A., a partir de Agosto de 1986 inicia trabajos en la

zona (Llosa, 1990; Paredes, 1991) con cartografía (1/500, 1/2000), muestreo, pruebas metalúrgicas, perforaciones diamantinas y galerías, y hasta el año 1991 elabora estudios d factibilidad.

En cuanto a trabajos de investigación realizados en la zona, solo se conocen Vidal, 1987; Steinmüller, 1987, Steinmüller & Wauschkuhn 1990. Vidal postula un origen exhalativo volcánico tipo Kuroko para estos yacimientos, como parte de lo que es el cinturón mineralizado de Perúbar. Steinmüller & Wauschkuhn, también tienen un planteamiento similar, pero consideran a estos yacimientos más de tipo transicional a SEDEX.

Marco Geológico

La geología de la región está dominada por los volcánicos Casma de edad Albiano a Cenomaniano, denominados en la zona como Volcánico Quilmaná por INGEMMET (Palacios et al., 1992), los cuales se extienden como una franja, en parte plegada y en parte dislocada por fallas longitudinales, pasando hacia el norte al valle del Rímac.

Según Ínjoque et al., 2000, el yacimiento Palma se ubica en una cuenca sedimentaria, la cual se restringe a una estructura denominada Graben Palma, cuya estratigrafía pertenece al Grupo Casma, la cual consiste de base a techo, de cuatro miembros:

Miembro Basal: Constituido por tobas andesíticas y areniscas volcanoclásticas propilitizadas con alguna intercalación de lavas andesíticas, lodolitas y mármoles.

Miembro Piso: Consiste principalmente de lodolitas oscuras, intercaladas con tobas andesíticas y está directamente bajo los horizontes mineralizados.

Miembro Huésped: Es el receptor de la mineralización económica y está constituido por calizas y lodolitas piritosas oscuras y con laminaciones finas, coladas y tobas andesíticas intercaladas con mantos de sulfuros.

Miembro Superior: Consiste de un paquete de calizas blancas, eventualmente portadoras de pirita diseminadas y algo marmolizadas, estériles post-minerales.

Al oeste de ésta franja afloran unidades del batolito de la Costa, las cuales han metamorfizado en mayor o menor grado las rocas del Grupo Casma. Estos plutones también afloran hacia el este. Cubriendo parcialmente los techos de ambas unidades se encuentra en discordancia angular secuencias félsicas del Grupo Calipuy. Estos intrusivos consisten en una parte de diques andesíticos y ocoíticos relacionados al volcanismo local y también de diques microdioríticos, aplíticos y plutones dioríticos-tonalíticos (Ínjoque et al., 2000).

Las estructuras de la región son principalmente fallas longitudinales de rumbo NNE-SSW, las cuales controlan los horst y graben locales, habiendo además fallas

transversales a las anteriores, las que controlan a nivel más local los hundimientos y levantamientos de la zona. Al norte en el valle del Rímac existen pliegues de rumbo andino que no han sido observados localmente en Palma (Ínjoque et al., 2000).

Geología Económica

La mineralización está asociada al Grupo Casma, y es de tipo exhalativo volcánico, de valor económico, con cuerpos proximales de Zn, en menor cantidad Pb. Estos cuerpos son tipo manto con rumbo NNE-SSO y buzamiento 45° E, se extienden horizontalmente por aproximadamente 250 m, con una potencia promedio de 2 m y están zonados (Ínjoque et al., 2000).

Injoque et al., 2000, menciona que los dos mantos superiores son económicos y polimetálicos, los mantos intermedios están compuesto de pirita-pirrotita y los inferiores son principalmente calcopirita y pirita. La baritina ocurre al tope de estas mineralizaciones, formando un manto de características similares.

Estos cuerpos consisten en mantos de sulfuros masivos, compuestos de pirita, esfalerita, galena y principalmente calcopirita, habiendo también baritina.

El zonamiento y texturas presentes en el mineral (Paredes, 1991), dentro de la pila sedimentaria, indican que las soluciones hidrotermales se originaron al oeste y que se depositaron en la cuenca sedimentaria hacia el este. Además estas fueron variando químicamente con el tiempo, desde originalmente muy ricas en Cu-Fe, pasando luego a Zn-Pb y finalmente a Ba.

3.6.- Depósitos alojados en rocas volcánicas Cenozoicas

3.6.1.- Picomachay

Picomachay es un proyecto ubicada en el distrito y provincia de Castrovirreyna y departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Castrovirreyna 27-m de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 477754 E y 8560224 N en datum WGS 1984.

Para llegar al proyecto se parte desde Huancavelica por carretera afirmada hasta San Juan de Astobamba, desde ahí se toma una trocha carrozable hacia la localidad Pampa Machay hasta llegar a las inmediaciones del cerro Jarguajasa, que es donde se ubica el proyecto.

Marco Geológico

La columna estratigráfica comprende una secuencia de rocas volcánicas-sedimentarias, piroclásticas y derrames andesíticos - basálticos que se han formado desde el Oligoceno hasta el Plioceno. La unidad más antigua (Oligoceno) es el Grupo Sacsaquero conformado por una gruesa secuencia de rocas volcánicas-sedimentarias de naturaleza andesítica. Sobreyaciendo en discordancia

erosional se tiene a la formación Castrovirreyna conformada por una secuencia sedimentaria piroclástica de facies lacustrinas. Igualmente la formación Auquivilca yace discordante sobre la formación Castrovirreyna con quien se interdigita localmente, tal como se observa la norte de Caudalosa (cuadrángulo de Castrovirreyna), esta formación está constituidas por rocas piroclásticas en la base y depósitos lacustres en la parte superior. Finalmente sobreyaciendo en discordancia angular se tiene a la formación Astobamba constituida por derrames andesíticos y basálticos (Salazar & Landa, 1993).

Según Salazar & Landa (1993), se tiene la siguiente secuencia estratigráfica:

Grupo Sacsaquero: Gruesa secuencia volcánica-sedimentaria, constituida por derrames andesíticos intercalados con tobas soldadas y tobas redepositadas; también se intercalan areniscas, limoarcillitas y calizas lagunares que se adelgazan desapareciendo por lenticularidad.

Formación Castrovirreyna: Secuencia sedimentaria piroclástica de facies lacustres, representada por areniscas, calizas, tobas, brechas tobáceas y lavas que tienen su localidad típica en el área de Castrovirreyna.

Formación Auquivilca: Secuencia de rocas piroclásticas en la base y depósitos lacustres en la parte superior. Conformado por lavas andesíticas, dacíticas y brechas de flujo en la base; calizas grises, areniscas tobáceas de grano fino, medio a grueso y brechas tobáceas verdosa en el tope.

Formación Astobamba: Conjunto de derrames andesíticos, basálticos y brechas de flujo de similar composición, con ocasionales horizontes tobáceos y piroclásticos, relacionados a centros volcánicos de tipo estrato volcán y explosivo; interpretación basada en la disposición groseramente periclinal que muestran los derrames.

Según Salazar & Landa (1993), el magmatismo intrusivo se presenta a manera de pequeños stocks, cuellos o centros de efusión, diques, etc. de nivel subvolcánico, asociado a las secuencias volcánicas del terciario. Estas intrusiones no alcanzan más de 15 km de largo en el mejor de los casos; registrando la mayoría longitudes entre 5 y 10 km. En su composición varían de andesíticas a riolíticas, siendo las primeras las más abundantes. Estos cuerpos menores están generalmente asociados con mineralización polimetálica.

Geología Económica

Según información proporcionada por el geólogo a cargo del proyecto, Ing. Carlos Gamarra, la mineralización de oro se presenta en forma diseminada alojada en rocas volcánicas andesíticas, generalmente microporfiríticas moderadamente alteradas (GE2712-17 hasta la GE2712-180).

Según observaciones en campo, las rocas andesíticas presentan de moderada a fuerte silicificación, presentando en algunos casos lixiviación y brechamiento (GE2712-177), así mismo también presentan zonas moderadamente argilizadas con patinas de óxidos de fierro (GE2712-178) (Foto 24).

Superficialmente se encontró óxidos de fierro como pátinas y en otros casos rellenando fracturas (GE2712-180).

Foto 24.- Roca fuertemente silicificada con oxidación de fierro.

3.6.2.- Mina Yanamina

Yanamina es una mina abandonada, ubicada en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Huancavelica 26-n de la carta topográfica 1/100 000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 503839 E y 8580112 N en datum WGS 1984.

Se accede fácil, partiendo desde la ciudad de Huancavelica, de donde se continúa por una carretera sin afirmar que llega a la antigua Mina Santa Bárbara, y desde allí hasta Yanamina.

Marco Geológico

Estratigráficamente tenemos las siguientes unidades regionales:

Grupo Pucará.- Compuesto de calizas micríticas negras y areniscas calcáreas.

Se han observado afloramientos de lavas andesitas y latiandesitas pofiríticas en algunos casos ligeramente argilizada y en otros silicificadas. Estos volcánicos

recubren unidades sedimentarias más antiguas, de areniscas de grano medio correlacionables a la Fm. Chunumayo.

Formación Chunumayo.- Calizas micríticas grisáceas, intercaladas a los niveles superiores con areniscas y limoarcillitas (Morche & Larico, 1996)

Formación Santa Bárbara.- Cuanta con dos miembros: Miembro Inferior, que es una secuencia de tobas lapillíticas rosadas amarillentas a blanquecinas; Miembro Superior de lavas andesíticas basálticas columnares con alternancia con estratos piroclásticos (cenizas, escorias) (Morche & Larico, 1996). La edad de los volcánicos Santa Bárbara se consideran del Mioceno superior, basado en las dataciones radiométricas hechas por Mc Kee, et al. (1986) con edades de 6.7 ± 0.6, 7.7 ± 0.3 y 7.8 ± 1.2 Ma.

Intrusivo de Yanamina.- Se reconoció un cuerpo subvolcánico porfirítico dacítico levemente alterado (argilizado), que contiene fenos de plagioclasa ± anfíboles y micas (Foto 25).

Estructuralmente en la zona tenemos pliegues paralelos de orientación N-S, que afectan el Mesozoico recubiertos discordantemente por volcánicos con suaves buzamientos.

Geología Económica

En los volcánicos la mineralización se presenta en forma masiva, en crestones (mantos) de roca volcánica alterada, lixiviada en superficie y con un ligero bandeamiento, con una ligera argilitización y/o silicificación. Como mineralización tenemos pirita, esfalerita, pirita diseminada, baritina? en los niveles sedimentarios areniscosos (Foto 26)

Se tiene una veta falla irregular, alojada en andesitas argilitizadas, de unos 40 cm de potencia, con orientación 023° y buzando 80° al SE, con cuarzo, hematita y jaspe dentro de una matriz de panizo (Foto 27). Se ha encontrado además niveles de stock work (Foto 28).

Como minerales de mena solo se encontró esfalerita y como ganga cuarzo, pirita, hematita, baritina y jaspe.

Por su ubicación y características, estamos ante un depósito epitermal emplazado en rocas volcánicas cenozoicas y con presencia de algunos niveles sedimentarios, relacionados con la franja de depósitos epitermales del Au-Ag del Mioceno (Franja XXI).

Foto 25.- Intrusivo Pórfido dacítico de Yanamina.

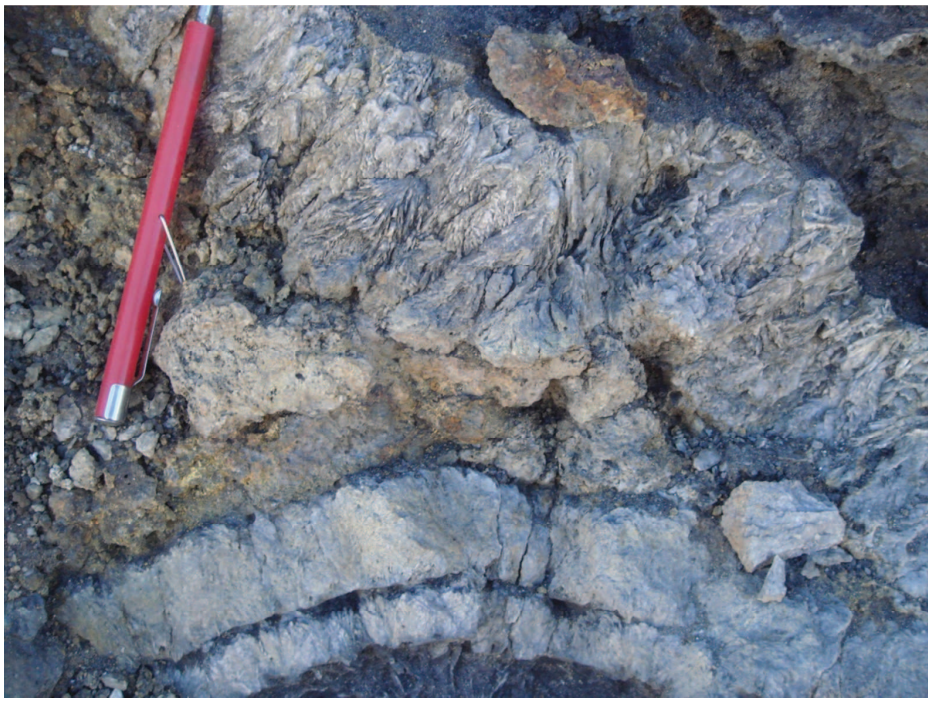


Foto 26.- Baritina con mineralización de pirita y esfalerita en los niveles de sedimentarios de Formación Chunumayo

Foto 27.- Veta de cuarzo cortando los volcánicos argilitizados de Fm. Santa Bárbara.

Foto 28.- Stock work en las lavas andesíticas argilitizadas.

3.6.3.- Mina Aparicio (Restauradora)

La ocurrencia Aparicio (Restauradora) es una antigua mina abandonada, que los lugareños denominan también como Restauradora, y está ubicada en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Huancavelica 26-n de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 506501 E y 8573992 N en datum WGS 1984.

La ocurrencia descrita, está cerca de la mina Restauradora, de fácil acceso desde la ciudad de Huancavelica, se continúa por la carretera a la Mina Santa Bárbara y Mina Yanamina y se continúa al sur hacia un desvío carrozable.

Marco Geológico

Estratigráficamente tenemos:

Grupo Pucará.- Secuencia calcárea constituida por calizas y calizas dolomíticas intercaladas con niveles areniscosos, lutáceos y volcánicos (Morche & Larico, 1996).

Formación Chunumayo.- Calizas micríticas grisáceas, intercaladas a los niveles superiores con areniscas y limoarcillitas (Morche & Larico, 1996)

Grupo Gollarisquizga.- Areniscas blancas y marrones sacaroideas.

En el interior de la mina se observó cómo roca caja, calizas negras masivas en textura wackstone, hacia el contacto con el Grupo Gollarisquizga. Estas calizas serían los equivalentes de Fm. Chunumayo y que en superficie forma estructuras brechosas por la meteorización (Foto 29).

Estructuralmente en la zona tenemos pliegues paralelos de dirección N-S

Geología Económica

La mineralización se presenta en forma de una veta-falla de cuarzo con limonita y pirita diseminada y panizo alojada en calizas (Foto 30) con orientación 195° y buzamiento de 85° al NO. Como ganga cuarzo y limonita.

Aparicio (Restauradora), también sería un depósito epitermal emplazado en rocas volcánicas cenozoicas y con presencia de algunos niveles sedimentarios, relacionados con la franja de depósitos epitermales del Au-Ag del Mioceno (Franja XXI).

Foto 29.- Estructuras brechosas en las calizas Mina Aparicio.

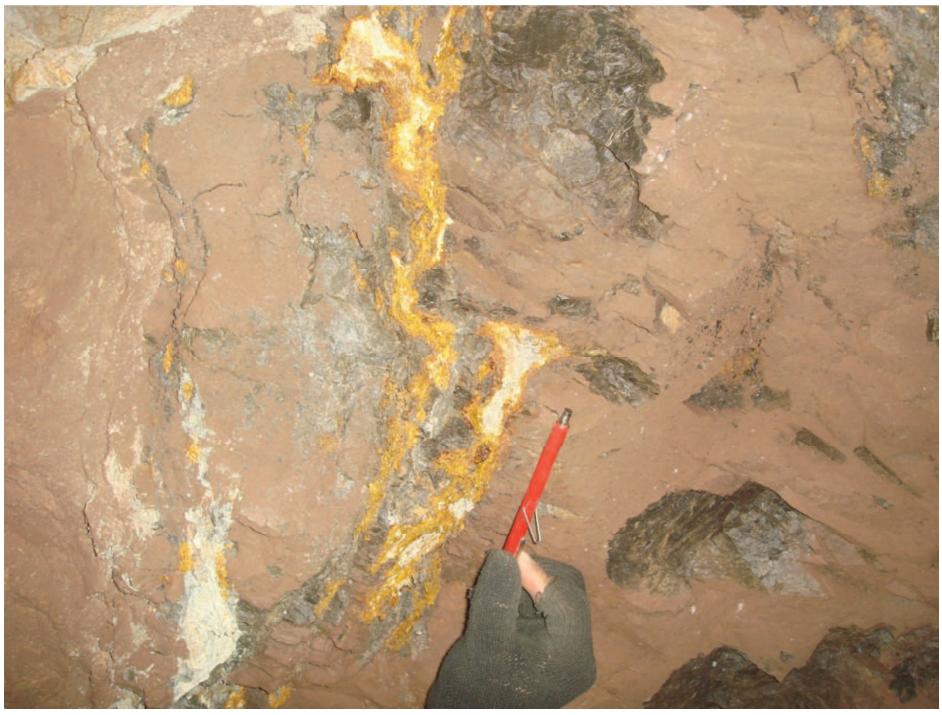


Foto 30.- Veta falla de cuarzo con limonita en las calizas de Formación Chunumayo en Mina Aparicio.

3.6.4.- Huajoto

Huajoto es un proyecto ubicado en el distrito de Nuevo Occoro, provincia y departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Conayca 26-m de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 490000 E y 8604462 N en datum WGS 1984.

Se accede fácil por la carretera de Huancayo-Izcuchaca, de donde se toma un desvío a Laria y desde allí hacia Huajoto en dirección SO.

Marco Geológico

Estratigráficamente tenemos:

Grupo Pucará.- Comprende una secuencia de calizas bien estratificadas grises. calizas bituminosas, areniscas calcáreas. La parte superior lo conforma la Formación Condorsinga de calizas grises bien estratificadas (Salazar & Landa,1993).

Grupo Gollarisquizga.- Areniscas gris blancas en estratos delgados, intercalados con lutitas negras (Salazar & Landa, 1993).

Formación Caudalosa.- Conjunto de rocas volcánicas con algunas intercalaciones lenticulares de piroclásticos y areniscas tobáceas. Lavas y brechas andesíticas (Salazar & Landa, 1993). Se ha reconocido tobas cristaloclásticas dacíticas y riolíticas alteradas en las inmediaciones de Huajoto.

Intruyendo a las calizas tenemos un intrusivo subvolcánico dacítico de matriz negra que forma un alteración argílica cerca al contacto con las calizas.

Geología Económica

La anomalía de suelo indica valores interesantes de Au, Ag y Mo en el epitermal de alta sulfuración; mientras el skarn tiene una anomalía de Zn, Cu, Au, Ag y Tierras Raras (Alturas Minerals Corp, 2011). .

La zona de skarn muestra una anomalía gravimétrica y radiométrica (Alturas Minerals Corp, 2011).

Las tobas presentan fuerte a moderada alteración argílica (Foto 31), así como niveles silicificados (Foto 32) y con cuarzo alunita (Alturas Minerals Corp, 2011). Como dato adicional, tenemos que la mayor alteración argílica en las rocas, ofrecen algunos indicios de valores radioactivos.

Cerca se emplaza un cuerpo intrusivo subvolcánico hospedado en calizas, y estaría relacionado al emplazamiento de skarn, en donde se ha reconocido granates.

Huajoto es considerado un epitermal de alta sulfuración de Au y Ag y un skarn de Zn (Alturas Minerals Corp, 2011). Los valores de muestras de suelo dan valores de 10 ppb de Au; 1.64% de Zn en 106.5 m, 0.09% de Cu entre 11.5 y 118 m y 7.28% de Zn en 4.4 m. (Alturas Minerals Corp, 2011).

El depósito estaría relacionado con la franja de depósitos epitermales del Au-Ag del Mioceno (Franja XXI).

Foto 31.- Tobas argilitizadas de los volcánicos Caudalosa.

