



## **DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS**

### **“EVOLUCIÓN TECTÓNICA, SEDIMENTARIA Y MAGMÁTICA DEL PÉRMICO-TRIÁSICO-JURÁSICO (DEL MITU AL PUCARÁ): IMPLICANCIAS GEODINÁMICAS, METALOGENÉTICAS Y PETROLÍFERAS”**



*Brecha hidráulica. Presencia de clastos con textura rítmica, Mina San Vicente.*

### **INFORME SOBRE LA METALOGENIA DEL PERÚ CENTRAL-NORTE**

**Preparado por:**

Jorge, QUISPE CANGANA  
Víctor, CARLOTTO CAILLAUX  
Rildo, RODRÍGUEZ  
Dina, Huanacuni Mamani

**Lima – Perú  
Diciembre, 2007**

## INDICE

### 1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

1.2. Ubicación

### 2. MARCO GEOLÓGICO

2.1. Introduction

2.2. Evolución Estratigrafica y Magmática Relacionada con el Rift Permo-Triásico

2.2.1 Depósitos anteriores al Rift

2.2.2 Depósitos Coetáneos al Rift Temprano

2.2.2 Depósitos y Magmatismo Syn-Rift

2.2.3 Depósitos Post-Rift

2.3. Evolución Estructural y Magmatismo Asociado

2.3.1. Dominio de la Cordillera Occidental - Sector Sur

2.3.2 Dominio de la Cordillera Occidental – Sector Norte

2.3.3 Dominio de las Altiplanicies

2.3.4 Dominio Curahuasi – Andahuaylas-Licapa

2.3.5 Dominio Cordillera Oriental

2.3.6 Dominio de Ayacucho

### 3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

3.1. Tipos de Depósitos Metálicos

3.1.1 Depósitos metálicos asociados con rocas Permicas-Triásicas-Jurásicas

3.1.2 Depósitos metálicos controlados por reactivaciones sistemas de fallas Permo-triásicas

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

## ANEXOS

- Figura 1. Mapa de ubicación
- Figura 2. Distribución de rocas Permo-Triásicas-Jurásicas
- Figura 3. Distribución de rocas intrusivas Permo-Triásicas que coinciden con el eje axial del rift
- Lámina 1. Mapa geológico de rocas del Pérmico-Triásico-Jurásico
- Lámina 2. Mapa de Rocas Intrusivas
- Lámina 3. Mapa de distribución de depósitos metálicos hospedados rocas del Pérmico-Triásico-Jurásico
- Lámina 4. Mapa de distribución de depósitos relacionados con las reactivaciones de sistemas de fallas Permo-triásicas

## **1. GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

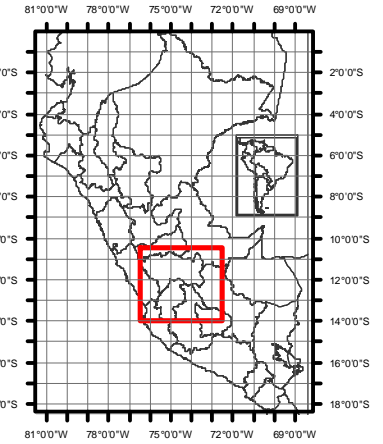
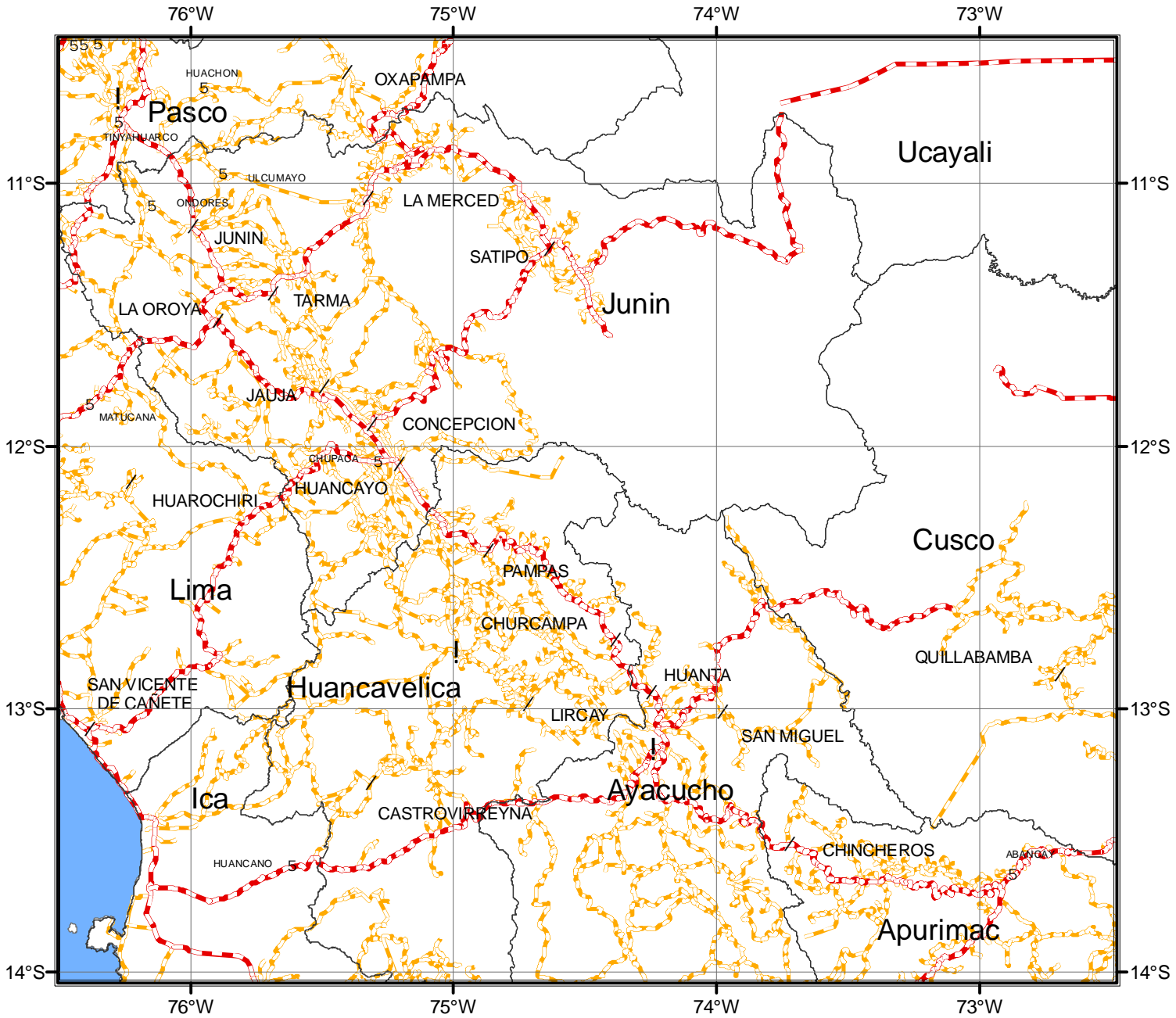
El proyecto GR-6 “Evolución Tectónica, Sedimentaria y Magmática del Pérmico-Triásico-Jurásico (del Mito al Pucará): Implicancias Geodinámicas, Metalogenéticas y Petrolíferas”, forma parte de los proyectos de investigación por dominios geotectónicos, que viene desarrollando el INGEMMET desde el año 2004, el cual es dirigido por las direcciones de Geología Regional y Geología Económica.