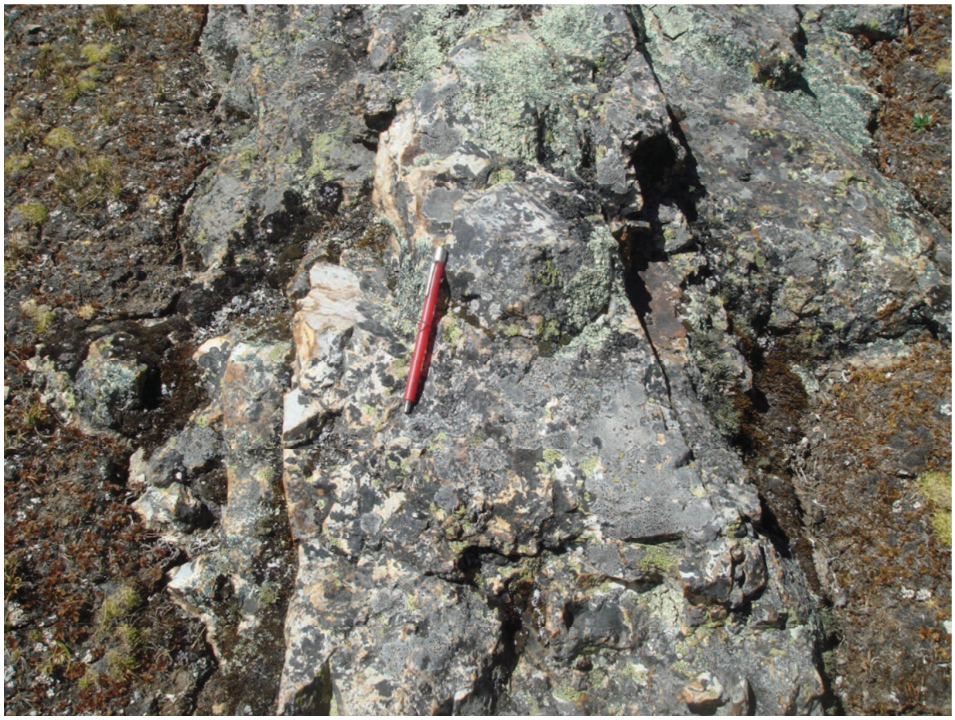


Foto 32.- Tobas silicificadas de los volcánicos Caudalosa.

3.6.5.- Chanca

La mina Chanca está ubicada en la provincia de Cajatambo, departamento de Lima. Está localizada en el flanco occidental de la Cordillera Occidental a una altura aproximada de 4700 m. Corresponde a la hoja de Oyon 22-j de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 294750 E y 8833350 N en datum WGS 1984.

Con referencia a la población de Oyón se ubica a 15 km. En línea recta hacia el NW y por carretera a 30 km. El acceso es por carretera y es como sigue:

Lima – Huacho-Sayán	178 km. de vía asfaltada
Sayán – Churín – Desvío Chanca	96 km. de vía afirmada
Desvío Chanca – Mina	24 km. de vía afirmada.

Marco Geológico

En términos generales, en el área se aprecian rocas sedimentarias cretácicas formadas por areniscas, lutitas y calizas. También se tienen rocas volcánicas cenozoicas formadas por lavas andesíticas, aglomerados volcánicos y una serie de diques de andesita porfirítica. El cuaternario está constituido por depósitos morrénicos y depósitos aluviales compuestos por clastos angulares de diversos tamaños formando conos aluviales y taludes de escombros (Zegarra, 1973).

La base de la secuencia estratigráfica lo constituye rocas cretácicas del Grupo Goyllarisquizga constituidas por areniscas cuarzosas, lutitas de varios colores y calizas interestratificadas con areniscas y lutitas (Foto 33). Seguidamente se tiene a las calizas Jumasha de color gris oscuro con estratificación gruesa y carencia de fósiles. El cenozoico está representado por el Volcánico Calipuy conformado por aglomerados volcánicos y lavas andesíticas. Finalizando esta secuencia se tienen a los depósitos morrénicos y aluviales (Zegarra, 1973).

Geología Económica

La mineralización se presenta en vetas que han sido formadas por fallas o simplemente rellenando fracturas. En superficie los afloramientos de las estructuras tienen longitudes que varían entre los 300 y 800 m. Las vetas en rosario son relativamente angostas y están alojadas en rocas volcánicas. Entre las principales vetas se tienen: Candelaria, Tarazca, Presilda y Yanacelly (Zegarra, 1973).

Zegarra (1973), describe una mineralización con un control netamente estructural. Este control está determinado por la gran cantidad de fracturas que han permitido la circulación de las soluciones mineralizantes; esto es evidente, ya que las zonas de mineral se presentan solamente en vetas por relleno de fracturas preexistentes (Foto 34).

Los minerales de mena son la galena, calcopirita, esfalerita, pirargirita, proustita y tetraedrita. Los minerales de ganga son la pirita, cuarzo, calcita y rodocrosita.

Foto 33.- Vista del campamento de la Mina Chanca.

Foto 34.- Veta Santa Rosa, veta de cuarzo con trazas de galena, pirita y calcopirita.

3.7.- Ocurrencias de U en rocas Magmáticas

3.7.1.- Fundo Carhuaz (Jarhuas)

Fundo Carhuaz es una mina abandonada ubicada en el distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica. Corresponde a la hoja de Pampas 25-n de la carta topográfica 1/100,000 del IGN. Geográficamente se ubica en las coordenadas UTM 529314 E y 8635644 N en datum WGS 1984.

Desde Huancavelica se llega por carretera asfaltada hasta la localidad de Izcuchaca, lugar desde el cual se continúa por vía sin asfaltar hasta los pueblos de Pampas, Carpapata, Jabonillos. Casi a medio kilómetro antes de llegar a Jabonillo se toma un trocha carrozable en dirección NO, la cual conecta a diversos pueblos y también hacia la mina.

Marco Geológico

Estratigráficamente tenemos en las inmediaciones:

Grupo Excelsior.- Areniscas, lutitas, pizarras y esquistos a los niveles inferiores (Guizado & Landa, 1966). Han sido correlacionadas con las limoarcillitas y areniscas negras y pizarras moteadas del Grupo Cabanillas (Cerrón & Ticona, 2002).

Grupo Mitu,- Se describe como una secuencia de arenisca rojizas y grises con un conglomerado arenoso intercaladas con lavas andesíticas (Guizado & Landa, 1966). En las cercanías de la mina se han descrito areniscas conglomerádicas rojas de clastos mal clasificados. Hacia la parte superior sobre 500 m encima de la mina, tenemos lavas y tobas con clastos y fenos.

Grupo Pucará.- Calizas grises intercaladas con lutitas negras (Guizado & Landa, 1966). En inmediaciones de la mina la caliza se encuentra fuertemente argilitizada.

Entre las rocas intrusivas tenemos:

Intrusivo de Villa Azul.- Granito y granodiorita blanco rosácea. Se han descrito circón y apatito (Guizado & Landa, 1966). Se le asume edad Permotriásica.

Intrusivo de Jabanillos.- Diorita gris clara con horblendas. Facies de diorita cuarcífera y presencia de biotita (Guizado & Landa, 1966). Se le asume edad Permotriásica.

Geología Económica

Entre las alteraciones predominantes tenemos lavas porfíricas, con fenos de feldespatos con arcilla, correspondientes a niveles alterados del Gpo. Mitu. y lavas dacíticas porfiríticas argilizadas y con óxidos pero menos alteradas que las anteriores. En base al análisis de anomalías en sedimentos de quebrada se ha encontrado una anomalía de La-Y-P-Be.

La mineralización se compone de venillas de carbonatos oscuros? de orientaciones 280° y 35° al NE (Foto 35) y 340° y 30° al NE contenidos en las lavas porfíricas alteradas del Grupo Mitu. Con parecida orientación que las venillas, tenemos una estructura de falla (Foto 36) con grosores de 4-6 cm y engrosamientos de 15 cm con material de relleno. Se han reconocido también venillas con epidota (Foto 37) en las inmediaciones.

Cerca tenemos a la mina Charol, que es un conjunto de vetas cortas de anchos de 10 cm que siguen los planos de estratificación de orientación 190°-220° y buzamientos de 40° al NO, en donde se ha reconocido malaquita, azurita, calcopirita, calcosita y bornita (Guizado & Landa, 1966). Valores en la mina Charol han dado leyes de Cu del 17.45% y 10.7 oz/t Ag (Guizado & Landa, 1966).

Foto 35.- Venillas de carbonatos cortando las areniscas del Grupo Mitu.

Foto 36.- Panizo de falla cortando las areniscas del Grupo Mitu.

Foto 37.- Venillas con epidota en las inmediaciones del Fundo Carhuas.

CAPITULO IV

PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

4.1.- Antecedentes

El presente capítulo, comprende la síntesis de información geológico-minera del Centro del Perú y que ha sido recopilada, estudiada e interpretada; con el objetivo de evaluar la distribución de concentraciones económicas de uranio, tierras raras (REEs) y sus posibilidades económicas.

La ubicación y características generales de ocurrencias de uranio en el Perú fueron recopiladas por el equipo de geólogos del departamento de metalogenia del Ingemmet y generó el reporte ejecutivo interno "Depósitos de Uranio en el Perú y su potencial económico" (Quispe, 2007).

La información base para este estudio fue proporcionada por el Ingemmet, comprendiendo Catastro, Proyectos Mineros, Geología Regional, Ocurrencias Minerales, Toponimia).

La información base de sedimentos de escorrentía y geocronología fue descargada de la web del Ingemmet y que es de disponibilidad general.

4.2.- Prospectividad por Uranio y REE.

El uranio es un elemento fundamentalmente litófilo muy concentrado en la litósfera superior, su radio iónico muy grande (103) no permite su entrada en cantidades importantes en los minerales petrográficos comunes por lo que su concentración se da en soluciones residuales fuertemente diferenciadas junto con las REEs, y por lo tanto se presenta en mayor concentración en las rocas ígneas de los últimos diferenciados (granitos y pegmatitas sieníferas).

Los depósitos de uranio se ubican en una gran variedad de ambientes geológicos y por su origen podemos considerar depósitos primarios y depósitos secundarios.

Los depósitos primarios más conocidos están asociados a vetas hidrotermales, cuerpos intrusivos graníticos, pegmatitas y ambientes neumatolíticos.

Los depósitos secundarios son entendidos como la reconcentración de uranio procedente de fuentes primarias debido a su gran solubilidad, por aguas meteóricas y/o subterráneas bajo condiciones de oxidación. El uranio en solución se presenta en forma hexavalente y precipita como uranio tetravalente al pasar a condiciones reductoras por presencia de materia carbonosa principalmente, así tenemos depósitos en areniscas, depósitos asociados a fosfatos y depósitos asociados a vanadio.

Para el Perú, el IPEN e INGEMMET han inventariado ocurrencias de uranio, de las cuales por su volumen destacan las de Macusani en Puno y Bayóbar en Piura, el primero asociado a rocas volcánicas y el segundo a depósitos de fosfatos.

El Ing. Raymond Rivera, geólogo de la Dirección de Metalogenia del Ingemmet, viene estudiando las ocurrencias de uranio del sureste del Perú y alguna de las conclusiones más importantes a las que viene llegando es que éstas están asociadas a rocas peraluminosas de edad Permo-Triásicas (Vilcabamba) cuyo origen sería primario y otras ocurrencias asociadas a rocas peraluminosas producto de una anatexia cortical Mio-Pliocénica (Macusani) de concentración secundaria.

Tanto Macusani como Vilcabamba, se ubican a lo largo de la Cordillera Oriental o cerca a ella, caracterizada por el afloramiento de cuerpos intrusivos que constituirían el eje axial del rift Permo-Triásico. Los estudios de R. Rivera, están mostrando que a lo largo de este eje se tienen cuerpos ígneos peraluminosos que a la fecha están indiferenciados y que son favorables a la concentración de uranio y REEs. Los cuerpos ígneos Permo-Triásicos por lo tanto constituyen un metalotecto por uranio y REEs debiendo identificarse aquellos de naturaleza peraluminosa.

4.2.1.- Áreas Prospectivas

Siendo Macusani un depósito probado de uranio, en este trabajo se ha analizado y compilado las características geológicas y geoquímicas de su entorno, éstas características (Tabla 1) y el conocimiento de las propiedades y distribución del uranio, han servido de base para la determinación de quince (15) áreas prospectivas por uranio y REE, enmarcadas dentro del GE27 (Tabla 2).

La base de sedimentos de escorrentía de Ingemmet no tiene resultados en uranio, por ello se proponen elementos guías que pueden llevar a ubicar estos depósitos.

4.2.1.1.- Caracterización Geoquímica de Sedimentos

Geoquímicamente Macusani se caracteriza por anomalías en elementos traza: La, Be, P e Y, y que podrían extrapolarse al mapa de Asociasión de anomalía geoquímica de P-La-Y-Be del área de estudio de este proyecto (Figura 4.1)

Destacan las correlaciones positivas de (1) La-P-Y, (2) Cu-Pb-Zn, (3) As-Hg, (4) Al-Co, (5) Mg-Mn-Co, (6) Al-K.

Otras anomalías presentes en el depósito se muestran en la Tabla N^{o} 1, las mismas que preferentemente se ubican al sureste de los volcánicos

Tabla N° 1.- Caracterización del Depósito de Uranio de Macusani

	CARACTERISTICAS MACUSANI	CARACTERISTICAS INTRUSIVOS ALEDAÑOS
Entorno Geológico	Volcánicos Peraluminosos Mio-Pliocénicos	Intrusivos Permo-Triásicos
Dominio Estructural	Altiplano	Cordillera Oriental
Ocurrencias Uranio	Si	Si
Franja Metalogenética	I Depósitos de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico, Silúrico, Devónico	I Depósitos de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico, Silúrico, Devónico
Anomalías Geoquímicas Significativas en Sedimentos Quebradas	La, Be, P, Y	La, Be, Al, K,
Anomalías Presentes	Pb, Sb, As, Hg, Sb, Mg, Pb, Na	Ni, Co, Mg, W
Anomalías Puntuales	Ag, Sr, Ca, Al, K, Au, Sc, Zr, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn, Sn	Na, Sr, P, As, Au, W,

Berilio

El Berilio es un elemento oxífilo típico y se encuentra concentrado en la corteza superior de la litósfera y tiene una tendencia pronunciada a presentarse en los estadios finales de la diferenciación magmática. Se conoce que el Be se concentra en los granitos y en las sienitas nefelínicas, así como en zonas de skarn formadas por los procesos neumatolíticos y metasomáticos en los contactos ígneos de las calizas.

El Berilio está caracterizando a la Cordillera Oriental entre las regiones de Puno y Junín, y probablemente se extienda hacia el NE (zona no revisada), con concentraciones anómalas que van entre los 1.4 y 50 ppm en sedimentos con sesgo a mayores concentraciones hacia el SE de la Cordillera (Figura 4.2).

El marco anorogénico de Macusani, caracterizado entre otros por la presencia de anomalías fuertes de Be (5-50ppm), se extendería hacia el NE, con concentraciones persistentes en el Batolito de San Ramón y zona anómala de Ayacucho, aunque con concentraciones más bajas (1.4-5.0ppm) respecto a Macusani.

Lantano e Ytrio

Son considerados elementos de las tierras raras (REEs), fuertemente litófilos, y ambos elementos muy afines con el fósforo y fluor.

Característicamente se encuentran en minerales accesorios de los granitos pegmatíticos y en pegmatitas de sienita nefelínica. También en óxidos múltiples que contienen Nb, Ta, Ti, U y metales de REEs. La monacita y la allanita son componentes minerales comunes de las rocas ígneas y contienen porcentajes significativos en La e Y. Otros minerales que contienen La e Y como componentes no esenciales son el apatito, fluorita, esfena, zircón, granate y biotita.

Estos elementos al igual que el Be están caracterizando la Cordillera Oriental con valores entre La: 30-700ppm e Y: 13-167ppm, destacándose la zona del Batolito de San Ramón por concentrar los valores más altos y persistentes de La: 30-700 La e Y: 13-167ppm (Figura 4.3 y Figura 4.4).

Macusani se caracteriza por anomalías moderadas de Y entre 13-80ppm y anomalías fuertes en La que van de 30-700ppm.

En el depósito de U Rabbit Lake, al sur de Lake Athabasca, se tiene flogopita con inclusiones en Y.

Fósforo

Rankama considera al P, por su abundancia, como un elemento siderófilo con una tendencia litófila pronunciada.

Un rasgo que caracteriza al P es el formar numerosos fosfatos con diversos cationes presentándose en las pegmatitas, rocas neumatolíticas e hidrotermales. El mineral más importante es el apatito y es el que concentra los mayores porcentajes de éste en las rocas ígneas, sólo una pequeña parte de P puede encontrarse fuera de las rocas ígneas y se da en particular durante las últimas fases del estadío principal de la cristalización. Entre ellos se encuentran los fosfatos de las tierras raras (por ejemplo la monacita).

Las anomalías de P en el GE-27 (Figura 4.5) se distribuyen preferentemente a lo largo de las cuencas sedimentarias Mesozoicas, sin embargo no son exclusivas de éstas encontrándose concentraciones en unidades intrusivas Permo-Triásicas.

En Macusani se encuentra asociado al La e Y formando entre los tres una correlación positiva que representaría la afinidad paragenética entre estos tres elementos. Las anomalías en P en Macusani son débiles a moderadas y están entre 0.14-0.40% P.

Dentro del área del GE27, se tiene la extensión noroeste del rift Permo-Triásico, constituyendo un área de prioridad 1 en la búsqueda de depósitos de uranio.

4.2.2.- Áreas Prospectivas por Uranio y REE

En base al área anómala que ocupan, intensidad de anomalías, entorno estructural, entorno geológico y ocurrencias de uranio conocidas, las áreas prospectivas (Tabla N° 2) por uranio se han agrupado en tres prioridades (Figura 4.6).

Tabla No 2.- Áreas Prospectivas por Uranio y REEs

PROSPECTO	ESTE	NORTE	Prioridad	Elemento Anómalo	Franja Metalogenética	Geología
AMBO	390000	8870200	2	La-Y-Nb	I	Intrusivos Permo-Triásicos Gneiss Precambrianos (aislados) volcano-sedimentarios Miocénicos
NIÑO PERDIDO	287600	8843000	3	La-P-Be	XX	Volcánico-sedimentarios Paleógeno-Neógenos Sec sedimentarias marinas K
CERRO DE PASCO COLQUIJIRCA	389200	8815000	1	La-Y-P	XXI-III-I	Sec Sedimentarias marinas Triásico sup-Jurásico inf Por el Este Intrusivos Permo-Triásicos Sedimentarios Pérmicos continentales. Neiss Precambrianos
SAN ALBERTO	441000	8838000	2	La-Y-P-Be-Nb	I-XVI	Intrusivos Permo-Triásicos (aislados) Volcano-sedimentarios Miocénicos
VILLA RICA	460000	8811000	3	P-Y	XVI	Sec. Sedimentarias marinas Triásico sup-Jurásico inf Secuencias Sedimentarias marinas Cretáceo inferior-superior
SANTA ROSA VIRGEN PERPETUO SOCORRO	299000	8719000	1	La-Y-P-Be	XI-IX	Batolito Costa (Santa Rosa) Secuencias Volcano-sedimentarias marinas del Cretácico inferior-sup
CHICLA	351700	8707500	3	P-Be	XXI	Volcano-sedimentarios continentales Paleógeno-Neógenos Secuencias sedimentarias marinas Cretáceo inferior – superior
HUARON ALEJANDRIA MOROCOCHA	404000	8728000	1	La-Y-P-Be	XVII	Secuencias sedimentarias Marinas Triásico superior-Jurásico Inferior Secuencias sedimentarias marinas Cretáceo Inferior-superior
JANCHISCOCHA SAN VICENTE	499600	8736000	1	La-Y-P-Be-Nb	I-III	Intrusivos Permo-Triásicos Gneiss Precambrianos
TANTA	405000	8659000	3	P-La	XXI	Secuencias sedimentarias marinas Cretáceo inf-superior Intrusivos Neógenos

MOYA PUCAJAJA HUANCAVELICA	488000	8607000	2	La-Y-P-Be	XXI	Secuencias sedimentarias marinas Triásico sup-Jurásico Inf Volcáno-sedimentarios contin.
OCORO FUNDO JARHUAS	530500	8602000	2	La-Y-P-Be	XVII	Secuencias sedimentarias marinas Triásico superior-Jurásico Inferior Secuencias continentales Pérmico
SAN PEDRO DE CORIS COBRIZA	577000	8600000	2	La-P-Be	III-XVIII	Secuencias sedimentarias marinas Carbonífero superior-Pérmico Intrusivos Permo-Triásicos Al oeste secuencias volcano-seds continentales Miocénicas
RESTAURADORA DORITA	482300	8571000	3	La-P	XXI	Secuencias volcano-sedimentarias continentales Neógenas
AYACUCHO	605400	8532000	1	La-Y-P-Be	XVII	Norte: Secuencias volcano-sedimentarias del Mioceno Centro y Sur: Intrusivos Permo-Triásicos Secuencias sedimentarias del Carbonífero superior-Pérmico

En base al área anómala que ocupan, intensidad de anomalías, entorno estructural, entorno geológico y ocurrencias de uranio conocidas, las áreas prospectivas por uranio se han agrupado en tres prioridades.