Los trabajos geológicos regionales se iniciaron el año 2005 en el Sur del Perú, donde se definieron importantes estructuras de edad Permo-Triásica que controlaron el magmatismo y sedimentación en dicha época y sus reactivaciones en la distribución de cuencas meso-cenozoicas andinas y amazónicas.

Para el año 2006 y desde el punto de vista geológico-económico, el presente proyecto tiene por finalidad estudiar las características metalogenéticas de los depósitos metálicos del Perú central, hospedados en rocas del Pérmico, Triásico y Jurásico (del Mito al Pucará); así como ver si existen controles estructurales regionales antiguos en la mineralización posterior.

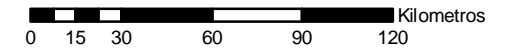
### **1.2. Ubicación**

El área de estudio está comprendida entre los paralelos 72°30' y 76°30' de longitud Oeste y de 10°30' a 9°30' de latitud sur, abarcando parte de las regiones de Pasco, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Apurímac y Cusco (**Figura 1**).





Republica del Peru  
 Sector de Energia y Minas  
 Instituto Geologico Minero y Metalurgico  


**FIGURA N° 01**  
**MAPA DE UBICACION**  
**PROYECTO GR6- 2006**



1:2,500,000

**LEYENDA**

- ! Capital Departamental
- / Capital Provincial
- 5 Capital Distrital
-  Carreteras Principales
-  Trocha Carrozable

## **2. MARCO GEOLÓGICO**

### **2.1. Introducción**

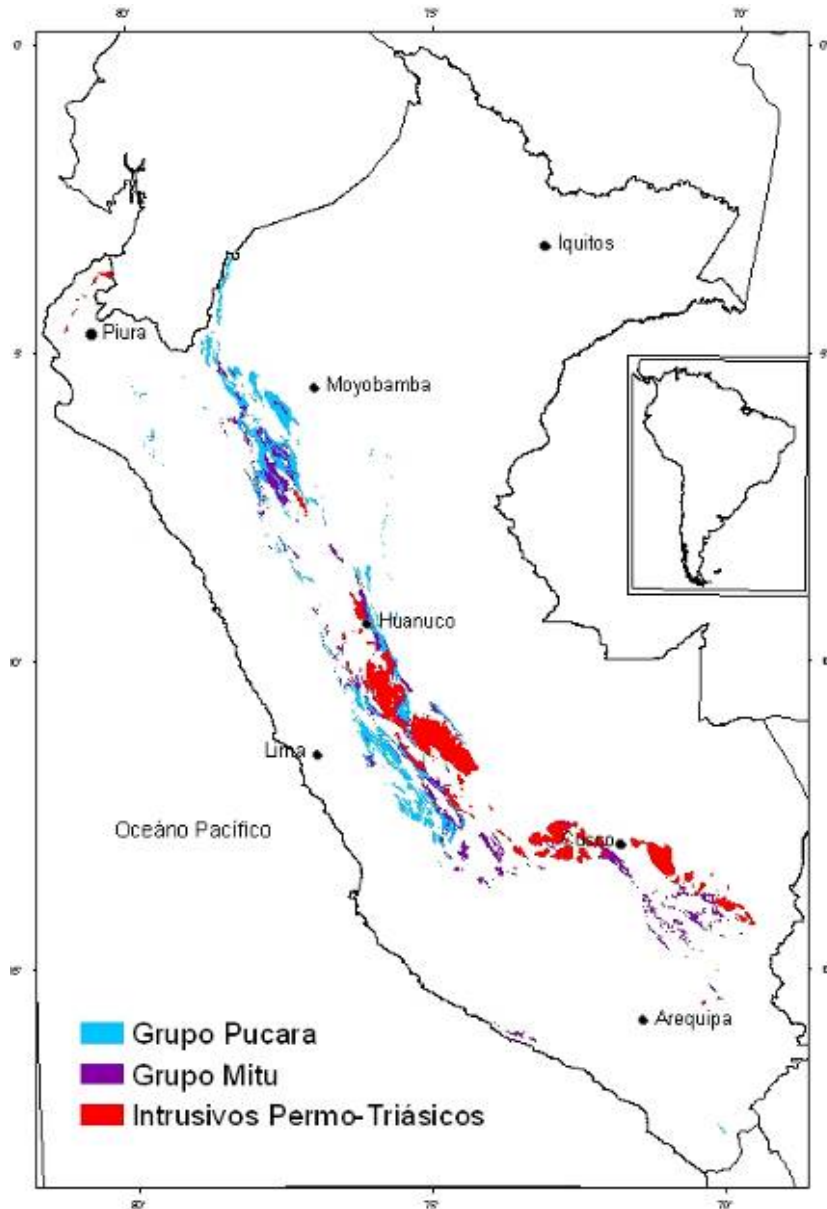
La zona de estudio se enmarca en los dominios morfoestructurales de la Cordillera Oriental y Cordillera Occidental. La litoestratigrafía del área está conformada por series metamórficas Precámbricas (Mégard, 1974, 1979) dispuestas a lo largo de la Cordillera Oriental, rocas silicoclásticas del Ordovícico-Silurico-Devónico, silicoclásticas y carbonatadas del Carbonífero-Pérmico inferior, volcano-sedimentarias y carbonatadas del Pérmico-Triásico-Jurásico, detríticas y carbonatadas del Jurásico-Cretácico y secuencias mayormente volcánicas del Neógeno.