Prioridad 1:

Janchiscocha-San Vicente

Se accede al área por el norte (1) Bordeando el prospecto: Vía Asfaltada La Oroya – Satipo (2) Por el centro cortando el prospecto: Huancayo-Concepción-Santa Rosa de Ocopa (Vía asfaltada) – Satipo (vía afirmada)

Esta área prospectiva está definida por anomalías en Nb, Y, Be,La y P.

La distribución de anomalías y asociaciones dentro de ésta área, se describen a continuación:

a) Nb, Y, Be, La

Se ubican preferentemente en el sector norte del prospecto y procederían de la parte central del Batolito de San Ramón (501,000E – 8´750,000N). Anomalías moderadas y persistentes en Nb (10-50ppm) y puntualmente fuertes (50-168ppm). Acompaña al Nb el Y, con anomalías débiles persistentes (30-80ppm) y puntualmente anomalías moderadas a fuertes (80-167ppm); asimismo se tienen anomalías en Be de

intensidades débiles a moderadas (1.4-5.4ppm). También anomalías moderadas a fuertes de La (15-702ppm) persistentes. El La, Nb, Be e Y caracterizarían a este Batolito.

b) Mg, W, P

Anomalías moderadas a fuertes (1-5.19% Mg), persistentes, que se ubican en el sector oeste y sur del prospecto. Junto a estas anomalías se tienen anomalías débiles de W.

El P también se encuentra en esta zona, con anomalías moderadas a fuertes (0.21-1.98%) pero concentrada en dos áreas: (1) Al suroeste (469000E-8´695,000N) sobre rocas calcáreas del Gpo. Pucará y (2) Al sureste (535,000E-8´700,000N).

c) Zn, Pb, Cd:

Anomalías altas a moderadas (500-1526ppm Zn) y un valor puntual >1%Zn. Caracteriza las rocas carbonatadas del Gpo. Pucará (Triásico superior – Jurásico inferior). En los alrededores a la mina San Vicente (457,500E -8´759,000N) y franja de rocas carbonatadas con coordenada central 464,000E-8´701,500N. Junto anomalías moderadas de Pb y puntuales de Cd.

d) Ti, Fe, Sc, Zr, Co:

Se tienen anomalías moderadas y persistentes de Ti (0.31-1%). Se ubica ampliamente en el sector Este del prospecto y procedería del cuerpo ígneo Permo-Triásico. Esta acompañado de anomalías débiles de Fe (1-10%), anomalías moderadas de Sc (7-14.2ppm), anomalías débiles de Zr (10-44.8ppm) y anomalías débiles de Co (20-50ppm) en las áreas noreste y sur.

e) Mn

Anomalías moderadas (1000-8180ppm) puntuales. Se ubican preferentemente al SO del prospecto donde se tienen afloramientos de gneiss Pre-Cambrianos e intrusivos Permo-Triásicos

f) Mo

Anomalías débiles a moderadas (20-64ppm), puntuales. Al SO del prospecto donde afloran rocas ígneas Permo-Triásicas. También por el norte al Este de la mina San Vicente, sobre cuerpos ígneos Permo-Triásicos. Junto a estas anomalías se tiene Cu y Ga.

g) Cu

Otras anomalías moderadas (100-500ppm), puntuales de Cu se ubican al NE del prospecto (521,000E-8´769) y al sur del mismo (521,000N-8´684,000)

h) Ni

Anomalías moderadas a débiles (50-194ppm). Se ubican preferentemente en el sector sur del prospecto y estarían asociadas a rocas sedimentarias del Carbonífero inferior – Pérmico.

i) S

Anomalías moderadas (0.16-0.87%) puntuales, en el norte y sur del prospecto: (1) Este de la mina San Vicente en rocas ígneas Permo-Triásicas (~463,000E-8´760,000N) y (2) Alrededores del poblado de Andamarca (~521000E-8´703000N) donde afloran gneiss Pre-cambrianos y secuencias sedimentarias Carbonífero superior-Pérmico.

j) Sn

Anomalías moderadas (10-40ppm). Se ubican en la base de quebradas que coincide con el límite norte y noreste del prospecto.

Huaron-Alejandria-Morococha

Esta zona está cortada por las vías asfaltadas Carretera Central - La Oroya, por el norte La Oroya-Cerro Pasco, por el sur La Oroya-Huancayo y por el Este La Oroya-La Merced.

Se encuentra al Este de las ocurrencias de uranio conocidas como Alejandría y Huarón

Esta área ha sido definida por anomalías en La, Y, P, Be (Láminas N^{o} 7i, 7u, 7n, 7d): , las que están enmarcadas en afloramientos de secuencias sedimentarias marinas Mesozoicas.

Esta área prospectiva en uranio ha sido definida por anomalías de P entre 0.14-0.65%. Acompaña a las anomalías de P el Y : (13-34.4ppm) por el sector sur y al norte y sur de forma puntual (13 y 30ppm). Al este de Huarón se tiene La con valores de hasta 78ppm. Puntualmente se tienen dos anomalías de Be (1.9 y 2.5ppm).

Incluye minas polimetálicas vetiformes como son Huarón, Morococha, San Cristóbal, entre otras; y geoquímicamente este carácter está reflejado por anomalías de Zn, Cu, Pb, As y S en sedimentos de quebradas, características que se extienden principalmente por el sur del área prospectiva.

Otros elementos anómalos en esta área son el Ba, Sr, Ca, Mg y Mn que reflejarían la naturaleza sedimentaria de las rocas sedimentarias, principalmente calcáreas.

El Bi es otro elemento característico de esta zona, este elemento es conocido como elemento guía de depósitos de skarn.

Consideramos que la mayor prospectividad de esta zona la tiene el sector oriental, donde hay carencia de elementos asociados a mineralizaciones polimetálicas, sin

embargo los alrededores a las minas Huarón y Morococha no deben excluirse de ser evaluadas por uranio pues figuran como ocurrencias por este elemento.

Ayacucho

Esta área limita por el sur con la Deflexión de Abancay (Sistema Curahuasi-Chincheros) y es zona de convergencia de fallas regionales destacando el sistema Ayacucho-Cerro de Pasco.

Esta área prospectiva está enmarcada en el bloque estructural formado por las fallas regionales Lircay (NS) por el norte, Ayacucho-Cerro de Pasco (NW-SE) por el Este y Curahuasi-Chincheros (W-E) por el sur.

Las vías de acceso son la carretera asfaltada Pisco-Ayacucho (Los Libertadores – Huari), y la vía afirmada Ayacucho-Abancay.

Área prospectiva está definida por anomalías de La (Lámina N° 7i) y Be (Lámina N° 7d), y puntualmente por Y (Lámina N° 7u) y P (Lámina N° 7n).

En ésta área predominan los afloramientos de rocas volcánicas continentales Paleógenas - Neógenas y cuerpos plutónicos Permo-Triásicos (de manera similar a Macusani). Al Este del área también se tienen afloramientos sedimentarios de edad Paleozoica y del Cretácico superior.

Las anomalías de La se ubican a lo largo de toda el área destacándose las concentraciones más altas al Este del sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco, con valores entre 30-116ppm, relacionadas a los intrusivos Permo-Triásicos. Al oeste del área las concentraciones van de 30-50ppm Be.

Las anomalías de Be se ubican preferentemente, pero no exclusivamente, entorno a los cuerpos plutónicos, al Este de sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco, de intensidad débil pero persistente entre 1.4-2.5ppm Be y puntualmente hasta 5ppm Be.

Las anomalías de La se ubican a lo largo de toda el área destacándose las concentraciones más altas al Este del sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco, con valores entre 30-116ppm, relacionadas a los intrusivos Permo-Triásicos. Al oeste del área las concentraciones van de 30-50ppm Be.

Las anomalías de P están restringidas al cuerpo ígneo ubicado al noreste del área (613,200E-8´550,000N), con 0.22% P y 0.24% P.

El Y también está asociado a los cuerpos intrusivos con concentraciones entre 13-88.4ppm, y se ubican tanto al Este como al oeste del sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco.

Esta área además se caracteriza por carecer de anomalías de metales base lo cual acentúa el carácter prospectivo por uranio y REEs, junto con el intrincado sistema estructural y unidades litológicas favorables, similares a Macusani.

Santa Rosa-Virgen Del Perpetuo Socorro

Esta área se ubica en el sector occidental central del área del GE27 y es la más próxima a la ciudad de Lima.

Las vías de acceso principales son la carretera central (Lima-La Oroya) y la carretera Lima-Canta.

Está definida principalmente por anomalías de P entre 0.21-0.58% asociadas a cuerpos intrusivos del Batolito de la Costa (Cretácico superior).

En el sector norte se tienen anomalías débiles a moderadas de Y entre 13-58.7ppm, La entre 30-50ppm y anomalías débiles en Be de 1.4-2.5ppm.

Otras anomalías moderadas de La (30-50ppm), se ubican en torno al poblado de Yangas y al poblado de Santa Eulalia, en los sectores central y sur del proyecto respectivamente.

En el área del prospecto figuran dos ocurrencias de uranio (Santa Rosa y Virgen del Perpetuo Socorro), las mismas están enmarcadas dentro de cuencas anómalas de los elementos descritos.

Se postula la presencia de uranio en pegmatitas graníticas en ésta área, aspecto que deberá ser revisado en trabajos de campo. Esta área también es interesante ya que como se discutió en los acápites precedentes, el La, Y e Be caracterizan principalmente a la Cordillera Oriental pero en éste proyecto localmente forman una "anomalía" dentro de cuerpos ígneos batolíticos relacionadas o la subducción andina.

Cerro De Pasco-Colquijirca

Las vías de acceso parten de la ciudad de Cerro Pasco. Vías afirmadas Cerro de Pasco-Atacocha por el norte, Cerro de Pasco – Huachón por el centro, Cerro de Pasco -Carhuamayo-Paucartambo por el sur y sur-este.

Área definida por anomalías en P, Y y La, con ausencia de Be.

Se distinguen dos sectores anómalos: (1) Sector oriental con predominio de anomalías de P donde destacan rocas sedimentarias carbonatadas del Jurásico superior y mineralizaciones polimetálicas en mantos relacionadas al sistema estructural Ayacucho-Cerro de Pasco y emplazamiento de stocks Miocénicos destacando el Complejo Marcapunta. Se tienen las minas de Cerro de Pasco y Colquijirca en las que hay registros de uranio. (2) Sector occidental caracterizado por anomalías de La, Y e Nb sobre rocas intrusivas Permo-Triásicas y metasedimentos Paleozoicos. El Nb es otro elemento que caracteriza a la Cordillera Oriental, el mismo que no fue analizado en la Franja 3 por lo que se desconoce su presencia en Macusani.

a.- Sector Oriental

Las anomalías de P son débiles a moderadas y van de 0.14-0.33% P. El carácter polimetálico de esta zona esta evidenciado por las anomalías de Cu, Pb, Zn, Ag.

b.- Sector Occidental

Las anomalías de La van de 31-50ppm La, de forma persistente al Este del proyecto, junto a Au (100-670ppb), Mn (1000-2000ppm). Al norte del poblado de La Victoria (396,000E-8'813,000N) se tienen anomalías en Y con anomalías moderadas entre 13-61.7ppm junto a anomalías moderadas en Nb (20-50ppm), Ni (50-150ppm), puntualmente Mo (23ppm) y W (31ppm).

Esta área anómala podría tener concentraciones primarias en uranio y REEs en el sector oriental.

Las descripciones del uranio presente en los mantos de pirita en las minas Cerro de Pasco y Colquijirca deberán evaluarse a fin de determinar su filiación hidrotermal.

Prioridad 2:

San Alberto

Esta área está definida por anomalías de Y, La y Nb con anomalías puntuales en Be y P.

Se ubica al Este de la ciudad de Oxapampa de donde parte la vía afirmada Oxapampa-Huancabamba hacia el norte.

En ésta área se tiene una ocurrencia de uranio del mismo nombre donde se ha descrito radioactividad en vetillas de calcopirita-pirita-galena-esfalerita, emplazadas en fracturas en filitas, cerca al contacto con cuarcitas.

Las anomalías de La, Y e Nb son débiles a moderadas (30-50ppm La, 13-30.8ppm Y, 5-12ppm Nb).

Carece de anomalías en metales base. El Be se ubica al oeste, fuera de la zona de anomalías principales con concentraciones débiles entre 1.4-2.5ppm Be.

Son notables la presencia de anomalías en Ti (0.31-0.50%), V (100-300ppm).

Ocoro-Fundo Jarhuas

Está definida por anomalías de La por el norte, con anomalías puntuales en P por el sur y de Y al norte y sur.

Para acceder a esta área puede partirse de la ciudad de Huancavelica tomando trochas carrozables hacia el Este en dirección a los poblados de Puca Cruz. Otra vía Huancavelica-Izcuchaca (norte) – Quichuas (Este) – Andabamba (Sureste).

Fuera de esta área prospectiva por el norte se tienen registradas las ocurrencias de uranio Ocoro y Fundo Jarhuas.
Las anomalías de P alcanzan hasta 0.49% P, La va de 30-50ppm y el Y alcanza hasta 38.9ppm
Geológicamente por el sur predominan rocas sedimentarias marinas carbonatadas del Jurásico superior y por el norte secuencias metasedimentarias Paleozoicas con cuerpos ígneos Permo-Triásicos.

San Pedro De Coris-Cobriza

Se accede a la zona partiendo de la ciudad de Huancayo por la vía afirmada Huancayo-Pampas-San Pedro de Coris (próximo a la mina Cobriza).
En el sector suroeste afloran secuencias volcano-sedimentarias del Mioceno y en menor proporción rocas carbonatadas del Jurásico superior. Estas unidades en contacto fallado por el sistema Ayacucho-Cerro de Pasco limitan con rocas más antiguas por el Este, donde dominan unidades sedimentarias Paleozoicas y de forma restringida cuerpos intrusivos Permo-Triásicos.
Esta área prospectiva ha sido definida por anomalías en P de 0.14% a 0.32% por el suroeste y por anomalías de La de 30-50ppm, acompañadas puntualmente por anomalías débiles de Be de 1.4 a 2.5ppm por el noreste.
El carácter polimetálico de la mina Cobriza no ha sido evidenciado con los resultados geoquímicas de sedimentos de escorrentía.

Ambo

Se ubica en el límite norte del área del GE27. Las vías de acceso que pueden emplearse en acceder a este prospecto son la vía asfaltada Lima-La Oroya-Huánuco, o vía asfaltada Lima-Huacho-Sayán continuando por la vía afirmada Sayán-Churín-Ambo.
Está definida por anomalías en La de 30 a 100ppm, Y de 13 a 80ppm y Nb de 10 a 20ppm. Destacan anomalías de Ga de 22 y 23ppm y anomalías débiles de Ni de 50 a 100ppm y W de 10 a 30ppm.

Moya-Pucajaja-Huancavelica

El acceso a esta área prospectiva puede realizarse a través de la vía asfaltada Huancayo-Huancavelica.
Está definida por anomalías en P, Y, La y Be. En el área se tiene el predominio de rocas sedimentarias carbonatadas Mesozoicas y de forma restringida de secuencias volcánicas Paleógenas y Neógenas.

Está enmarcada entre los sistemas estructurales regionales de San José de Quero al oeste y por el sistema Huancavelica-La Oroya por el Este, formando un bloque estructural característico.

El fósforo se presenta con anomalías moderadas persistentes entre 0.21-0.40% P. Anomalías puntuales de Y con anomalías débiles (13-30ppm) se ubica en los alrededores al poblado de Nuevo Ocoro (497,700E-8'607,500E). Una anomalía de La de 35ppm y puntualmente berilio entre 1.4-2.5ppm Be.

Esta área también se caracteriza por anomalías moderadas y persistentes en Hg entre 1 y 55ppm coincidiendo el valor más alto con las anomalías de Be. La presencia de Hg evidencia la metalogenia del área y su cercanía con el depósito de Hg de Santa Bárbara, al sureste.

Prioridad 3:

Niño Perdido

Se encuentra al noroeste del poblado de Oyón, en los alrededores de Cajatambo (281,600E-8'842,500N) y puede accederse a este prospecto empleando la vía afirmada Sayán-Churín-Oyón.

Está definido por anomalías débiles pero persistentes en P de 0.14 a 0.20%, con anomalías puntuales en La de 34.4ppm y Be de 1.5 a 1.6ppm en la periferia de la anomalía de P.

Esta área enmarca la ocurrencia de uranio, de mismo nombre, en donde la radioactividad fue detectada en una concentración de pirita granular.

Villa Rica

Área prospectiva ubicada entre San Alberto y Janchiscocha. Puede accederse por la vía asfaltada La Oroya-La Merced, tomando luego la vía afirmada hacia el poblado de Villa Rica.

Está definida por una anomalía fuerte de 0.58% P y una anomalía débil de 20.6ppm Y, así como su cercanía a los otros prospectos mencionados en el párrafo anterior.

Chicla

Se encuentra al noroeste del poblado de San Mateo (350,400E-8'709,500N) y se accede al lugar mediante la carretera Central Lima-San Mateo.

Está definida por anomalías de P de 1.4 a 1.2%P y anomalías débiles de Be de 1.4 a 2.5ppm.

Tanta

Se accede siguiendo la vía asfaltada San Vicente de Cañete-Lunahuaná, continuando por la vía afirmada Lunahuaná-Tomás.

Está definida por anomalías de P de 0.13 a 0.25% y anomalías débiles de La de 15 a 36.5ppm, afectando rocas sedimentarias Cretácicas. El Lantano está enmarcado en un cuerpo intrusivo de edad Neógena.

Restauradora-Dorita

Se puede acceder al área siguiendo dos vías principales: (1) Huancavelica-San Genaro (2) Pisco-Huancano-San Genaro.

Está definida por dos anomalías de La de 16.3 y 35.2ppm y una anomalía de P de 0.22% en un entorno de rocas sedimentarias Cretácicas y rocas volcánicas Paleógenas-Neógenas, cortadas por stocks Neógenos.

4.3.- Prospección para Depósitos Polimetálicos

4.3.1.- Áreas Prospectivas para Depósitos Polimetálicos

En base a los sedimentos de quebrada se ha confeccionada el mapa de áreas prospectivas para depósitos minerales (Figura 4.7).

4.3.1.2.-Caracterización Geoquímica de Sedimentos por Depósitos Polimetálicos.

Para la caraterización geoquímica de los sedimentos de quebrada por depósitos minerales de utiliza las muestras recolectadas durante la prospección geoquímica regional realizadas por el Iingemmet entre 2001 y 2004 (Figura 4.8) y cuyo resultado es el mapa de áreas prospectivas.

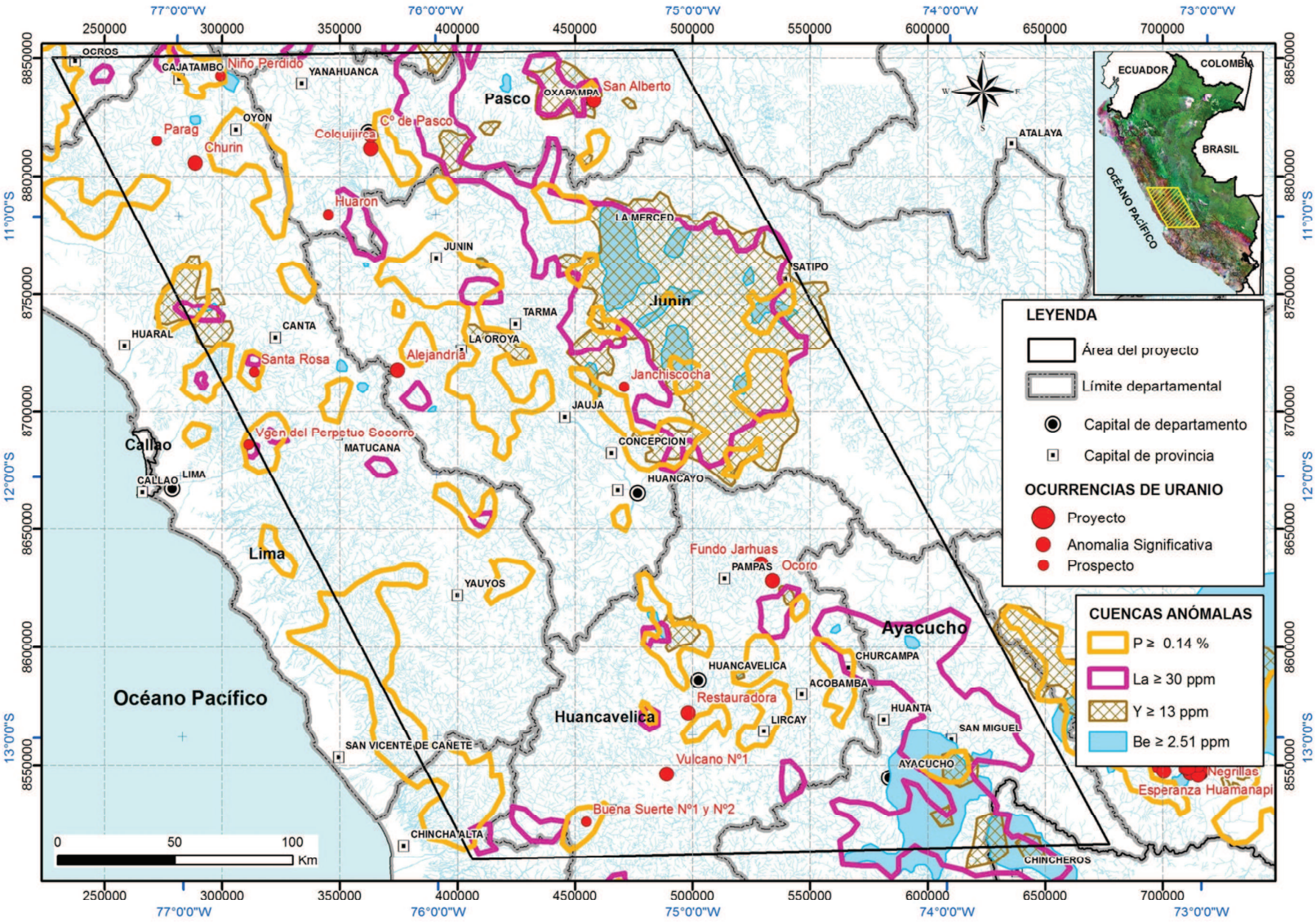


Figura 4.1.- Asociasión de anomalía geoquímica de P-La-Y-Be del área de estudio.

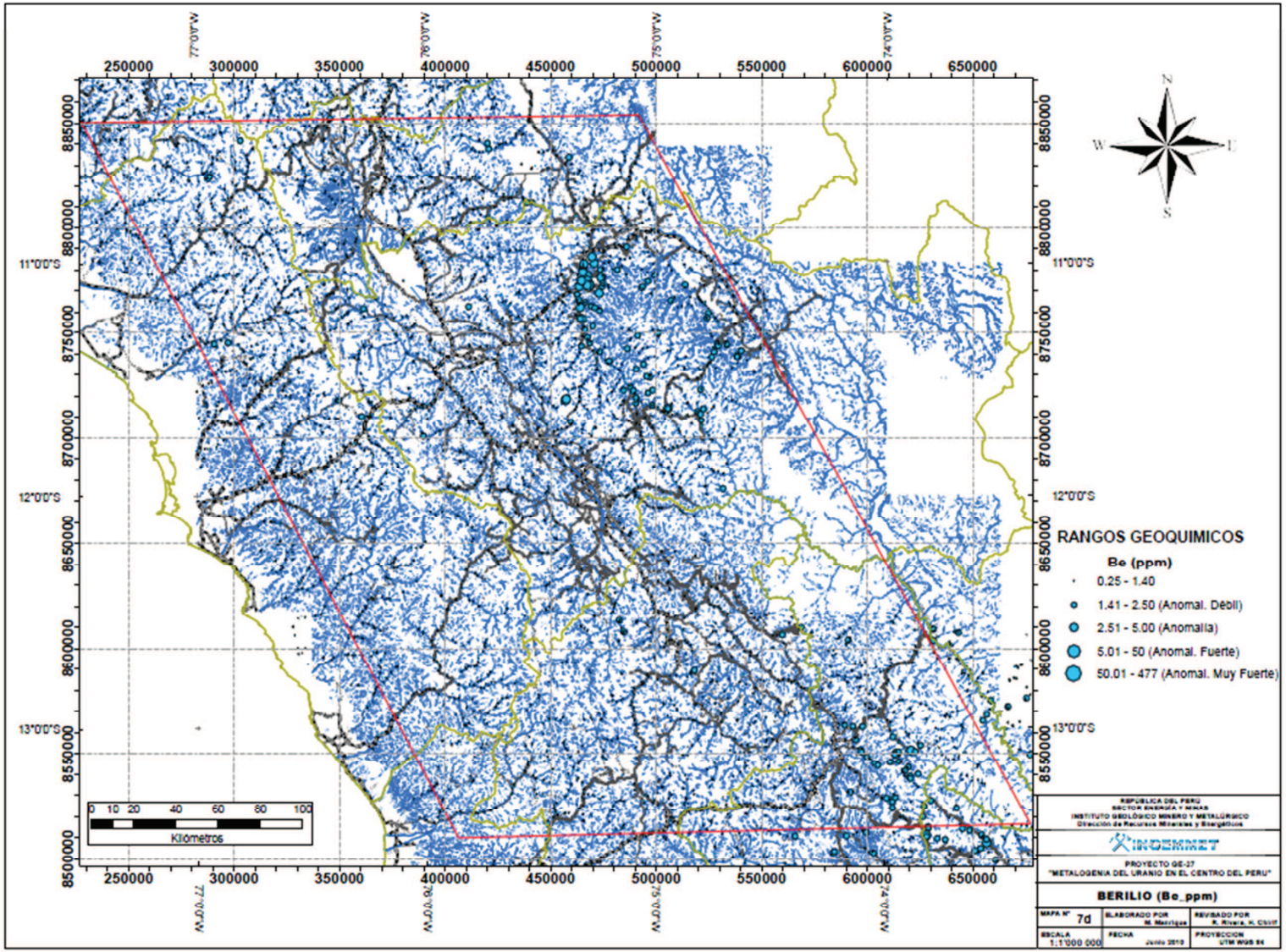


Figura 4.2.- Anomalías geoquímicas de Be del área de estudio.

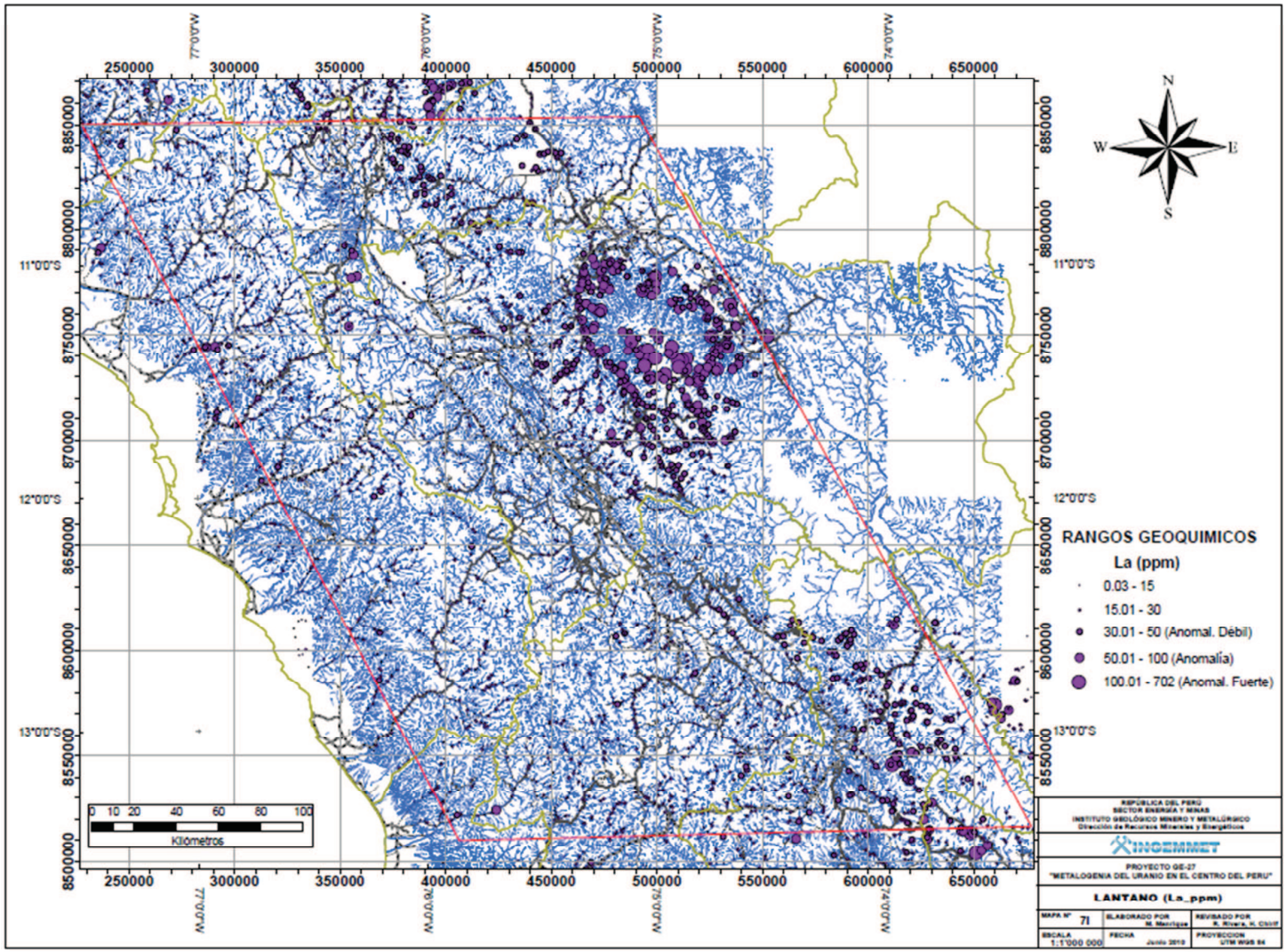


Figura 4.3.- Anomalías geoquímicas de La del área de estudio.

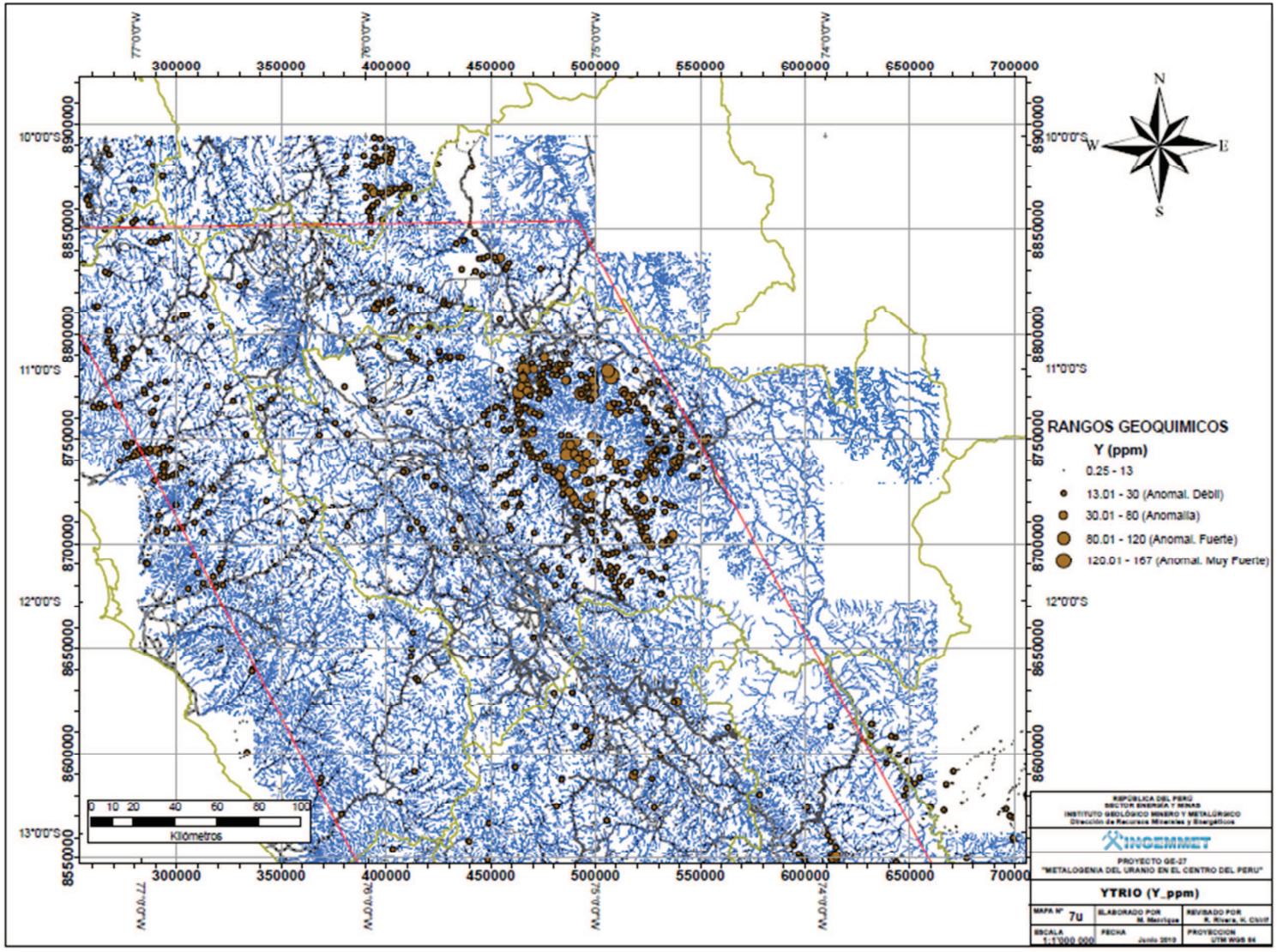


Figura 4.4.- Anomalías geoquímicas de Y del área de estudio.

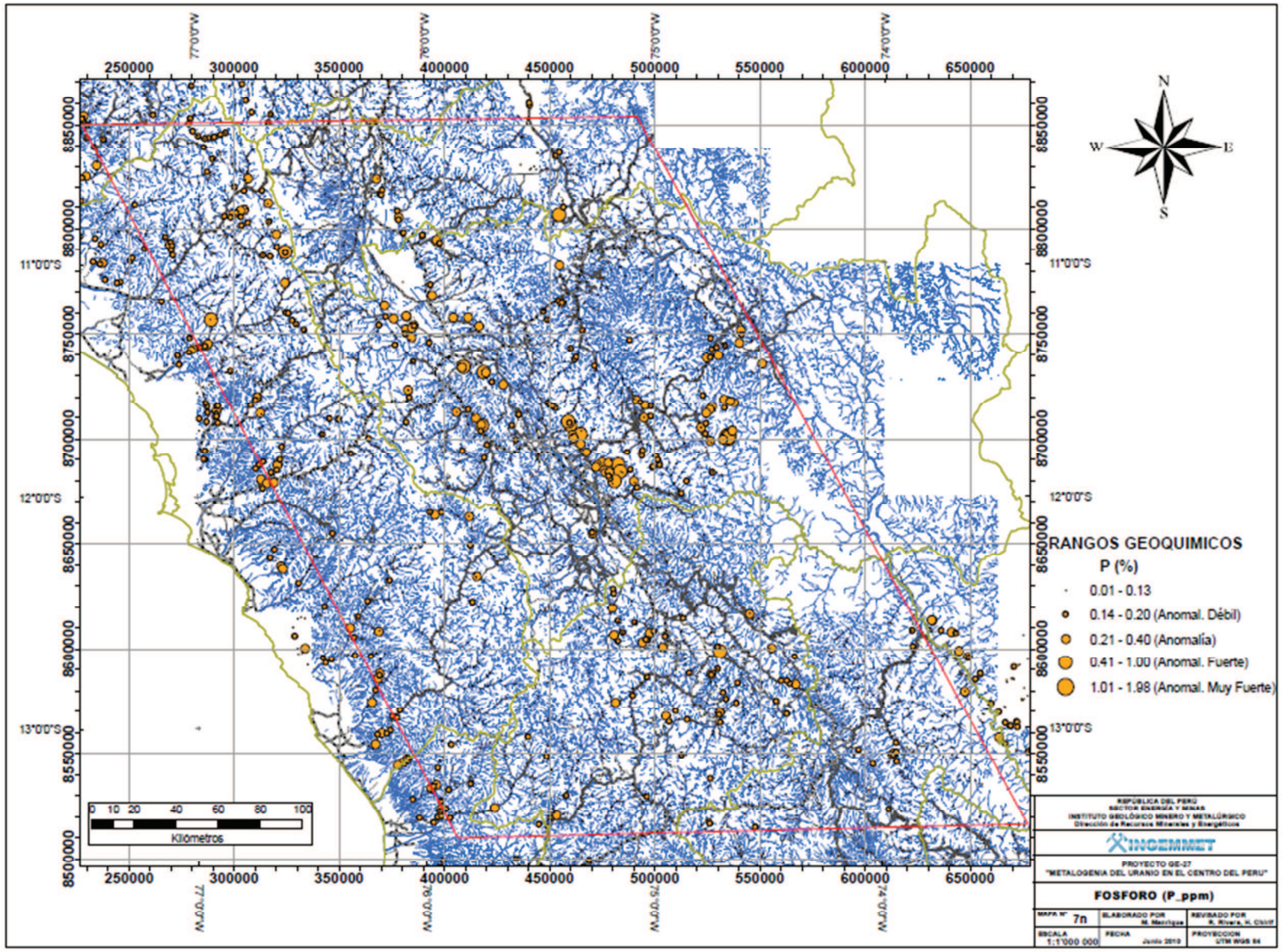
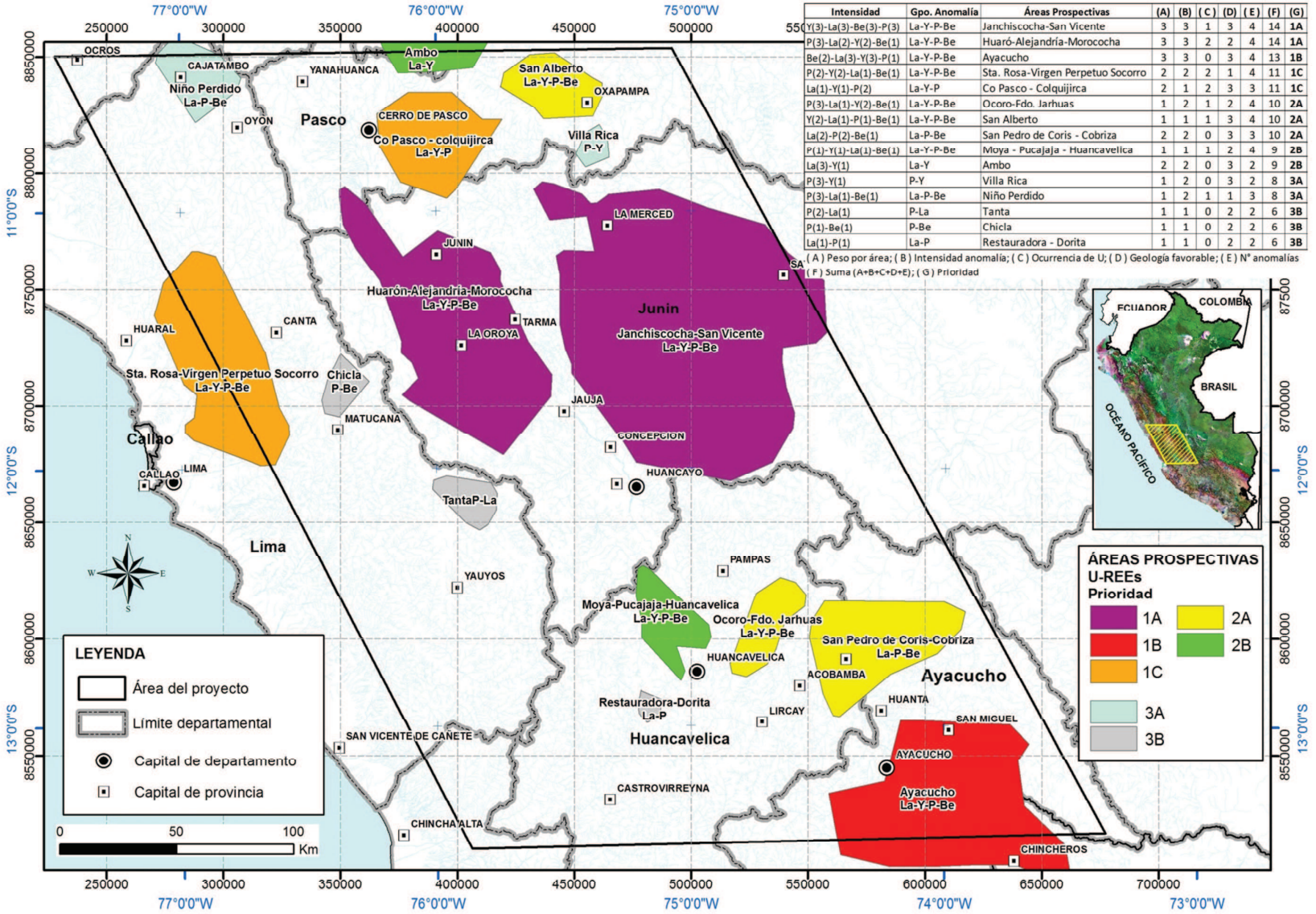


Figura 4.5.- Anomalías geoquímicas de P del área de estudio.