La evolución tectónica, sedimentaria y magmática del área, fue controlada por sistemas de fallas regionales, muchas de ellas generadas a partir del proceso de *rifting* durante el Permo-Triásico (Carlotto et al., 2000), donde sus reactivaciones habrían jugado un papel importante en la evolución de cuencas, control de magmatismo y sobre todo en la distribución espacial y temporal de depósitos metálicos.

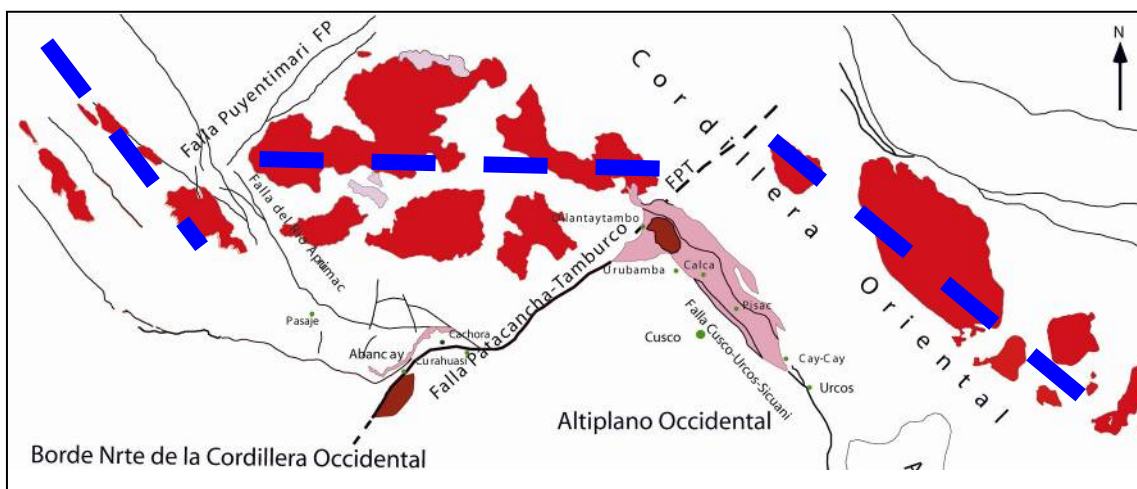
### **2.2. Evolución Estratigráfica y Mágmatía Relacionada con el Rift Permo-Triásico**

El contexto tectónico para las unidades geológicas del Pérmico-Triásico-Jurásico (Grupos Mitu y Pucará), se les relaciona con un *rifting* que se desarrolló diacrónicamente en la cordillera Oriental del Perú (Mégard, 1973, 1978; Laubacher, 1978; Noble et al., 1978; Dalmayrac et al., 1980; Kontak et al., 1985; Rosas & Fonboté, 1995; Rosas et al., 1997; Jacay et al., 1999). El ambiente deposicional ha sido definido como continental y marino (McLaughlin, 1924; Steimann, 1929; Harrison, 1943, 1951; Newell et al., 1953). Secuencias volcánicas del Grupo Mitu del Pérmico superior-Triásico e intrusiones de similar edad, con afinidades geoquímicas toleíticas o alcalinas (Vivier et al., 1976; Kontak, 1984; Soler, 1991), sugieren el inicio del proceso de *rifting* (**Figuras 2 y 3**).

En tal sentido, para entender mejor la distribución de unidades geológicas en la zona de estudio, se ha tomando como base la evolución del rift Permo-triásico (**Lámina 1**).



**Figura 2.** Distribución de rocas Permo-Triásicas-Jurásicas



**Figura 3.** Distribución de rocas intrusivas Permo-Triásicas que coinciden con el eje axial del rift (Carlotto, 2000).

### **2.2.1 Depósitos anteriores al Rift**

Como unidades guías para definir y destacar a unidades propias del rift Permo-triásico, se considera a rocas con edades del Pensilvaniano al Pérmico inferior y de origen marino; las que están constituidas por secuencias de calizas fosilíferas con niveles de areniscas, lutitas negras y calizas ricas en chert y corresponden a los grupos Tarma y Copacabana.

En algunas áreas de la Cordillera Oriental afloramientos del Grupo Copacabana se encuentran intensamente plegados, metamorfizados e intruidos por granitoides Permo-triásicos (Soler & Bonhomme, 1987). Estos afloramientos se encuentran preservados, debido a que se encuentran en bloques con geometrías de grábenes relacionados a la depositación del Grupo Mitu en forma discordante.