Intensidad	Gpo. Anomalía	Áreas Prospectivas	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)
Y(3)-La(3)-Be(3)-P(3)	La-Y-P-Be	Janchiscocha-San Vicente	3	3	1	3	4	14	1A
P(3)-La(2)-Y(2)-Be(1)	La-Y-P-Be	Huaró-Alejandría-Morococha	3	3	2	2	4	14	1A
Be(2)-La(3)-Y(3)-P(1)	La-Y-P-Be	Ayacucho	3	3	0	3	4	13	1B
P(2)-Y(2)-La(1)-Be(1)	La-Y-P-Be	Sta. Rosa-Virgen Perpetuo Socorro	2	2	2	1	4	11	1C
La(1)-Y(1)-P(2)	La-Y-P	Co Pasco - Colquijirca	2	1	2	3	3	11	1C
P(3)-La(1)-Y(2)-Be(1)	La-Y-P-Be	Ocoro-Fdo. Jarhuas	1	2	1	2	4	10	2A
Y(2)-La(1)-P(1)-Be(1)	La-Y-P-Be	San Alberto	1	1	1	3	4	10	2A
La(2)-P(2)-Be(1)	La-P-Be	San Pedro de Coris - Cobriza	2	2	0	3	3	10	2A
P(1)-Y(1)-La(1)-Be(1)	La-Y-P-Be	Moya - Pucajaja - Huancavelica	1	1	1	2	4	9	2B
La(3)-Y(1)	La-Y	Ambo	2	2	0	3	2	9	2B
P(3)-Y(1)	P-Y	Villa Rica	1	2	0	3	2	8	3A
P(3)-La(1)-Be(1)	La-P-Be	Niño Perdido	1	2	1	1	3	8	3A
P(2)-La(1)	P-La	Tanta	1	1	0	2	2	6	3B
P(1)-Be(1)	P-Be	Chicla	1	1	0	2	2	6	3B
La(1)-P(1)	La-P	Restauradora - Dorita	1	1	0	2	2	6	3B

(A) Peso por área; (B) Intensidad anomalía; (C) Ocurrencia de U; (D) Geología favorable; (E) N° anomalías
(F) Suma (A+B+C+D+E); (G) Prioridad

Figura 4.6.- Mapa de Áreas Prospectivas por Uranio y REE del Área de estudio.

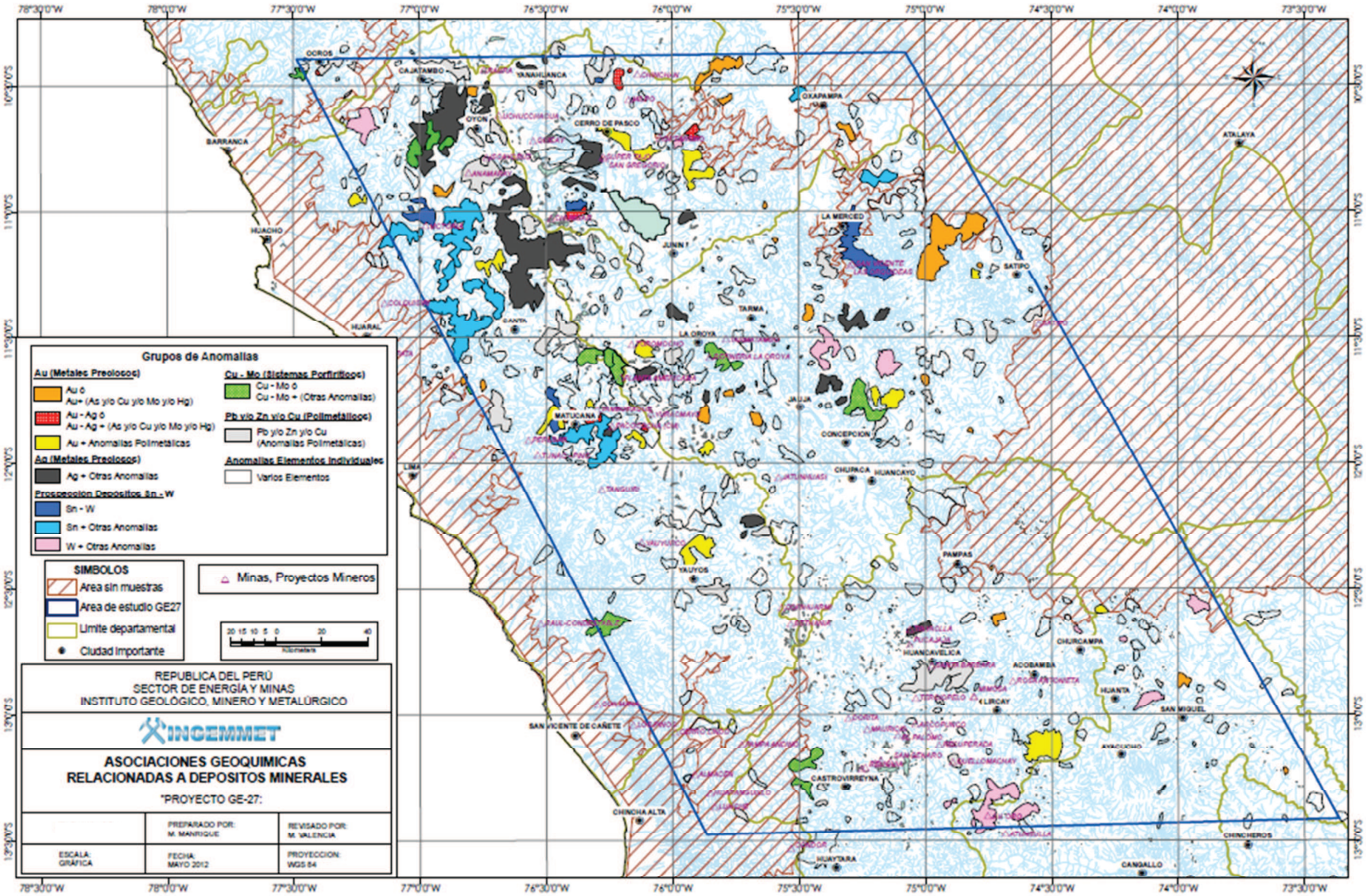


Figura 4.7.- Mapa de Áreas Prospectivas por metales preciosos y base del área de estudio.

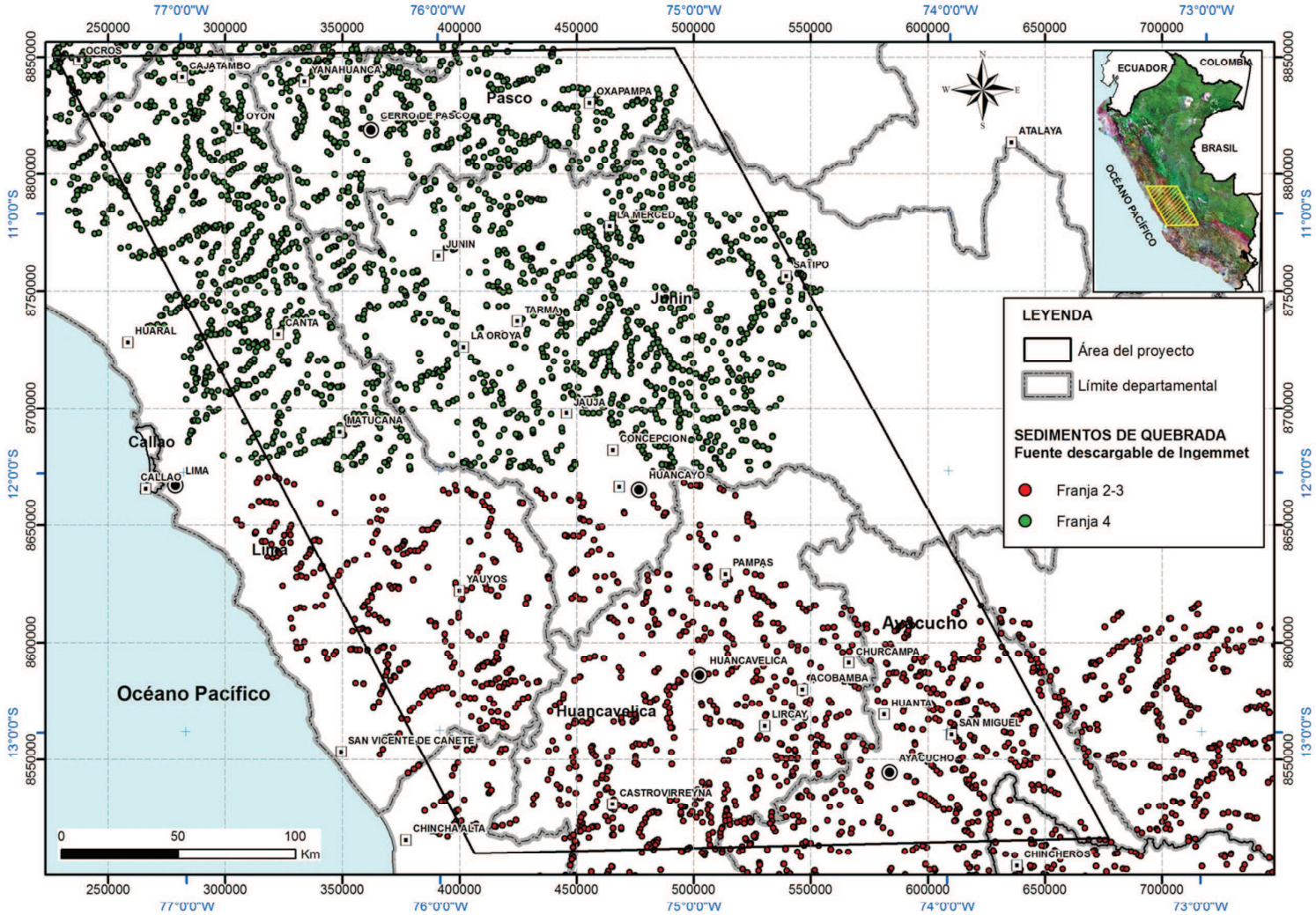


Figura 4.8.- Mapa de distribución de las muestras de sedimentos de quebrada del área de estudio.

CAPITULO V

ANOMALIAS ESPECTRALES

En gabinete, se ha realizado el estudio del análisis de anomalías espectrales porque nos permite identificar nuevas zonas con posibles anomalías de color que estén relacionados con zonas de mineralización.

Asimismo, nos permite cruzar información de los resultados obtenidos en el estudio de imágenes espectrales versus el estudio de geoquímica de sedimentos a fin de evaluar si las anomalías espectrales tendrían correspondencia con las anomalías geoquímicas lo cual pudiese afianzar de nivel de confianza de los resultados geoquímicos.

El proceso del estudio se ha realizado empleando imágenes tipo Landsat y Aster que cubra todo el área de estudio, logrando diferenciar anomalías tipo óxidos y arcillas para imágenes Landsat y alteraciones tipo argílica, fílica, propilítica y óxidos para imágenes tipo Aster (ver Figura 5.5).

5.1.- Introducción

Visión General del Sensor Aster

El sensor ASTER obtiene datos a través de 14 bandas espectrales con un ancho de barrido de 60 km y una resolución temporal de 16 días. El sensor está compuesto de tres radiómetros (Tabla 1), cada uno responsable de medir en diferentes porciones del espectro electromagnético. El radiómetro en el visible e infrarrojo cercano (VNIR) colecta datos en tres canales espectrales entre 0.52 – 0.86 µm y resolución espacial de 15m. El instrumento VNIR está también equipado con un canal que mira hacia atrás separado en la porción del infrarrojo cercano del espectro electromagnético (canal 3B en la tabla 1), inclinado 27.6º del nadir, que proporciona una capacidad de visión. El radiómetro infrarrojo de longitudes de onda corta (Short Wavelength InfraRed, SWIR) obtiene datos a través de seis canales espectrales entre 1.60 – 2.430 µm con una resolución espacial de 30 m, y un radiómetro infrarrojo térmico (Thermal InfraRed, TIR) obtiene datos en cuatro bandas espectrales entre 8.125 – 11.65 µm con una resolución espacial de 90 m.

Tabla 1. Especificaciones ASTER (Fuente: ASTER User Handbook, versión 2)

Región Esprectral	Resolución Espacial (m)	Banda	Ancho de banda (um)
Visible	15	1	0.520 – 0600 (Verde)
	15	2	0.630 – 0.690 (Rojo)
Infrarojo Cercano	15	3	0.760 – 0.860 (NIR)
Infrarojo de Onda Corta	30	4	1.600 – 1.700
	30	5	2.145 – 2.185
	30	6	2.185 – 2.225
	30	7	2.235 – 2.285
	30	8	2.295 – 2.365
	30	9	2.360 – 2.430
Infrarojo Térmico	90	10	8.125 – 8.475
	90	11	8.475 – 8.825
	90	12	8.925 – 9.275
	90	13	10.25 – 10.95
	90	14	10.95 – 11.65

Determinación de Zona Alteraciones y de Concentración de Óxidos

Está orientada a obtener una nueva imagen, cuyos píxeles originales sean definidos por un número digital (DN), que identifica diferentes tipos de cobertura denominada variable nominal o categórica (por ejemplo, tipos de alteración), o intervalos de una misma categoría de interés llamada en este caso variable ordinal (por ejemplo, niveles de concentración de óxidos de hierro). Cualquiera sea el caso, en primer lugar se identifica cada sector que va a ser analizado según el tono, textura, color, tonalidad, morfología, disposición de los constituyentes en la imagen, llamada fase de entrenamiento o definición digital de las categorías; para este tal fin se utiliza la composición de bandas y el cociente de bandas.

La composición de bandas es la combinación de bandas de la imagen ASTER, de modo que resaltan características específicas de la superficie del suelo

- Composición ASTER 321 RGB (Figura 5.1a), contiene las bandas del visible e infrarrojo cercano (VNIR), muestra en tonos amarillos las zonas con presencia de óxidos.
- Composición ASTER 468 RGB (Figura 5.2b), contiene las bandas del infrarrojo de longitudes de onda corta (SWIR), donde se encuentras las principales

características espectrales de los minerales de alteración, muestra en tonos rosados las zonas de alteración.

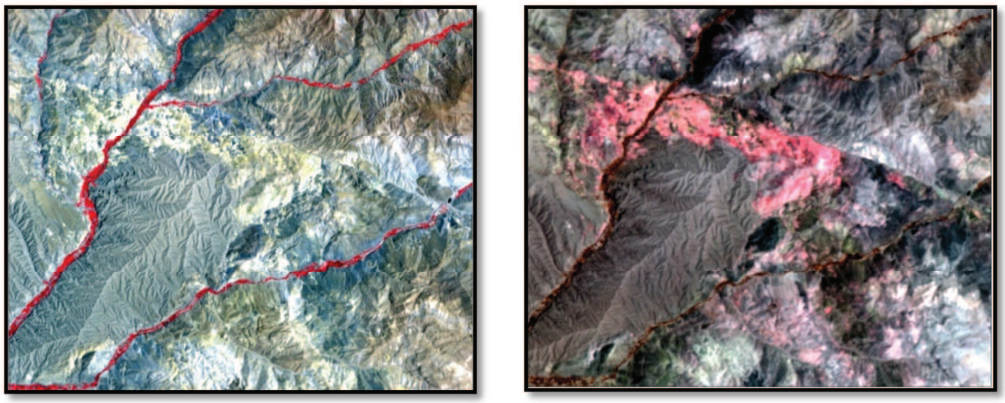


Figura 5.1: (a) Composición ASTER 321 RGB (b) Composición ASTER 468 RGB

El cociente de banda es una herramienta cualitativa para la detección de áreas alteradas:

- Los cocientes 4/6, 5/6, 5/8 (Figura 5.2a) dispuesto en una composición RGB muestran en rojo y amarillo las zonas relacionadas con la alteraciones argílica y filica, dando alta respuesta del color rojo (R) en los lugares con illitas, caolinitas, montmorillonitas y/o muscovitas, ya que todos estos minerales tienen absorción en 2.208 nm.
- Los cocientes 4/5, 4/6 y 4/7 (Figura 5.2b) dispuesto en una composición RGB muestran en blanco al halo de alteración externo debido a respuestas de todas las bandas. Las B5 y B6 por absorción de los enlaces de Al-OH y la banda 7 por el enlace Fe-OH.

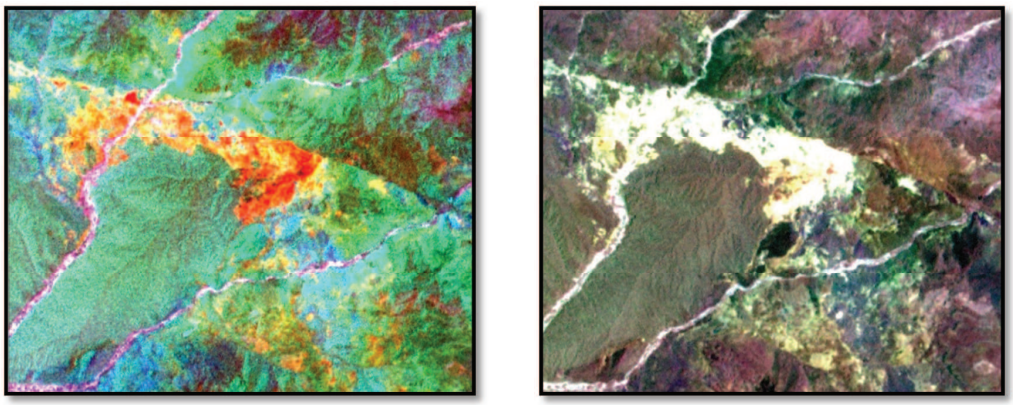


Figura 5.2**:** (a) Cociente de bandas 4/6, 5/6, 5/8 (b) Cociente de bandas 4/5, 4/6 y 4/7

Posteriormente se interpola a toda la escena las características de los patrones tipos, obteniéndose superficies de características comunes, a esta etapa se denomina definición

digital de las categorías o fase de asignación. En esta etapa se realiza un análisis espectral utilizando imágenes ASTER nivel 3A con datos de reflectancia, VNIR+SWIR de 30m de resolución espacial. Teniendo en cuenta que cada tipo de alteración presenta características espectrales definidas (Figura 5.3), alteración argílica en la bandas 4 y 6, alteración fílica en las bandas 5 y 6 y finalmente la alteración fílica en las bandas 5 y 8.

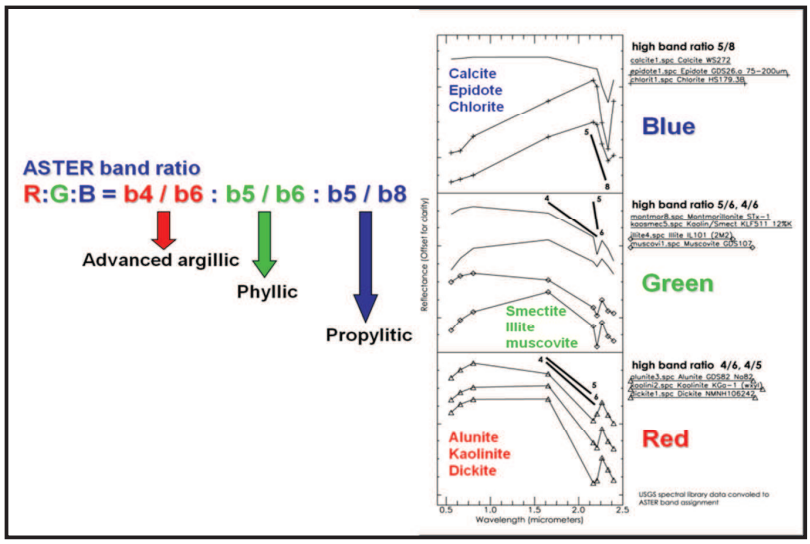
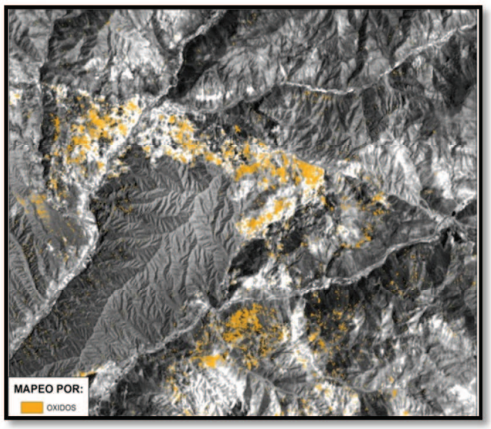


Figura 5.3.- Características espectrales de los tipos de alteración

Se utiliza la el Análisis por Componentes Principales (ACP) para obtener zonas con concentración de óxidos (Figura 5.4a) y zonas con diferentes tipos de alteración.