### **2.2.2 Depósitos Coetáneos al Rift Temprano**

En los sectores de Huayllabamba Noreste de Cusco y Cachora Oeste de Curahuasi, se ha encontrado lutitas negras que sobreyacen discordantemente sobre el Grupo Copacabana. Muestran una gradación a carbonatos con niveles de chert y/o a areniscas originadas en ambientes marino somero a fluvial o eólico. Esta sucesión continua se correlaciona con la Formación Ene (Carlotto et al., 2000), la cual a su vez sobreyace concordantemente a rocas volcánicas y secuencias rojizas conformadas por limolitas, areniscas y yeso, las cuales corresponden a facies locales del Grupo Mitu (Carlotto et al., 2000; Carlotto et al., 2004).

En la zona de Cachora-Huanicapa (Abancay) que constituye el límite entre la Cordillera Oriental y Altiplano, la Formación Ene consta de niveles volcánicos con estructuras almohadilladas. En consecuencia, el ambiente de deposición de la Formación Ene habría ocurrido en zonas con subsidencia (semigrábenes). Mientras que, la depositación continental del Grupo Mitu habría ocurrido en zonas adyacentes y elevadas (horsts).

### **2.2.2 Depósitos y Magmatismo Syn-Rift**

Un intenso magmatismo ocurrió en el sur y centro del Perú durante la evolución del rift Permo-triásico (Mégard, 1978; Dalmayrac et al., 1980; Carlier et al., 1982; Soler, 1991). Al Sur del Perú, 21 km al Noroeste de Juliaca destaca la presencia de



rocas volcánicas predominantemente básicas con un registro de edad radiométrica de  $272 \pm 10$  Ma (K-Ar en roca total, Klinck et al., 1986). En lo que concierne a nuestra zona de estudio, se han identificado numerosos granitoides que intruyen el basamento metamórfico y sus edades radiométricas varían de  $253 \pm 11$  Ma (K-Ar en moscovita, Soler, 1991) a  $204 \pm 9$  Ma (K-Ar en plagioclasa, Soler, 1991). Entonces, se asume que sincronicamente al volcanismo del Grupo Mitu se produjo el emplazamiento de los granitoides Permo-Triásicos, típico de ambientes de rift.

Por otro lado, coetáneo al magmatismo se produjo la depositación de secuencias rojas a moradas, conformadas por conglomerados, areniscas, limolitas y localmente con niveles de evaporitas; acumulados en grábenes subsidentes (Mégard, 1978; Dalmayrac et al., 1980; Carlotto, 1988). Estas rocas sedimentarias muestran paleoambientes de abanicos aluviales, sistemas deposicionales y lagos. Se encuentran intercaladas con rocas volcánicas, pero en algunos casos predominan las secuencias sedimentarias con cambio de facies laterales, indicando un control estructural durante su deposición y relacionados con los sistemas de fallas que producen los fallamientos en bloques dentro del rift Permo-triásico.

### **2.2.3 Depósitos post-Rift**

El rift Permo-triásico generó un hundimiento térmico que expandió progresivamente la cuenca, permitiendo la deposición de rocas carbonatadas entre Triásico superior y Jurásico medio, correspondientes al Grupo Pucará (Mégard, 1978; Stanley, 1994). Al Este, en el oriente peruano, estratos rojos de origen aluvial y eólico (Formación Sarayaquillo inferior) cambian de facies hacia el Oeste a rocas carbonatadas del Grupo Pucará (Mégard, 1978). Secuencias de basaltos son frecuentes en los niveles inferiores del Pucará, con características geoquímicas de intraplaca y mineralizaciones de plomo-zinc-plata (Kobe, 1995; Rosas & Fonboté, 1995; Rosas et al., 1997).

La transgresión del Grupo Pucará progresó de Norte a Sur a lo largo del eje de rift (Mégard, 1978), pero no penetró al Sureste de Cusco (Dalmayrac et al., 1980), debido a la existencia del alto estructural Manu-Fitzcarral-Abancay controlado por los sistemas de fallas Patacancha-Tamburco y Curahuasi-Chincheros-Licapa (Carlotto et al., 2004). Dicho alto limitaría a las cuencas Pucará y la cuenca Arequipa.

Al Sur del sistema de fallas Curahuasi-Chincheros-Licapa, se produce la deposición de calizas del Toarciano-Bajociano, anteriormente denominada como Grupo Pucará. Sin embargo, por la presencia del alto estructural paleogeográficamente correspondería a la Formación Socosani de la cuenca Arequipa. Entre el Jurásico superior y Cretácico inferior, la cuenca Arequipa fue rellenada por areniscas, lutitas y calizas correspondientes al Grupo Yura, en ambientes turbidíticos, continental y plataforma carbonatada (Wilson & García, 1967).

Entre Ayacucho y Cerro de Pasco, al Norte de sistema de fallas Curahuasi-Chincheros-Licapa, el Cretácico inferior está constituido por areniscas cuarzosas, lutitas y areniscas rojas y niveles de carbón, pertenecientes al Grupo Goyllarizquiga.

En el Cenomaniano la Cordillera Occidental del Perú central esta representado por calizas marinas de la Formación Chulec, mientras que, las altiplancies limitadas por los sistemas de fallas Huancavelica-La Oroya y Ayacucho-Cerro de Pasco contienen lutitas rojas y areniscas de la Formación Pariahuanca, que es cubierta por una nueva secuencia calizas marinas denominada de la Formación Jumasha.

Durante el Paleógeno y Neógeno, los sistemas de fallas heredados del rift Permo-triásico, tuvieron sus reactivaciones originando cuencas sedimentarias continentales, como es el caso de las cuencas Anta y San Jerónimo en el Cusco, Castrovirreyna en Huancavelica y Casapalca entre Junín y Lima. Asimismo, controlaron la distribución de centros volcánicos, como los reconocidos en los distritos mineros de Cerro de Pasco y Colquijirca.

### **2.3. Evolución Estructural y Magmatismo Asociado**

La cuenca Permo-Triásica en el Perú central abarca una extensa área, que es limitada al Oeste (Cordillera Occidental) por el sistema de fallas Chonta y al Este (Zona Subandina) por el sistema de fallas Satipo-Pangoa-San Francisco. El hecho de que la Cuenca Permo-Triásica sea extensa, permite que existan fallas intra cuenca que han originado cambios paleogeográficos dentro de la misma, es así pues, que se pueden definir 6 dominios estructurales que han jugado un papel importante en la geodinámica andina durante y después del Permo-triásico (**Láminas 2 y 3**).

### **2.3.1. Dominio de la Cordillera Occidental-Sector Sur**

Tiene orientación NO-SE, es delimitado hacia el Suroeste por el Sistema de Fallas Chonta y al Noreste por el Sistema de Fallas San José de Quero. Este Dominio no ha sido bien estudiado puesto que no presenta afloramientos del Permo-Triásico. Debido a que no se tiene unidades estratigráficas más antiguas al Permo-Triásico, no se puede asegurar que en este lugar no se haya depositado el Grupo Mitu o la Formación Chambará del Grupo Pucará. Sin embargo, a diferencia de lo otros dominios estructurales, en este sector se tiene los afloramientos más extensos de la Formación Condorsinga de Jurásico inferior, que infrayace a las formaciones Chunumayo y Cercapuquio del Jurásico medio.

Dentro de este dominio destacan intrusivos sub-volcánicos con edades K-Ar entre 8.3 y 6.9 Ma, relacionados con mineralizaciones tipo epitermales de Ag y cordilleranas de metales base Pb-Zn-Ag.

### **2.3.2 Dominio de la Cordillera Occidental-Sector Norte**

El dominio de la Cordillera Occidental del sector Norte, presenta una dirección NO-SE, es limitada al Este por el sistema de fallas La Oroya-Huancavelica, por el Oeste con el sistema de fallas Chonta y al Sur por el sistema de fallas San José de Quero. A partir de este sector se tienen afloramientos del Permo-triásico especialmente en los domos de Yauli y Malpaso, donde las rocas Permo-triásicas se encuentran sobre afloramientos del Paleozoico inferior (Formación Excelsior).

Al Norte del Domo de Yauli, se encuentra el Domo de Malpaso, el mismo que se ubica entre el límite del Dominio de la Cordillera Occidental y el Dominio de las Altiplanicies. A partir del Domo de Malpaso destaca la presencia de afloramientos de rocas del Pérmico superior, por lo que se asume que a partir de este dominio, el Rift Permo-Triásico tiene mayor desarrollo.

En este sector es notable la actividad magmática desde el Permo-Triásico hasta el Mioceno superior como es el caso de la intrusión de Chumpe con una edad U-Pb en zircones de 6 Ma (Beuchat et al. 2000). Este sector presenta un alto potencial por depósitos metálicos, con muchos estadios de mineralización superpuestos; por lo que es muy difícil establecer su génesis.

### **2.3.3 Dominio de las Altiplanicies**

Se encuentra limitado al Oeste por el sistema de fallas Huancavelica-La Oroya y al Este por el sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco. El límite Sur de este dominio aún no se encuentra bien definido, pero se puede apreciar el acúñamiento de fallas entre las localidades de Mariscal Cáceres y Lircay, que luego se unen al sistema de fallas Abancay–Chincheros–Licapa.

En el Dominio de las Altiplanicies se exponen los mayores afloramientos del Permo-Triásico. El Grupo Mitu del Pérmico, presenta facies volcano-sedimentarias, mientras que el Grupo Pucará, se encuentra bien desarrollado mostrando claramente sus formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga.

La actividad magmática de este sector se presenta en dos etapas, una entre el Jurásico medio, con mineralización polimetálica de vetas mesotermales y otra del Eoceno superior-Oligoceno, relacionado con depósitos tipo skarn (ejm., Milpo y Atacocha) y cordilleranos de metales base como Machcán.

### **2.3.4 Dominio Curahuasi – Andahuaylas-Licapa**

Presenta sistemas de fallas inversas con orientación E-O. Este dominio limita la extensión del Grupo Mitu entre las localidades de Curahuasi-Chincheros-Licapa y constituye un alto estructural junto a la falla Tamburco-Patacancha de dirección NE-SO, que controlaron la sedimentación Permo-Triásica de este sector (Carlotto, 1998).

Las reactivaciones de estos sistemas de fallas están en relación con el volcanismo del Mioceno y la generación de depósitos principalmente epitermales y cordilleranos con filiación epitermal.

### **2.3.5 Dominio Cordillera Oriental**

Se encuentra limitado, al Oeste por el sistema de fallas Ayacucho-Cerro de Pasco, y al Este por el sistema de fallas Satipo-Pangoa-San Francisco. Es característico de este dominio la presencia de grandes cuerpos plutónicos a los que se les atribuye una edad Permo-Triásica.

En este sector el Grupo Mitu presenta facies volcano-sedimentarias y el Grupo Pucará se encuentra por lo general indiviso. Debido a la presencia de stocks plutónicos y mayores espesores de las unidades Permo-Triásicas dentro del Dominio de la Cordillera Oriental, se asume que el eje del Rift Permo-Triásico se encontraría a lo largo de este dominio.

Las intrusiones Permo-Triásicas de este sector muestran potencial por depósitos de uranio-cobalto-níquel y cobre. Por otro lado es notable la presencia de algunos stocks de granitoides de edad Cretácica, relacionados con sistemas porfiríticos de cobre y molibdeno.

### **2.3.6 Dominio de Ayacucho**

Presenta una forma Triangular, limitada al Norte por el sistema de fallas Lircay de dirección N-S, al Sur por el sistema de fallas Curahuasi-Chincheros-Licapa y por el Este por el sistema de fallas Cerro de Pasco-Ayacucho. Este sector se caracteriza por presentar una actividad magmática de edad Oligocena y Pliocena, que cubre gran parte de rocas y estructuras de la cuenca Permo-Triásica.