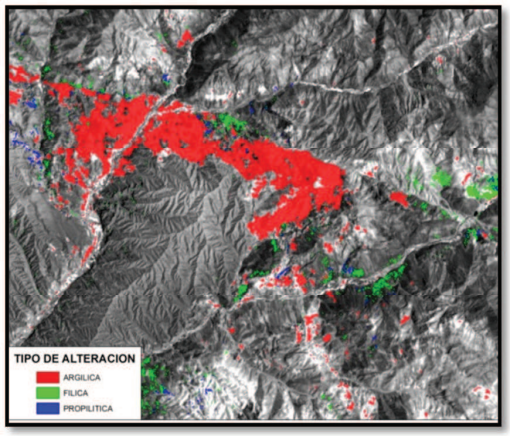


Figura 5.4**:** (a) Concentración de óxidos (b) Tipos de alteración

Alteraciones Hidrotermales

La alteración hidrotermal es un término general que incluye la respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en térmicos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas.

En resumen, la alteración hidrotermal son cambios mineralógicos, texturales y químicos de una roca producidos ante la presencia o circulación de soluciones hidrotermales.

La alteración hidrotermal produce un conjunto de minerales más estables en las condiciones físico-químicas hidrotermales y el resultado es una roca alterada. La alteración hidrotermal puede involucrar:

- Crecimiento de nuevos cristales.
- Disolución y precipitación de nuevos minerales por lixiviación y depositación.
- Transformación de fases minerales por reemplazo o metasomatismo.

Factores que controlan la alteración hidrotermal de las rocas.

a) **Temperatura** y la diferencia de temperatura (Δt^{o}) entre la roca y el fluido que la invade: mientras más caliente el fluido mayor será el efecto sobre la mineralogía original.

b) **Composición del fluido**; sobre todo el pH del fluido hidrotermal: mientras más bajo el pH (fluido más ácido) mayor será el efecto sobre los minerales originales.

c) **Permeabilidad de la roca**: Una roca compacta y sin permeabilidad no podrá ser invadida por fluidos hidrotermales para causar efectos de alteración. Sin embargo, los fluidos pueden producir fracturamiento hidráulico de las rocas o disolución de minerales generando permeabilidad secundaria en ellas.

d) **Duración de la interacción agua/roca** y variaciones de la razón agua/roca. Mientras mayor volumen de aguas calientes circule por las rocas y por mayor tiempo, las modificaciones mineralógicas serán más completas.

e) **Composición de la roca;** la proporción de minerales: es relevante para grados menos intensos de alteración, dado que los distintos minerales tienen distinta susceptibilidad a ser alterados, pero en alteraciones intensas la mineralogía resultante es esencialmente independiente del tipo de roca original.

f) **Presión:** este es un efecto indirecto, pero controla procesos secundarios como la profundidad de ebullición de fluidos, fracturamiento hidráulico (generación de brechas hidrotermales) y erupción o explosiones hidrotermales.

Los dos factores iniciales temperatura y composición del fluido hidrotermal son lejos los más importantes para la mineralogía hidrotermal resultante de un proceso de alteración. Esto es relevante porque las asociaciones de minerales hidrotermales nos dan indicios de las condiciones en que se formaron depósitos minerales de origen hidrotermal.

La intensidad de la alteración corresponde a un término objetivo que se refiere a la extensión en que una roca ha sido alterada, mientras que el grado de alteración es un término subjetivo que requiere una interpretación basada en la mineralogía de alteración.

Sin embargo, se han propuesto los términos pervasividad para indicar la intensidad de la alteración y extensividad para indicar la distribución espacial de la alteración hidrotermal. Estos últimos términos fueron propuestos para cuantificar porcentualmente la intensidad y extensión de alteración hidrotermal.

5.2.- Análisis de alteraciones

Los sistemas hidrotermales dejan como remanente rocas alteradas y eventualmente depósitos minerales genéticamente relacionados. Las asociaciones de minerales de alteración nos proporcionan una idea de las condiciones de la formación de los depósitos.

5.2.1.- Alteración Fílica

La alteración fílica pertenece a una etapa hidrotermal principal al sistema que se desarrolla en la medida en que los fluidos hidrotermales migran desde el magma fuente y comienzan a enfriarse bajo ciertas condiciones.

La alteración fílica (cuarzo-sericita) es un tipo de alteración presente en una variedad de depósitos minerales y se forma en un amplio rango de temperatura por hidrólisis de los feldespatos, para formar sericita (mica blanca de grano fino), con minerales de cuarzo, clorita, pirita, enargita, esfalerita y galena. *Este tipo de alteración se encuentra en pórfidos cupríferos, en depósitos mesotermales de metales preciosos (Au-Ag) generalmente en depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos.*

Las principales características de la alteración fílica, es que una produce una acción destructora de feldespatos. A temperaturas más bajas se presenta illita (200°-250°C) o illita-smectita (100°-200°C). A temperaturas mayores de los 450°C, se presenta sericita con andalusita ($Al_2 SiO_5$; silicato de Al) asociadas con corindón (Al_2O_3; óxido de Al).

5.2.2.- Alteración Propilítica

La alteración propilítica es probablemente la forma más extendida de alteración y es una forma débil de alteración con temperaturas bajas a intermedias (200-350ºC). *Se presenta en zonas marginales de pórfidos cupríferos y en depósitos epitermales de metales preciosos.*

En la alteración propilítica, se forma minerales de clorita, epidota, albita, calcita, montmorillonita, clinozoisita y zoisita. En este tipo de alteración, se forma en condiciones de pH neutro a alcalino y rangos de temperatura baja a intermedia (200°-250°C, hasta 350ºC).

La alteración propilítica ocurre por lo general como halo gradacional y distal de alteración potásica y/o cuarzo-sericítica. En zonas más distales se observan asociaciones de epidota-clorita-albita-carbonatos gradando a zonas progresivamente más ricas en clorita formadas en condiciones de baja temperatura.

5.2.3.- Alteración Argílica

Esta alteración forma parte de una etapa hidrotermal tardía, es decir, que estaría en la última fase de la alteración hidrotermal que afecta a los sistemas porfiríticos. La fase hidrotermal tardía se produce por la acción de fluidos muy ácidos y relativamente oxidados.

Alteración Argílica intermedia

La alteración argílica intermedia consiste en la formación de minerales de arcilla de los grupos caolinita y smectita, principalmente montmorillonita; a partir de las plagioclasas. Se forma típicamente a 250ºC por metasomatismo y *se presenta en los márgenes de pórfidos cupríferos.*

En la alteración argílica intermedia, se forma minerales de arcillas: caolinita, montmorillonita, muscovita, calcita ± cuarzo. Se desarrolla en rangos de pH entre 4 y 5 y puede co-existir con la alunita en un rango transicional de pH entre 3 y 4. La halloysita (grupo del caolín) se presenta como alteración supérgena.

Alteración Argílica Avanzada

La alteración argílica avanzada es una forma extrema de lixiviación de bases (hidrólisis) en la que las rocas han perdido los elementos alcalinos por la circulación de fluidos muy ácidos y con altas razones de agua/roca. *Se asocia con depósitos epitermales de metales preciosos formados cerca de la superficie.*

En la alteración argílica avanzada, se caracteriza por formar minerales de arcillas: caolinita, dickita (dependiendo de la temperatura), pirofilita, muscovita, alunita junto con cuarzo y turmalina. Ocurre dentro de un amplio rango de temperatura pero a condiciones de pH entre 1 y 3.5 (fluidos muy ácidos).

Óxidos

Con respecto al estudio espectral por óxidos, se observa la presencia de este tipo de alteración. Por lo que evidencia la presencia de minerales de hierro.

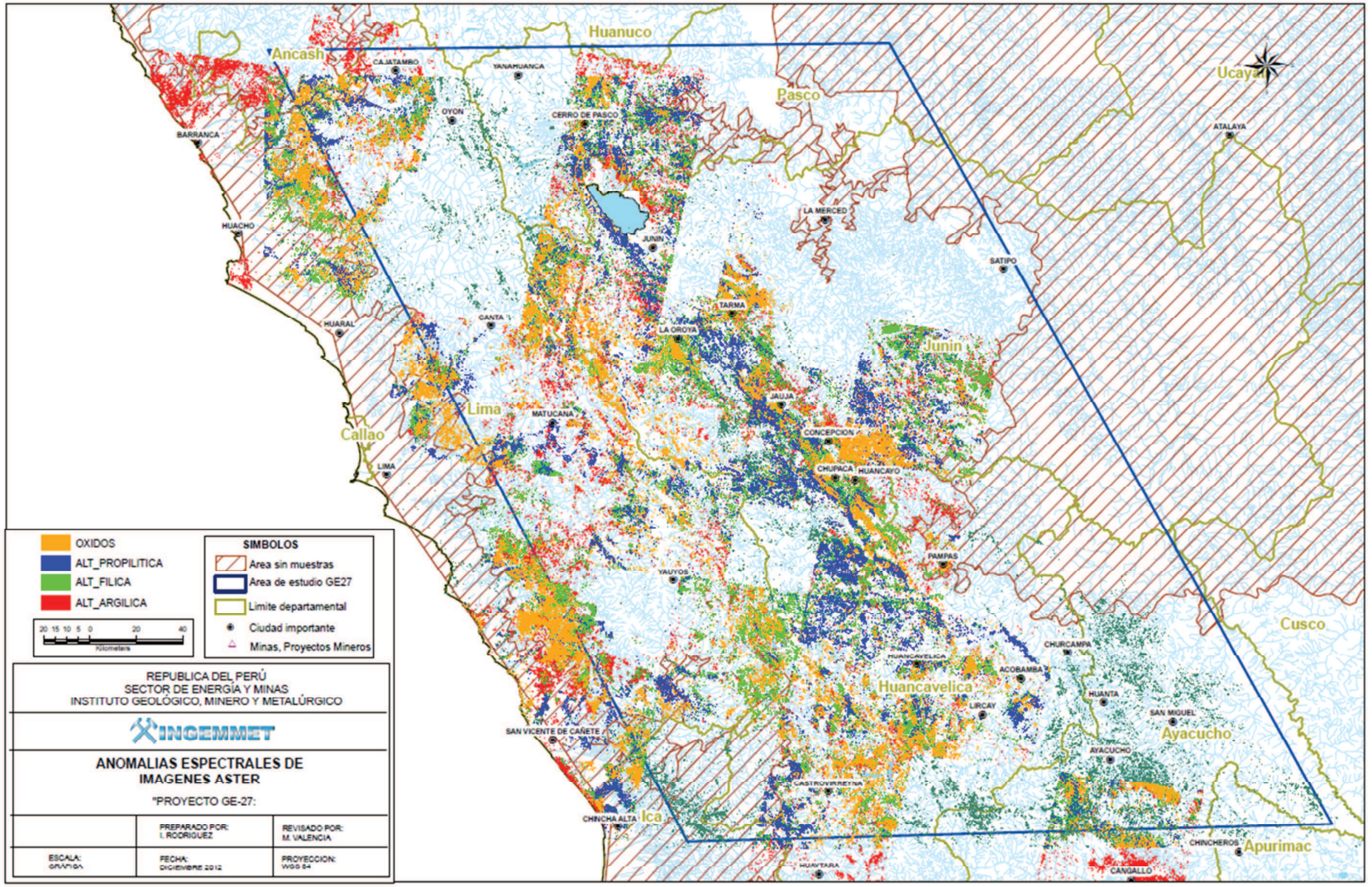


Figura 5.5.- Mapa de anomalías espectrales en Imágenes Aster.

CAPITULO VI

FRANJAS METALOGENÉTICAS

Las franjas metalogenéticas (Figura 6.1) representan épocas de mineralización que se extienden a lo largo de dominios geológicos y sistemas de fallas regionales que han favorecido la formación de depósitos minerales en la zona de estudio (Figura 6.2).

Tenemos la presencia de tres dominios metalogenéticos:

1) Dominio Magmatismo y Metamorfismo en rocas Paleozoicas.

En dos franjas en las unidades del Paleozoico inferior del Ordovícico-Silúrico-Devónico y en los intrusivos del Pérmico en rocas carbonatadas.

Está influenciada por intrusivos pérmico que originaron hidrotermalismo en skarn en calizas pensilvanianas; y mesotermalismo en las mismas unidades intrusivas pérmicas. Además un metamorfismo de edad post-permotriásica que redepositó los numerosos yacimientos de oro en estructuras preexistentes sobre los intrusivos pérmicos. Provenientes de estos tenemos depósitos superficiales: oro en placeres y cobre en capas rojas de edades posteriores.

Franja I de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico

Se localiza a lo largo de la Cordillera Oriental del territorio peruano. Las rocas hospedantes están conformadas por pizarras y esquistos del Paleozoico inferior. Las estructuras mineralizadas están conformadas por vetillas y mantos lenticulares de cuarzo-oro, controladas principalmente por fallas inversas NO-SE. Los principales depósitos se encuentran al sur y todos ellos explotados artesanal y/o informalmente sin estadísticas de su producción (Haeberlin, 2002; Chew et al., 2005; Cardona 2006). Las edades Precámbricas sólo corresponden a algunos segmentos aislados de migmatitas (Cardona, 2006). Huachón estaría asociado a esta franja.

Franja III de pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn y depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Pérmico

Se extiende en el flanco Oeste de la Cordillera Oriental del Perú central, al norte de la deflexión de Abancay. Tiene una dirección NO-SE y está controlada los sistemas de fallas Satipo-Pangoa-San Francisco y Cerro de Pasco-Ayacucho. La mineralización está hospedada en lutitas y calizas del Carbonífero, con geometrías de mantos y vetas. El depósito más representativo de esta franja es Cobriza, asociada a granitoides con edades entre 270 y 255 Ma.

2) Dominio Vulcanismo del Arco Volcánico de la Costa central del Cretáceo Inferior.

Un vulcanismo submarino que originó el emplazamiento de depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos en el borde de una Cuenca Cretácea inferior.

Franja XI de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno

En la sierra norte de Lima, Romero (2007) diferencia secuencias volcánicas calcoalcalinas del Cretácico-Paleoceno, anteriormente atribuidas como Grupo Casma, pero ahora denominada Cuenca Maastrichtiano-Daniano, tipo marginal de tras arco (Romero et al., 2008). Esta cuenca alberga depósitos tipo sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu (tipo kuroko), cuyos controles regionales de mineralización son fallas NO-SE del sistema Tapacocha y Conchao-Cocachacra. Los depósitos más relevantes son María Teresa, Aurora Augusta, Leonila-Graciela (Perubar), Cerro Lindo, Palmas. Los registros de edades de mineralización oscilan entre 68 y 62 Ma.

3) Dominio Magmatismo Andino del Cretáceo-Cenozoico.

Influenciados por la tectónica andina y sus tres fases tectónicas: Peruana (Cretáceo Superior), Inca (Paleoceno-Eoceno) y Quechua (Quechua).

Originaron diversos depósitos hidrotermales en diversas edades: pórfidos, skarn, Cordilleranos y epitermales, estos últimos hospedados en rocas volcánicas y sedimentarias.

Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos de Cretácico superior

Tenemos un depósito en Canta llamado Lomada-Caracol-Lajas. Las estructuras mineralizadas de cuarzo-oro-sulfuros se encuentran hospedadas en granitoides del Cretácico superior del Batolito de la Costa. Los controles estructurales son las fallas secundarias NO-SE, N-S y NE-SO de los sistemas de fallas regionales NO-SE Conchao-Cocachacra y Tapacocha. (Acosta, J., 2006a,b; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

Franja X de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior

La mineralización está relacionada con intrusivos graníticos del Cretácico superior del Batolito de la Costa y controlada por fallas NO-SE de los sistemas Conchao-Cocachacra, así como por fallas menores con orientación N-S. Aunque se tiene numerosos depósitos hacia el sur, en la zona de estudio sólo está relacionada a la mina abandonada de Santa Beatriz. Sus edades de mineralización se registran entre 80 y 68 Ma (Acosta, J., 2006a,b; Acosta &

Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

Franja XVI de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno

Se sitúa a lo largo de la Zona Subandina del centro del Perú. Las rocas huéspedes de la mineralización de Pb-Zn, están constituidas por secuencias dolomíticas del Triásico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará. Esta franja está controlada por el sistema de fallas NO-SE Satipo-Pangoa-San Francisco y cabalgamientos que ponen en contacto la Cordillera Oriental sobre la Zona Subandina. En este sector se encuentran los depósitos San Vicente, Piñon, Sillapata, Huacrash-Aynamayo, Puntayacu, Pichita Caluga, Cascas, Ninabamba, Raymondi Sur, Tambo María, Pampa Seca, San Roque. Al Oeste de la franja, también es posible encontrar depósitos MVT de Pb-Zn, pero a diferencia de la franja principal se encuentran distribuidos puntualmente en anticlinales cerrados que desaparecen debajo de rocas más jóvenes. En este sector se tienen a los depósitos Ulcumayo y Shalipayco. La edad de mineralización de estos depósitos se asume como eocena o miocena, relacionada con las épocas de mayor deformación que afectaron a esta zona. Esta franja es una de las más complejas, debido a que se encuentran depósitos metálicos de diversos tipos, como pórfidos Cu-Mo, skarns Pb-Zn-Cu, epitermales Au-Ag y polimetálicos Pb-Zn (Ag) relacionados con intrusiones. Dichos depósitos se relacionan con tres eventos magmáticos, registrados en los periodos 39-33 Ma (Eoceno), 31-25 evolución andina (Mégard, 1987; Carlotto et al., 2005). La descripción metalogénica es bastante modesta.

En la zona de Shalipayco, que es objeto de exploración sistemática en los últimos 3 años, ocurren afloramientos que por sus características corresponden a un típico MVT, posteriormente hay un evento tardío de mineralización hidrotermal con características propias de un tipo mesotermal, están asociados con vetas, mantos irregulares, pipes(chimeneas) irregulares rellenas con sulfuros y sulfosales acompañado con ganga de cuarzo, calcita, pirita y estas estructuras cortan a la mineralización del tipo MVT. Por lo expuesto y sustentado con datos de campo y exploración diamantina, existen dos tipos de mineralización: un típico MVT sobreimpuesto por un evento tardío hidrotermal de carácter mesotermal (M.Lavado, com. personal, 2010)

Franja XVII de epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno

Se localiza en la Cordillera Occidental del Perú central en una distribución espacial y temporal está controlada por las reactivaciones de las fallas NO-SE y N-S de los sistemas La Oroya-Huancavelica y Cerro de Pasco-Ayacucho. El depósito más antiguo conocido hasta la fecha es el epitermal de Au-Ag de Quicay, con una edad de mineralización en el

rango de 37 y 35 Ma (Noble & McKee, 1999). Relacionado con la actividad magmática del Oligoceno, manifestada principalmente por el emplazamiento de cuerpos intrusivos de composiciones variables entre dioritas y granodioritas, se tienen depósitos tipo skarns de Pb-Zn-Cu, en el contacto con secuencias carbonatadas del Tríasico superior-Jurásico inferior del Grupo Pucará, como los depósitos El Porvenir (Milpo), Atacocha, así como, el pórfido-skarn de Vinchos. Igualmente, las intrusiones oligocénicas están relacionadas con vetas de Pb-Zn-Cu, como Machcán y otras. Según reportes de edades radiométricas K/Ar de Soler & Bonhomme (1988), la época metalogenética para los depósitos de Pb-Zn-Cu se encontraría entre 29 y 26 Ma. Por otro lado, las intrusiones miocénicas ~20 Ma se asocian con las mineralizaciones de Pb-Zn-Cu, como es el caso de los depósitos Anita, Asunción, Chanchamina y otros del Perú central. El depósito Estrella sería un epitermal emplazado en rocas volcánicas paleozoicas del Grupo Mitu.

Franja XVIII de epitermales de Au-Ag del Oligoceno

Se extiende entre en el flanco Oeste del dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental como en Huaytará-Tantará-Tupe (12°30'14°30'). Los controles de mineralización son fallas con orientaciones preferenciales NO-SE y E-O. Destaca el depósito de Pampa Andino. Las estructuras mineralizadas presentan geometrías de vetas con contenido de Au-Ag tipo epitermal de baja sulfuración (Acosta & Santisteban 2007; Acosta et al., 2008). La mineralogía de mena, en la mayoría de casos presenta pirrotita-arsenopirita-argentita, definidos como minerales de baja sulfuración. Las rocas hospedantes muestran halos de alteración que gradan de cuarzo-adularia-sericita-illita a cuarzo-clorita-zeolitas-calcita (Quispe, 2006). Las edades de mineralización se estiman entre 31 y 25 Ma.