En el Dominio de Ayacucho las estructuras N-S se extienden entre las localidades de Lircay y Totos. Dichas estructuras durante el Triásico-Jurásico habrían controlado la depositación del Grupo Pucará, manifestado por las variaciones de facies laterales, que permiten diferenciarlas de unidades de la cuenca Arequipa.

### **3. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

Para el estudio de la geología económica del área del proyecto, se ha integrado datos de geología regional e información pública de depósitos metálicos. Así mismo, a través de evaluaciones de campo y estudios de geología económica de otros investigadores, se ha realizado la clasificación genética de depósitos metálicos. Para establecer la relación entre la evolución del rift y la mineralización, se han seleccionado todos los depósitos hospedados en rocas Permo-Triásicas (intrusivos, Mitu y Pucará), y además otros controlados por reactivaciones sistemas de fallas heredadas del rift Permo-Triásico.

#### **3.1. Tipos de Depósitos Metálicos**

##### **3.1.1 Depósitos metálicos asociados con rocas Pérmicas-Triásicas-Jurásicas**

En el Hetangiano la cuenca del Pucará registra dos áreas paleogeográficas diferentes. La primera se ubica al Este en la Zona Subandina que está conformada por dolomitas de ambiente peritidal con niveles evaporíticos. Estas rocas hospedan yacimientos tipo *Mississippi Valley* como San Vicente. La otra área paleogeográfica constituye el Pucará central que está caracterizado por facies calcáreas de ambiente más profundo y niveles volcánicos, donde se tiene yacimientos tipo estratoliados. Esto nos permite plantear que el Pucará estuvo limitado al oeste por un arco volcánico durante el Sinemuriano-Toarciario, como lo muestran los niveles superiores de la Formación Aramachay y gran parte de la Formación Condorsinga cerca del Domo de Yauli y Morococha.

Por otro lado, relacionado al magmatismo Pérmico-Triásico-Jurásico se tienen depósitos de uranio asociados a algunos depósitos metálicos de níquel-cobalto-cobre y diques aplíticos (**Láminas 3 y 4**).

##### *3.1.1.1 Depósitos de uranio-níquel-cobalto-cobre*

Estos depósitos se encuentran hospedados en rocas metamórficas Precámbricas?, metasedimentos, calizas y volcánicos del Paleozoico, intrusiones Permo-Triásicas, secuencias del Grupo Mitu y calizas del Grupo Pucará.

Estructuralmente están controlados por los sistemas de fallas Satipo-Pangoa-San Francisco, Cerro de Pasco-Ayacucho, Puyentimari y Patacancha-Tamburco.

La fuente de mineralización de estos depósitos, se relaciona con la actividad magmática del Pérmico-Triásico-Jurásico, y favorecida por los sistemas de fallas regionales anteriormente nombrados.

En Cerro de Pasco, se tienen registros de vetas de cuarzo con mineralización de cobre-uranio en el área del depósito San Alberto, alojadas en filitas Precámbricas? del Grupo Huaytapallana y conglomerados del Grupo Mitu. En este sector las leyes de  $U_3O_8$  están en el rango de 0.850% a 1.350% (JCEA, 1966).

Las concentraciones de uranio en el área de la región Junín, se encuentran como subproductos en los depósitos polimetálicos de Janchiscocha y Alejandría. En Janchiscocha, las concentraciones de uranio están asociadas a menas de molibdeno, dispuestas como vetillas en granitos Permo-Triásicos. La ley promedio de  $U_3O_8$  es 0.010%. En Alejandría, el uranio está asociado a menas de cobre-plomo-zinc-plata, distribuidas en vetas que se alojan en los grupos Mitu y Pucará. Las leyes de  $U_3O_8$  varían entre 0.020% y 0.070%.

En la región Huancavelica, se tienen anomalías de uranio junto a concentraciones de plomo-plata, a manera de vetas y cuerpos. Estas estructuras mineralizadas se hallan en sedimentos del Grupo Mitu. El depósito con leyes anómalas de uranio es Restauradora, donde las leyes de  $U_3O_8$  varían de 0.010% a 0.100% (Sosa, 1973).

En la región Cusco los depósitos de uranio se encuentran alrededor de los pueblos de Vilcabamba y Chaullay, dispuestas como relleno de fracturas, reemplazamiento y diseminadas. La mena de uranio principalmente es la uraninita y se encuentra acompañada de minerales de cobre-cobalto-níquel. Sus rocas hospedantes son metasedimentos Ordovícicos de la Formación San José, volcánicos Carboníferos del Grupo Ambo, Intrusivos Permo-Triásicos y volcánicos Permo-Triásicos del Grupo Mitu. Los principales depósitos de uranio de este sector son Huashuacochoa, Huaynahuarco, Tembladera, Huamanapi, Calderón, Negrillas, Puntarayoc, Minasmayo, Yunquiyoc, Santa Rita, Chaullay, entre otros. Las leyes promedio de  $U_3O_8$  varían entre 0.050% y 2.000%, pero puntualmente resaltan altos valores de  $U_3O_8$ ; como es el caso de los depósitos Adrianita (16.500% de  $U_3O_8$ ), San Marcos I y II (7.200% de  $U_3O_8$ ) y Trinchera (14.250% de  $U_3O_8$ ).

### 3.1.1.2. *Pórfidos-skarns-mesotermales de cobre-plomo-zinc*

Este tipo de depósitos se encuentran distribuidos en el flanco Oeste de la Cordillera Oriental del Perú central. La mineralización de este sector está controlada por el sistema de fallas de Cerro de Pasco-Ayacucho y Satipo-Pangoa-San Francisco. Las rocas huéspedes están constituidas por calizas del Pérmico inferior del Grupo Copacabana, volcánicos y sedimentos del Permo-Triásico del Grupo Mitu y rocas carbonatadas del Triásico-Jurásico del Grupo Pucará.