Franja XX de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno

Se ubica en la Cordillera Occidental del Norte y centro del Perú (5º-12º). Esta franja está controlada por el sistema de fallas y cabalgamientos NO-SE de los sistemas Chonta y Punre-Canchis-Magistral, este último conforma la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB). Esta franja presenta tres eventos magmáticos relacionados con la mineralización, estimados en 22-20 Ma, 18-13 Ma y 10-5 Ma. Los eventos magmáticos están manifestados por el emplazamiento de stocks intrusivos calcoalcalinos dioríticos a granodioríticos. El evento de 18-13 Ma contiene mineralizaciones tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au, que algunas veces desarrolla skarns y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, en el contacto con rocas carbonatadas del Cretácico, como Chungar, Iscay Cruz y otros depósitos. Sistemas porfiríticos similares se exponen puntualmente en sectores erosionados del dominio volcánico Miocénico (franja XXI), donde se puede mencionar al depósito San José. Otro

evento magmático de 10-5 Ma genera depósitos tipo pórfido Cu-Mo (Au), como Toromocho y Puy Puy. Los intrusivos de 10-5 Ma controlados por el dominio de las fallas del sistema Chonta, Churín-San Mateo y de la MTFB, en contacto con rocas calcáreas del Cretácico presentan skarns y cuerpos de reemplazamiento de Cu-Zn y Pb-Zn-Ag, como Raura, Ucchuchacua, Huarón, Yauricocha y otros. Igualmente, generan vetas y cuerpos de reemplazamiento de Pb-Zn-Ag, similares a Yauliyacu-Casapalca, Morococha, Mina Solitaria y San Cristóbal, este último con una edad ~6 Ma (Noble & McKee, 1999). Esta franja es muy importante desde el punto de vista económico por albergar megayacimientos en explotación y en desarrollo.

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

Se distribuye ampliamente en el dominio volcánico Cenozoico de la Cordillera Occidental. Sus principales controles son fallas NO-SE de los sistemas Conchao-Cocachacra y Chonta, N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho y La Oroya-Huancavelica. Esta franja agrupa a depósitos de Au-Ag (Pb-Zn-Cu) tipo alta, baja e intermedia sulfuración. Según sus edades de mineralización, se les puede sub-dividir en dos épocas metalogenéticas de 18-13 Ma y 12-8 Ma. Se tiene un pulso de mineralización de Pb-Zn (Ag) de Cerro de Pasco (12.4-10.9 Ma, Baungartner et al., 2006) y mineralización del distrito de Colquijirca (el primer pulso corresponde a un evento de superposición epitermal). Entre los paralelos 12° y 13°30', en el dominio de las fallas NO-SE del sistema La Oroya-Huancavelica, destaca la presencia de epitermales de Au-Ag en rocas carbonatadas del Triásico-Jurásico del Grupo Pucará, como Tucumachay. Mientras en la influencia de las fallas NO-SE del sistema Chonta y de la falla N-S Huancayo-Julcani, se tienen epitermales de Pb-Zn-Ag de alta a intermedia sulfuración como Julcani, Palomo, San Genaro, Huachocolpa, Caudalosa Grande, Caudalosa Chica y otros.

Pucajaja, sería un depósito epitermal emplazado en rocas calcáreas mesozoicas y rocas volcánicas cenozoicas, lo que sería indicativo de su edad miocena; mientras Azulcocha, sería un epitermal emplazado en rocas calcáreas mesozoicas del Grupo Pucará, de edad de mineralización también miocena.

Los depósitos de Yanamina, Aparicio y Restauradora, son epitermales emplazados en rocas volcánicas cenozoicas, y asociados con algunos niveles sedimentarios.

Dentro de esta franja epitermal del mioceno tenemos yacimientos alojados en rocas cretácicas y depósitos polimetálicos con superposicón epitermal:

Franja XXIB de depósitos polimetálicos con superposición epitermal.

En el centro del Perú (10º30'-11°), las fallas N-S del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho, controlan a la cuenca eocena Pocobamba (Ángeles, 1999) y esta a su vez a los centros volcánicos de Cerro de Pasco y Colquijirca. De esta manera, entre 18 y 13 Ma se desarrolla el primer pulso de mineralización Pb-Zn-Ag con superposición epitermal en el distrito de Cerro de Pasco (14.5-14.1 Ma, Baungartner et al., 2006). Las rocas hospedantes pertenecen al Gpo Tacaza, Gpo. Maure y calizas de la Fm. Ayavacas. La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta 2008).

Franja XXIII de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental (12°30-18°). La mineralización de Au-Ag, está relacionada con actividad magmática Mio-Pliocena. Sus controles estructurales son fallas NO-SE de los sistemas de fallas Chonta así como, fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 7 y 1 Ma, constituida principalmente por epitermales de Au-Ag de alta sulfuración, con excepción del depósito de Pb-Zn-Ag de Recuperada de intermedia sulfuración (6.4 Ma, Noble & McKee, 1999). Los epitermales de Au-Ag de alta sulfuración que se distribuyen en esta franja son Santa Rosa, Pico Machay, Corihuarmi y otros (Quispe, 2004; Acosta & Santisteban, 2007; Acosta et al., 2008).

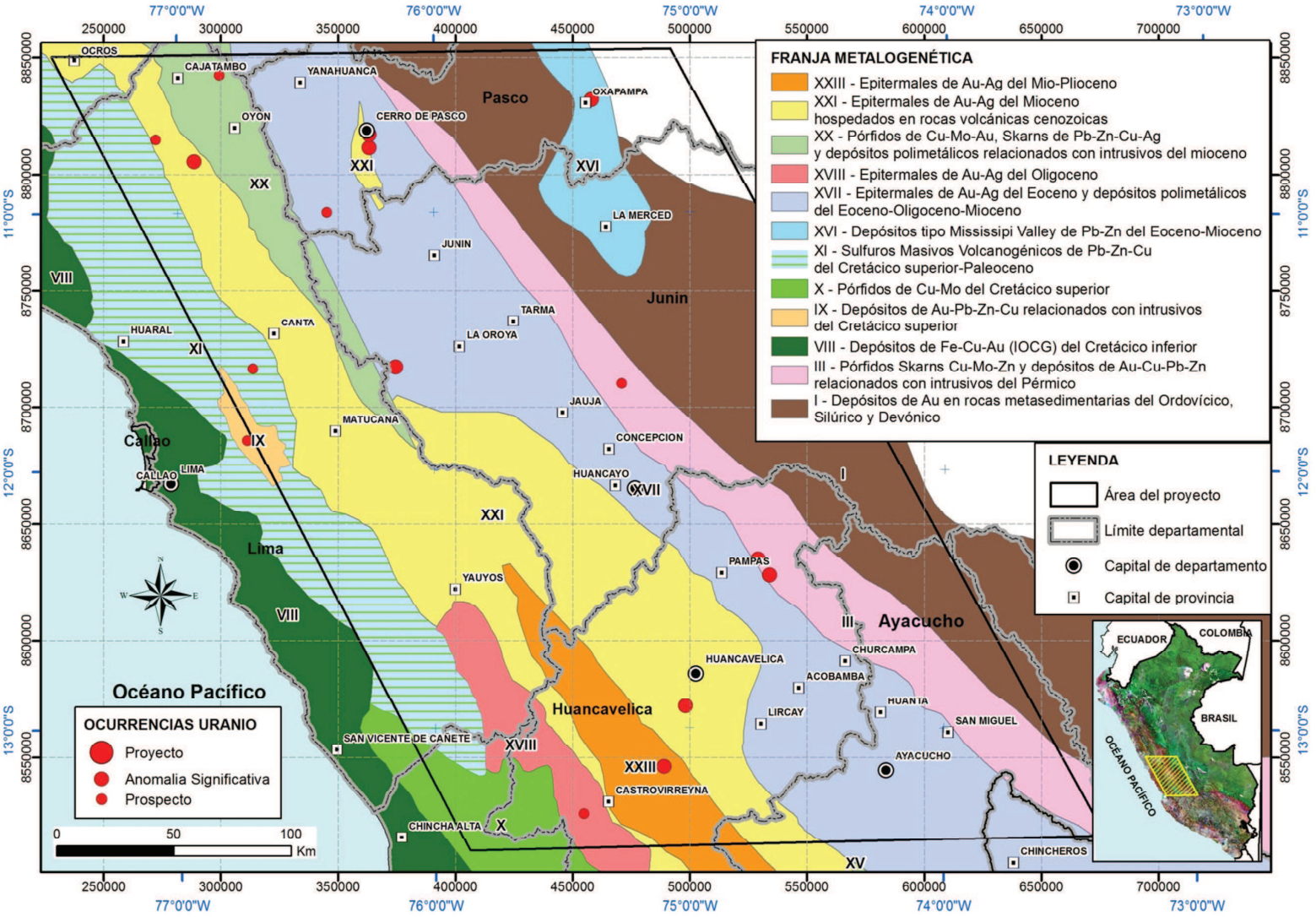


Figura 6.1.- Mapa Metalogenético del Área de estudio.

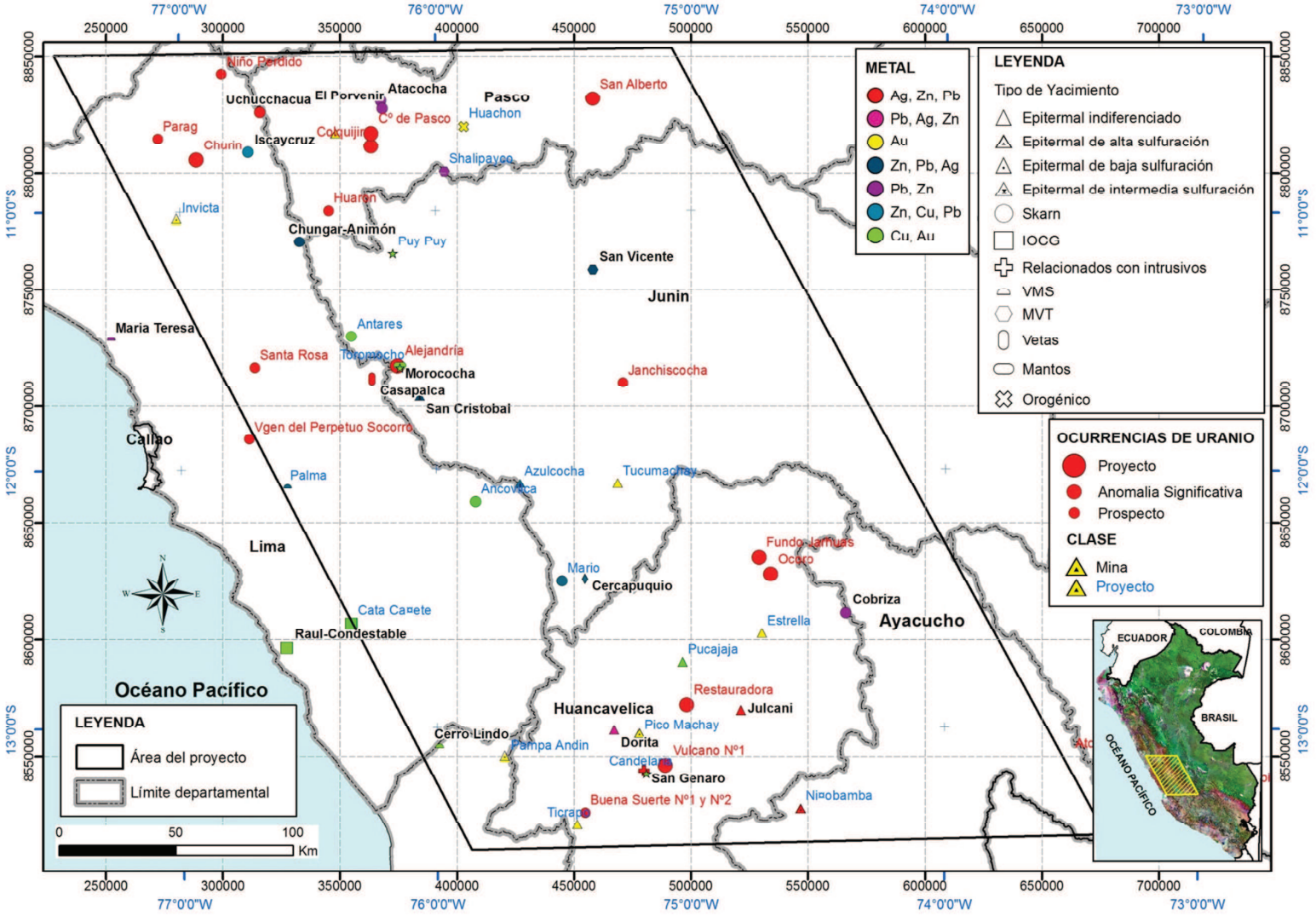


Figura 6.2.- Mapa de distribución de depósitos y ocurrencias minerales en el Área de estudio

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el área de estudio ha sido reconocido once franjas metalogénicas: Franja I de Au en rocas meta-sedimentarias del Ordovícico y Siluro-Devónico; Franja III de pórfidos-skarns Cu-Mo-Zn y depósitos de Au-Cu-Pb-Zn relacionados con intrusivos del Pérmico; Franja IX de depósitos de Au-Pb-Zn-Cu relacionadas con intrusivos de Cretácico superior; Franja X de pórfidos de Cu-Mo del Cretácico superior; Franja XI de sulfuros masivos volcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico superior-Paleoceno; Franja XVI de depósitos tipo Mississippi Valley (MVT) de Pb-Zn del Eoceno-Mioceno; Franja XVII de epitermales de Au-Ag del Eoceno y depósitos polimetálicos del Eoceno-Oligoceno-Mioceno; Franja XVIII de epitermales de Au-Ag del Oligoceno; Franja XX de pórfidos de Cu-Mo (Au), skarns de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusiones del Mioceno; Franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno hospedados en rocas volcánicas cenozoicas; y Franja XXIII de epitermales de Au-Ag del Mio-Plioceno. Estas franjas están controladas por el emplazamiento de las diversas unidades geológicas, con una tendencia marcada por la tectónica andina, que ha condicionado la distribución de los depósitos minerales. Así podemos definir tres dominios 1) Dominio Magmatismo y Metamorfismo en rocas Paleozoicas, 2) Dominio Vulcanismo del Arco Volcánico de la Costa central del Cretáceo Inferior y 3) Dominio Magmatismo Andino del Cretáceo-Cenozoico.
- En Huachón, emplazado en la franja de oro en rocas metasedimentarias (franja I), tenemos que por su asociación con intrusivos, su mineralización en vetas, su asociación mineralógica, estaríamos ante vetas mesotermales con oro y cuarzo bajo en sulfuros, relacionados a intrusivos. Así vemos venillas de esfalerita con oro cortando a las piritas preexistentes con una ley variable que puede alcanzar los 20 g/t Au
- En Estrella, el Grupo Mitu, comprende tobas obliteradas bastante diaclasadas y argilitizadas con clastos de lavas muy alterados y pequeñas estructuras. Hacia la base se tiene lavas andesíticas verdes silicificadas masivas y diaclasadas. Entonces este es un depósito epitermal emplazado en rocas paleozoicas y relacionado a la Franja de Epitermales de Au-Ag del Eoceno (Franja XVII).
- En Yanahuilca, la mineralización es de venillas y diseminación de malaquita y crisocola hospedada en las rocas volcánicas del Grupo Mitu con una débil alteración argílica; mientras en los niveles inferiores en el Grupo Ambo tenemos que la malaquita, forma pequeños mantos en las areniscas de grano fino. Yanahuilca,

también sería un depósito epitermal emplazado en rocas paleozoicas y relacionado a la Franja de Epitermales de Au-Ag del Eoceno (Franja XVII).

- En Pucajaja, las calizas silicificadas y argilizadas, del Grupo Pucará contienen malaquita y diseminación con óxidos de Fe en capas (mantos?), en venillas de cuarzo-hematita con malaquita. sería un depósito epitermal emplazado en rocas calcáreas mesozoicas y rocas volcánicas cenozoicas, lo que sería indicativo de su edad miocena. Estaría relacionado con la franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno.
- En Azulcocha, la alta permeabilidad a lo largo de las fallas y la solubilidad de las rocas, favoreció la formación de brechas de colapso y espacios vacíos, donde se ha desarrollado el cuerpo mineral, lo que sugiere que la mineralización, sea básicamente posterior a las principales fases de la tectónica andina y en particular relacionada con el sistema de fallas San José de Quero, esto indica una edad máxima de Mioceno superior. La mineralización se desarrolló, esencialmente en una sola etapa, en donde los valores isotópicos de azufre, sugieren una relación directa o indirecta con las intrusiones graníticas del Cenozoico que afloran en el área. Es un depósito epitermal emplazado en rocas calcáreas mesozoicas del Grupo Pucará. Estaría relacionado con la franja XXI de epitermales de Au-Ag del Mioceno.
- En Yanamina, como mineralización tenemos pirita, esfalerita, pirita diseminada, baritina en los niveles sedimentarios areniscosos. Se tiene una veta falla irregular, alojada en andesitas argilitizadas, de unos 40 cm de potencia, con orientación 023° y buzando 80° al SE, con cuarzo, hematita y jaspe dentro de una matriz de panizo. Mientras en la mina Aparicio (Restauradora) tenemos que La mineralización se presenta en forma de una veta-falla de cuarzo con limonita. Son epitermales emplazados en rocas volcánicas cenozoicas, y asociados con algunos niveles sedimentarios y asociados con la franja de depósitos epitermales del Au-Ag del Mioceno (Franja XXI).
- Huajoto es considerado un epitermal de alta sulfuración de Au y Ag y un skarn de Zn. Estaría relacionado con la franja de depósitos epitermales del Au-Ag del Mioceno (Franja XXI).
- Mientras en el Fundo Jarhuas, comprende lavas porfíricas, con fenos de feldespatos con arcilla, correspondientes a niveles alterados del Gpo. Mitu. y lavas dacíticas porfiríticas argilizadas y con óxidos, pero menos alteradas que las anteriores, y que en base a muestras en sedimentos de quebrada, se ha encontrado una anomalía de La-Y-P-Be.
- Geoquímicamente Macusani, al sur del Perú se caracteriza por anomalías en los elementos traza: La, Be, P e Y. Estas características geoquímicas y la asociación La-

P-Y definida de la correlación positiva de estos tres elementos podrían extrapolarse a nuestra área de estudio en busca de zonas prospectivas por U-REEs similares. En base a la intensidad de anomalías, entorno estructural, entorno geológico y ocurrencias de uranio conocidas, se han definido áreas prospectivas por uranio y REEs agrupadas en tres prioridades, destacando las de prioridad 1 en Janchiscocha-San Vicente, Huaron-Alejandria-Morococha, Santa Rosa entre otras.

- Las anomalías de óxidos (en rojo) y de arcillas (en verde) en el estudio de imágenes Landsat, se extienden a lo largo del área de estudio. Un 45% de estas anomalías están ubicadas en áreas de anomalías geoquímicas, especialmente en el segmento norte del área de estudio.
- Las anomalías de color como resultado del estudio del procesamiento de imágenes Aster, han proporcionados la identificación de alteraciones argílica, fílica, propilítica y óxidos resaltando anomalías en el todo el proyecto pero mayormente en la zona central del Perú.
- En el segmento sur se tienen definidas arcillas y óxidos sobre secuencias volcánicas Cenozoicas, en áreas donde no han sido identificadas anomalías geoquímicas.
- Estas anomalías pueden estar relacionadas con alteraciones hidrotermales relacionadas a sistemas porfiríticos de Cu-Mo y epitermales, las que pueden ser comprobadas con un análisis geoquímico de rocas.
- En base a lo expuesto es indudable que existe un gran potencial minero-energético en el centro del Perú, por lo que lo recomendable es continuar las investigaciones metalogenéticas tanto para depósitos polimetálicos, de uranio y de Tierras Raras.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta J. (2006a) - *Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú*. Informe Técnico interno DGEPM. INGEMMET. 26 p.

Acosta J. (2006b) - *Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú (Latitudes 14º - 16ºS).* Informe Técnico interno. DRME. INGEMMET. 20 p.

Acosta J. & Santisteban A. (2007) - *Estudio de los arcos magmáticos del Mesozoico y Cenozoico del sur del Perú*. Informe Técnico interno DRME. INGEMMET. 21 p.