El yacimiento más representativo de este grupo de depósitos es Cobriza, pero destacan otros depósitos como Lourdes, Machay, Romate, entre otros. Así mismo es importante mencionar dos sistemas porfiríticos de Cu-Mo como son Aturqui y La Oveja.

La mineralización del depósito de cobre Cobriza se encuentra hospedada en calizas del Pérmico inferior del Grupo Copacabana. Presenta una geometría de manto, con una longitud de 4500 m y potencia promedio de 25 m. Genéticamente está clasificada como un skarn cálcico de cobre con pequeñas cantidades de plata. Los principales controles de mineralización son fallas inversas de rumbo NO-SE. En el área del depósito se tiene un stock granítico y dos generaciones de diques.

El intrusivo granítico es denominado localmente como granito Cobriza datado en 231 Ma (Stewart, 1974). En el contacto con las secuencias sedimentarias presenta una débil silicificación y moderada propilitización. Los diques tienen dos composiciones, uno basáltico y otro de naturaleza diorítica a cuarzo monzonita. Estos últimos tipos de diques parecen estar relacionados más cercanamente con la mineralización del skarn.

Las alteraciones hidrotermales presentan asociaciones mineralógicas de diópsido-calcita-cuarzo, andradita-grosularia-calcita-cuarzo y hornblenda-actinolita-magnetita. Los estadios de mineralización se dieron en tres etapas. Primero, un estadio temprano con mineralización predominante de pirrotita-pirita con halos discontinuos de actinolita. El segundo evento representado por vetillas de arsenopirita-pirita-bismutinina-bismuto. El tercer evento es el económico y está caracterizado por la presencia de calcopirita que bordea a núcleos de magnetita-granates y reemplaza



gradualmente a sectores ricos en diópsido, pirrotita, actinolita y parcialmente a la horblenda.



**Fotos 1 y 2.** Nótese a las calizas del Grupo Copacabana, roca de la mineralización de Cobriza. Asimismo, detalle de la estructura mineralizada constituida por calcopirita, pirrotita y pirita.

### 3.1.1.3. Sedimentarios exhalativos de plomo-zinc

Relacionados a la actividad magmática, determinada al contacto del Grupo Mitu con el Grupo Pucará y en el Pucará medio. Destacan numerosos depósitos metálicos, como: Huarimpa, Manto Katy y otros ubicados en los domos de Yauli y Malpaso.

Con respecto al magmatismo en el Pucara central, existen varias posibilidades que pueden ser consideradas: 1) relacionado a condiciones extensionales tectónicas, 2) representando un tipo de volcanismo tras-arco correlacionado con el arco volcánico al Oeste, 3) fases tardías del magmatismo Pérmico (evidencia quizás por el contacto con el Mitu-Pucara?).

En el Perú central un número de depósitos estratoligados ocurren cerca del contacto de los grupos Mitu y Pucará. Los depósitos más representativos se encuentran alrededor del Domo de Yauli (por ej. Carahuacra, Huaripampa, Tingocancha; Vera, 1983); el Manto Katy cerca a Morococha (Huamán, 1983), parte de la minas Morococha y Malpaso (Kobe, 1977 y 1982), y quizás partes de la mina Machcán (Hirdes & Amstutz, 1978); todos estos depósitos espacialmente están relacionados con la de rocas volcánicas inter-estratificadas dentro de la secuencia del Pucará.

La presencia de actividad volcánica en la base del Pucará, la geometría estratiforme a escala de mina y la paragénesis, sugieren el modelo volcánico-

sedimentario exhalativo propuesto por diferentes autores (Kobe, 1977 y 1982; Hirdes & Amstutz, 1978; Vera, 1983; Dalheimer, 1985).

Los depósitos metálicos ocurren principalmente como mantos distribuidos entre rocas volcánicas y rocas carbonatadas de aguas someras de las formaciones Aramachay y Condorsinga. Los mantos consisten principalmente de agregados masivos de pirita, hematita, magnetita, esfalerita y galena con diferentes cantidades de cuarzo, calcita, dolomita y siderita rica en manganeso.

La paragénesis de estos depósitos guarda estrecha relación con la actividad volcánica, lo que permite catalogarlos como sulfuros masivos y geoquímicamente se caracterizan por mostrar altas leyes de In y bajas leyes en Cd, Ga, Ag, Bi y Ge (Soler & Lara, 1983).

#### *3.1.1.4. MVT de zinc-plomo*

Se sitúa a lo largo de la Zona Subandina del centro del Perú con deformaciones de probable edad Miocena superior (Mégard 1984). Las calizas del Grupo Pucará constituyen la roca hospedante. Estos depósitos se pueden dividir en dos grupos, los que se encuentran en la base del Pucará (por ej. Shalipayco, Zn-Pb-Ag) y los que se hospedan en la parte central del Pucará (por ej. San Vicente, Zn-Pb) (Fonboté, 1990). A nivel de elementos menores y traza, los depósitos tipo MVT hospedados en el Grupo Pucará se caracterizan por sus altas leyes de Ge y Cd, bajas leyes de Bi, Ag, Ga e In (Soler & Lara, 1983).

#### *Depósitos tipo Mississippi Valley hospedados en la base del Grupo Pucará*

Dentro de este grupo de depósitos se puede incluir a Shalipayco y Pichita Caluga. El área de Shalipayco contiene varios cuerpos estratiformes de Zn-Pb hospedados en facies dolomíticas Formación Chambará, que representa la transición de facies del Pucará central y oriental. El horizonte más bajo mineralizado está localizado en el contacto con el Grupo Mítu, dentro de un conglomerado volcanoclástico (Kobe, 1977; Michaud, 1977). Las estructuras mineralizadas se extienden aproximadamente hasta 20 km, con una dirección N-S. Los minerales de mena son esfalerita y galena, con pirita subordinada. Parte de los cuerpos mineralizados ocurren en horizontes con claro pseudomorfismo evaporítico. En contraste con San Vicente, frecuentemente las menas son de grano fino.