Acosta, J.; Quispe, J.; Santisteban, A. & Acosta, H. (2008) - Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en la margen occidental del sur del Perú: latitudes 14°s - 18°s. Congreso Peruano de Geología, 14. CD *Resúmenes extendidos*

Alturas Minerals Corp. (2011).- Huajoto Project, Zinc-Copper-Gold-Silver-Rare Earths. Disponible en web: http://www.alturasminerals.com/pdf/projects/ALTURAS_Huajoto_Feb2009.pdf.

Atherton, M. & Webb, S. (1989).- Volcanic facies,structure, and geochemistry of the marginal basin rocks of central Peru. J. *South Am. Earth Sci*. 2. p. 241–261.

Baumgartner, R.; Fontboté, L.; Alvarez, H.; Page, L.; Ovtcharova, M.; Spikings, R. & Vennemann, T. (2006) - Geochronological, Fluid Inclusion and Isotopic Constraints in the Cerro de Pasco District, Peru. Congreso Peruano de Geología,13. *Resúmenes*. Lima (Perú)

Bendezú, R.; Fonboté, L. & Cosca, M. (2003) - Relative Age of Cordilleran Base Metal Lode and Replacement Deposits, and High Sulfidation Au - (Ag) Epithermal Mineralization in the Colquijirca Mining District, Central Peru. *Mineralium Deposita,* 38. p. 683-694.

Beuchat, S. (2003) - Geochronological, structural, isotopes and fluid inclusión constrains of the polymetallic Domo de Yauli district, Peru, Genève, *Terre & Environnement*, 41. 130 p.

Bissig, T.; Ullrich, T.; Tosdal, R.; Friedman, R. & Ebert, S (2008) - The time-space distribution of Eocene to Miocene magmatism in the central. Peruvian polymetallic province and its metallogenetic implications. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 26. p. 16–38

Cardona, A. (2006) - Reconhecimento da evolução tectônica da proto-margem andina do centro-norte peruano, baseada em dados geoquímicos e isotópicos do embasamento da cordilheira oriental na região de Huánuco-La Unión. Universidade de São Paulo Instituto de Geociências. Tese de doutoramento, 198 p.

Carlotto V. (2005) - Las cuencas terciarias sinorogénicas en el Altiplano y en la Cordillera Occidental del sur del Perú. *Volumen especial de la Sociedad Geológica del Perú.* Vol. 6. p. 102-126.

Cerrón, F. & Ticona, P. (2002) - Mapa Geológico del Cuadrángulo de Pampas (25-n) Actualizado-Versión digital. Escala 1:50 000. Ingemmet.

Chew, D.; Schaltegger, U.; Kosler, J.; Fontignie, D.; Spikings, R. & Miskovic, A., (2005) - Evolution of the Gondwana margin of the northern Andes. *3rd Swiss Geoscience Meeting*, Zürich.

Cobbing (1973) - Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, 26. 172 p.

Cobbing, J.; Quispesivana, L. & Paz , M. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. INGEMMET *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional,* 77. 238 p.

Cooke, D.; Hollings, P. & Walshe, J. (2005) - Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Controls. *Economic Geologists,* 5. Vol. 100. p. 801 – 818.

De Haller, A.; Corfu, F.; Fontboté, L.; Schalteger, U.; Barra, F.; Chiaradia, M.; Frank, M. & Zuñiga, J. (2002) - Geology, Geochronology, and Hf and Pb Isotope Data of the Raúl-Condestable Iron Oxide-Copper-Gold Deposit, Central Coast of Peru. *Economic Geology*; March 2006; v. 101; no. 2; p. 281-310.

Díaz, J. (2001) – *Geología y alteraciones hidrotermales del Proyecto Mario relacionados a depósitos tipo CRD.* Tesis de Grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 51 p.

Eyzaguirke, V.; Montoya, D.; Silberman, M. & Noble, D. (1975) - Age of igneous activivty and mineralization, Morococha District. Scientific communications. *Economic Geology.* 70. p. 1123-1126.

Fernández, A.; Foster, J. & Blackwell, J. (2006) - Proyecto Tucumachay - Junín, un nuevo descubrimiento aurífero: oro en calizas del Grupo Pucará. En: Congreso Peruano de Geología, 13º, Lima, 2006. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 732-734.

Fontboté, L. (1990) - Stratabound ore deposits in the Pucará basin. An overview. En: Fontboté, L.; Amstutz, G.; Cardozo, M.; Cedillo, E. & Frutos, J. eds. *Stratabound Ore Deposits in the Andes.* Berlín p. 253-266.

Giletti, B. & Day, W. (1968) - Potassium-argon ages of igneous rocks of Peru. *Nature,*. 220. p. 570–571.

Guizado, J. & Landa, C. (1966) - Geología del cuadrángulo de Pampas (25-n). Comisión Carta Geológica Nacional. INGEMMET *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional,* 12. 75 p.

Haeberlin, (2002) - Geological and Structural Setting, Age, and Geochemistry of the Orogenic Gold Deposits at the Pataz Province, Eastern Andean Cordillera, Peru. Unpublished PhD theses. Université de Genève. Online version.

Hirdes, W. (1990) - Machcán Mine.- A Pb-Zn Deposit in Pucará Sediments of the Atacocha District, Central Peru. In: Fonboté, L., Amstutz, G., Cardozo, M., Cedillo, E. & Frutus, J. eds. *Stratabound Ore Deposits in the Andes*. Society for Geology Applied to Mineral Deposits. Special Publication, p. 293- 303.

Ínjoque, J.; Ríos, A.; Torres, J. & Vargas, C. (2000) - Palma, yacimiento de tipo VMS distal formado en un ambiente sedimentario intravolcánico del Grupo Casma, Cretáceo Medio, Cuenca Huarmey, En: Congreso Peruano de Geología, 10°, Lima, 2000. *Trabajos Técnicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Tomo III, p. 1060-1072.

Injoque, J. (2002) - Fe Oxide-Cu-Au Deposits in Peru, an Integrated View. Porter, T.M. Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and Related Deposits: A Global Perspective, Vol. 2; *PGC Publishing*, Adelaide. p. 97-113.

Kirkham, R. & Dunne, K. (2000) - World distribution of porphyry, porphyry-associated skarn, and bulk-tonnage epithermal deposits and occurrences: Geological Survey of Canada Open File 3792a. 26 p.

Klinck, B.; Ellison, R.; Hawkins, M.; Palacios, O.; De La Cruz, J.; De La Cruz, N. (1993) - Geología de la Cordillera Occidental y Altiplano al oeste del Lago Titicaca. Sur del Perú. INGEMMET *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional,* 42. 257p.

Kobe, H. (1990) - Stratabound Cu (Ag) Deposits in the Permian Mitu Red-Bed Formations, Central Peru. En: Fonboté, L., Amstutz, G., Cardozo, M., Cedillo, E. & Frutus, J. *Stratabound Ore Deposits in the Andes* p. 123-127

Kontak, D.; Clark, A.; & Farrar, E. (1984) - The magmatic evolution of the cordillera oriental, southeastern *Peru.* En: Harmon,R & Barreiro,B eds. *Andean magmatic chemical and isotopic constrains*t. p 203-219

Kontak, D.; Clark, A.; Farrar, E. & Strong, D. (1985) - The rift associated Permo-Triassic magmatism of the Easthern Cordillera: A precursor to the Andean orogeny. *E*n: Pitcher, W.; Atherton, M.; Cobbing, E. & Beckinsale, R., edi. *Magmatism at a plate edge*. *The Peruvian Andes*. Glasgow y London. p. 36-44.

Kummel, B. (1946) - Petroleum geology of Santa Clara Region. Lima. 163 p.

Lavado, M. & Farfán, C. (2008) - Reinterpretación geológica; aspectos geoeconómicos, retos y logros en la exploración de Vinchos. Congreso Peruano de Geología, 12 & Congreso Latinoamericano de Geología, 14. Sociedad Geológica del Perú, 6 p. CD.

Llosa, F. (1990) – *Estudio Petrográfico y sondajes*. CEDIMIN S. A. Informe Interno.

López, J. (1996) - Geología del Cuadrángulo de Huanta (26-ñ). INGEMMET *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 72. 192 p.

Marocco, R.; Lipa, V. & Quispe, L. (1996) - Geología del cuadrángulo de San Miguel (27-o). INGEMMET. *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 83,131 p.

Martínez, W. & Cervantes, J. (2003) - Rocas ígneas en el sur del Perú: nuevos datos geocronométricos, geoquímicos y estructurales entre los paralelos 16° y 18°30' Latitud Sur . INGEMMET *Boletín. Serie D: Estudios Regionales*, 26, 140 p.

Mac Laughlin, D.H. (1924) -The Geology and Physiography of the Peruvian Cordillera, *Geol. Soc. Amer*. Bull, Vol. 35, p. 591-632.

Megard, F. (1968) - Geología del Cuadrángulo de Huancayo. INGEMMET *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*. 18,

Mégard, F. (1979) – Estudio geológico de los Andes del Perú Central. INGEMMET, *Boletín. Serie D: Estudios Regionales,* 8, 227 p.

Mégard, F.; Caldas, J.; Paredes, J. & De La Cruz, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos. INGEMMET *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional,* 69. 293 p.

Mégard, F., (1987) - Cordilleran Andes and marginal Andes: a review of Andean geology north of the Arica elbow (18°S). En*:* J.H.W. Monger & J. Francheteau eds., *Circum-Pacific orogenic belts and evolution of the Pacific océano basin*, American Geophysical Union, Geodynamic Series, v. 18, p. 71-95.

Mckee, E.; Noble, D. & Vidal, C. (1986) - Timing of volcanic and hydrothermal activity, Huancavelica mercury district, Peru. *Economic Geologic,* 81. p 489-492.

Moritz, R.; Fontbote.; Spangenberg, J.; Rosas, S.; Sharp, Z. & Fontignie, D. (1996) - Sr, C and 0 isotope systematics in the Pucarfi Basin, central Peru Comparison between Mississippi Valley-type deposits and barren areas. *Mineralium Deposita*, 31. p. 147-162.

Monge, R.; León, W. & Chacón, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced (21-m, 22-i, 22-m, 23-m). INGEMMET. *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 78. 183 p.

Moore, N. (1979) - The geology and geochronology of the Arequipa segment of the coastal batholith of Peru. Tesis para Doctor in Philosophy. University Of Liverpool. 505 p.

Morche, W. & Larico, W. (1996) - Geología del cuadrángulo de Huancavelica (26-n). INGEMMET. *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional,* 73.172 p.

Morche, W.; La Torre, O.; De La Cruz, N. & Cerrón, F. (1996) - Geología del cuadrángulo de Huachocolpa (27-n) INGEMMET. *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional* 63, 132 p.

Moulin N. (1989) - *Facies et sequences de depot de la plate-forme du Jurassique des Andes du Perou Central.* Tesis presentada a la Universidad de sciences et Techniques du Languedoc, para obtener el grado de Doctor en Geología.

Muñoz, C. (1994) - Geologische, mineralogische und metallogenetische Untersuchungen des Jatunhuasi-Azulcocha-Chuquipita Gebietes, mit besonderer Berücksichtigung der Zn-As-(Au)-Lagerstätte Azulcocha, Zentralperu, Ruprecht-Karls-Universität. Heidelberg, 379 p.

Muñoz, C. & Fontbote, L. (1995) - El yacimiento de Zn-As-(Au) Azulcocha asociado a la falla de desgarre Cochas-Gran Bretaña (Perú central). *Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar Alberto Benavides*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 1995, p. 205-230.

Noble, D.; Mckee, E. & Mégard, F. (1979) - Early Tertiary “Incaic” tectonism, uplift and volcanic activity, Andes of Central Peru. *Geol. Soc. Amer*. Bull. 90. p. 903-907.

Noble, D. & Silberman, M. (1984) - Evolución volcánica, hidrotermal y cronología de K - Ar del distrito minero de Julcani. *Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar, LX Aniversario*. Homenaje al Dr. Georg Petersen. Fasc. 5. p. 1-35

Noble, D. & Mckee, E. (1999) - The Miocene metallogenic belt of central and northern Peru. In Skinner, B. J., ed., Geology and Mineral Deposits of the Central Andes. *Society of Economic Geologists, Special publication,* 7, p.155-193.

Noble, A.; Ríos, A.; Vidal, C.; Spell, T.; Zanetti, K.; Ochoa, J. & Cruz, J. (2005a) - Late Cretaceous basalt in the rio Mala valley, central Peru: Evidence for extension and

mafic magmatism prior to Latest Cretaceous-Paleocene plutonism and silicic volcanism. *Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar Alberto Giesecke Matto,* p. 141-148.

Noble, D.; Vidal, C.; Ángeles, C.; Wise, J.; Zanetti, K. & Spell, T. (2005b) - Caldera-related ash-flow tuff of Paleocene age in central Perú and its significance for late Cretaceous and Paleocene magmatism, sedimentation and tectonism. En: Arce, J., ed. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Alberto Giesecke Matto, Soc. Geol. Perú, Volumen Especial, 6. p. 127-140.

Palacios, O.; Caldas, v. & Churchil, V. (1992) - Geología de los cuadrángulos de Lima, Chancay y Chosica. INGEMMET, *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 43, 163 p.

Paredes, J. (1972) - *Estudio Geológico de la hoja de Jauja 1:100 000.* Tesis presentada a la Universidad de sciences et Techniques du Languedoc , para obtener el grado de Doctor en Geología Aplicada.

Paredes, J. (1991) – *Proyecto Palma, Resumen Ejecutivo*, Informe Interno CEDIMIN S. A.

Paredes, J. (1994) - Geología del cuadrángulo de Jauja (24-m). INGEMMET. *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, 48*. 104 p.

Pedder, J. (1999) – Project-Based Modelling of Carbonate-Replacement Deposits in Central Perú.

Pitcher, W. (1985) - A multiple and composite batholith. En: Pitcher, W.; Atherton, M.; Cobbing, E. & Beckinsale, R. eds. *Magmatism at a plate edge: the Peruvian Andes.* Glasgow y London. p. 93-101.

Pitcher, W. (1979) - Anatomía de un batolito. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, 60 p.13-60.

Polliand, M.; Schaltegger, U.; Frank, M. & Fontbote, L. (2005) - Formation of Intra - arc volcanosedimentary basins in the western flank of the central Peruvian Andes during Late Cretaceous oblique subduction: field evidence and constraints from U-Pb age and Hf isotopes. *Int. J Herat Sci.* (Geol. Rundsh). Vol. 94. p.231-242.

Quispe J. (2004) - *Petrografía, geoquímica e implicancias metalogenéticas de los volcánicos cenozoicos del sureste del Perú: zona de Mazo Cruz (Puno)* Tesis Pregrado – UNI. 59 p.

Quispe J. (2006) - *Características estructurales e isótopos de Plomo de las mineralizaciones auríferas de la Franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú).* Tesis de Maestría. Red DESIR-ALFA. 88 p.

Quispe J. (2007) - Depósitos de uranio en el Perú y su potencial económico. Informe Interno. INGEMMET.

Quispe, J.; Carlotto, V.; Rodríguez, R. & Huanacuni, D. (2007) - *Informe sobre la metalogenia del Perú Central-Norte. DRME del INGEMMET*. Informe interno. 31 p.

Regan, P. (1985) - The early basic intrusions. En: Pitcher, W.; Atherton, M.; Cobbing, E. & Beckinsale, R. eds. *Magmatism at a plate edge: the Peruvian Andes.* Blackie, Glasgow. p.72–90.

Romero, D. & Torres, V. (2003) - Mapa Geológico del Cuadrángulo de Huancavelica (26-n) Actualizado-Versión digital. Escala 1:50 000. Ingemmet.

Romero, D. (2007) - *La cuenca Cretácico superior-Paleoceno del Perú central: un metalotecto para la exploración de SMV, Ejemplo Mina Maria Teresa*. Tesis de maestría Programa ALFA, 100 p.

Romero, D.; Quispe, J.; Carlotto, V. & Tassinari, C. (2008) - Los depósitos de la cuenca Maastrichtiano-Daniano: relación con los yacimientos tipo SMV; Perú central. Congreso Peruano de Geología, N° 14. Congreso Latinoamericano de Geología, 13, Lima, PE, 20 setiembre - 3 octubre 2008, *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 6 p.

Rosas, S. (1989) – *Sedimentologische Untersuchungen der Formationen Cercapuquio und Chaucha im Gebiet der Erzlagerstatte Azulcocha – Zantral Peru*. Diplom Arbeit, Universidad de Heidelberg (Alemania), 126 p.

Rosas, S.; Fontboté, L. & Morche, W. (1997) - Vulcanismo de tipo intraplaca en el Grupo Pucará (Triásico.Jurásico) y su relación con el vulcanismo del Grupo Mitu

(Pérmico-Triásico). Congreso Peruano de Geología, 9. *Resúmenes extendidos*. p. 393-396.

Rye, R. & Sawkins, F. (1974) - Fluid Inclusion and Stable Isotope Studies on the Casapalca Ag-Pb-Zn-Cu Deposit Central Andes Peru. *Economic Geology*, 69. p. 181-205

Salazar, H. (1983) - Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochiri (24-k y 25-k). INGEMMET. *Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 36, 68 p.

Salazar, H. & Landa, C. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conayca, Chincha, Tantara y Castrovirreyna (26-j,26-k,26-l,26-m,27-k,27-l,27-m). INGEMMET. *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 44. 96 p.

Sánchez, A. (1982) - Edades Rb-Sr en los segmentos Arequipa-Toquepala del batolito de la costa del Perú. Congreso Latinoamericano de Geología, 5, Buenos Aires, AR, 1982, *Actas*. Buenos Aires: Servicio Geológico Nacional 1982. Tomo 3, p. 487-504.

Sánchez, A. & León, W. (1995) – Geología del Perú - Rocas Ígneas. INGEMMET. *Boletín Serie A: Carta Geológica Nacional*, 55, p.87-130.

Singer, D.; Berger, V.; Menzie, W. & Berger, B. (2005) - Porphyry Copper Deposit Density. *Economic Geology*,100, p. 491-514.

Soler, P. & Bonhomme, M. (1988) - Oligocene magmatic and associated mineralization in the polymetallic belt of central Peru. *Economic Geology*, 83, p. 657-663.

Soler, P. & Bonhomme, M. (1990) - Relation of magmatic activity to plate dynamics in central Peru from Late Cretaceous to present. En: Kay, S.M. & Rapela, C.W., eds. *Plutonism from Antarctica to Alaska*, Geological Society of America Special Paper, 241, p. 173-192.

Soulas, J. P. (1975) – Las fases tectónicas jóvenes de los Andes centrales del Perú. *Sociedad Geológica del Perú, Boletín*, 50, p. 77-89.

Steinmüller, K. (1987) – *Beiträge zur Metallogenese der Baryt-Sulfid-Lagerstätten in der östlichen Casma-Grupe Zentralperus.* Tesis doctoral, Universidad de Heidelberg, (Alemania), 112 p.

Steinmüeller, K (1999) - *Depósitos Metálicos del Perú. Su metalogenia, sus modelos, su exploración y el medio ambiente*. INGEMMET. Lima (Perú). 171 p.

Steinmüller, K. & Wauschkuhn, A. (1990) – Palma: A nonmetamorphic Strataboun Massive Zn-Ba Occurrence in the eastern Casma Group of Central Perú. En: Fontboté, l.; Amstutz, G.; Cardozo, M.; Cedillo, E. & Frutos, J., eds. *Stratabound Ore Deposits in the Andes.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1990, p. 413-420.

Vidal, C. (1987) – Kuroko-type deposits in the middle Cretaceous marginal basin of central Perú. *Economic Geology*, 82, p. 1409-1430.

Welter, O. (1946) – Apuntes sobre la geología de los alrededores de Huachón. Bol. INSTITUTO GEOLÓGICO DEL PERÚ, *Boletín*, 6, 6 p.

Wise, J. (2005) - Undulatory Silver-Rich Polymetallic Veins of the Castrovirreyna District, Central Peru: Fault Growth and Mineralization in a Perturbed Local Stress Field. *Economic Geology*, 100. p. 689-705.

Wilson, J. (1963) - Cretaceous stratigraphic of central Andes of Peru. *Amer. Ass. Petrol. Geo*. Bull. 47 (1). p 1-7.

Zappettini, E.; Godeas, M.; Seggiaro, R.; Korzeniewski, L.; Rubiolo, D.; Miranda-Angles, V.; Uribe-Zeballos, H.; Heuschmidt, B.; Rodríguez, C.; Vivallo, W.; Gardeweg, M.; Mpodozis, C.; Palacios, O.; Paz, M. ; Boulanger, E.; Carpio, M. & Cocking, R. (2001) - *Mapa metalogénico de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú (14°S-28°S).* Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Publicación Geológica Multinacional, 2. 222 p.

Zegarra, E. (1973) – *Calculo de reservas de mineral diciembre* – 1972. Lima: Compañía Minera Raura S.A., 42 p. (disponible A.T. Ingemmet C8649).