Investigaciones de isótopos de plomo indican que los metales fueron lixiviados de material volcánico infrayacente y precipitaron en horizontes dolomíticos sulfatados. Los valores relativamente altos de plata respaldan esta hipótesis.

Otro yacimiento de Zn-Pb-(Ag) localizado en la secuencia basal del Pucará es la mina Pichita Caluga, 8 Km. al noroeste de San Ramón.



**Fotos 3 y 4.** Estructuras mineralizadas del depósito Pichita Caluga. Nótese en la foto derecha una estructura de galena masiva con pátinas de óxidos en el contacto del Grupo Mitu y conglomerados basales del Grupo Pucará.

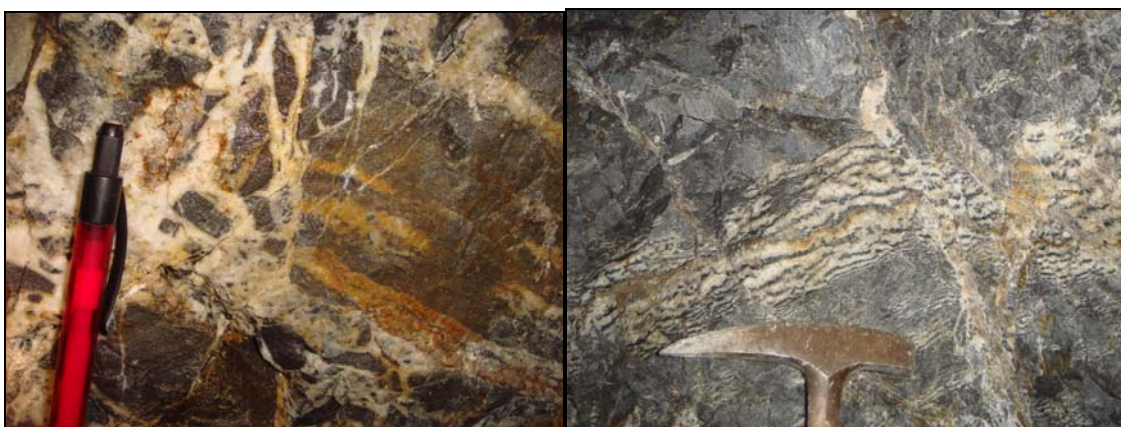
#### *Depósitos tipo Mississippi Valley hospedados en la parte central del Pucará*

Se distribuyen principalmente en el Pucará oriental, en secuencias dolomíticas asignadas al Hetangiano. El depósito más relevante de este sector es la mina de Zn-Pb San Vicente. Los minerales de mena están conformados por esfalerita y galena, con más de 15 millones de toneladas de producción y reserva con 12% Zn y 1% Pb (Fonboté & Gorzawski, 1990).

Los principales horizontes mineralizados presentan una dolomitización tidal de facies lagunares con laminación criptoalgal y moldes evaporíticos y calizas oolíticas. El yacimiento de Zn-Pb de San Vicente aparentemente ha sido formado por procesos diagenéticos. Las temperaturas indicadas por geotermometría de azufre, indican un rango de temperatura de 75° C a 92° C; que coincide con las gradientes de soterramiento a una profundidad de 2 a 3 km aproximadamente y se asume que afectó la zona durante el Jurásico. El modelo basado en la reducción abiogénica de sulfatos durante la deposición de menas e introducción de Zn y Pb mediante salmueras es caracterizado por los radios isotópicos ligeramente altos de estroncio favorecidos por el ambiente marino y altas relaciones isotópicas de plomo. La relación de los cuerpos

mineralizados con facies peritidales ricas en sulfatos es la principal evidencia de la existencia de dos reservorios separados por azufre y metales, donde los metales podrían provenir del basamento Precámbrico del escudo brasileño lo que está respaldados por los ratios de estroncio y plomo radiogénicos.

Adicionalmente son conocidas otras ocurrencias y prospectos de Zn-Pb a lo largo de una franja de orientación N-S con una extensión próxima a 200 km, a lo largo de una franja N-S controlada estructuralmente por una falla inversa de igual dirección y que se extiende entre el río Huallaga y San Vicente.



**Fotos 5 y 6.** Presencia de brechas hidráulicas y estructuras rítmicas, ambas con presencia de dolomitas, guías de exploración de menas de Zn-Pb en el depósito San Vicente.

### 3.1.1.5 Depósitos de cobre en Capas Rojas

En el Perú central se tiene al depósito de Cu Negra Huanusha hospedado en secuencias de capas rojas del Grupo Mitu. La mineralización ocurre en un área de 250 m por 15 m, se encuentra como impregnación en areniscas. Los minerales de mena están conformados por calcosita, bornita, covelita, malaquita, azurita, cuprita y sulfatos de cobre (Kobe, 1990).

La concentración de menas de cobre se produjo por procesos continuos durante la acumulación y diagénesis de capas rojas, producto de la erosión post-Pérmica y actividad magmática contemporánea (Kobe, 1990).

### 3.1.2 Depósitos metálicos controlados por reactivaciones sistemas de fallas Permo-triásicas

Las reactivaciones de los sistemas de fallas Permo-Triásicas han jugado un papel importante en la paleogeografía durante la tectónica andina, tal es así, que

durante el Cenozoico, controló la distribución de cuencas continentales y magmatismo asociado con los depósitos de Pb-Zn-Ag-Cu, que constituyen la franja polimetalica del Perú Central (Petersen, 1965; Bellido et al., 1969; Ponzoni, 1982; Soler, 1986; Soler et al., 1986). Ello explica la presencia de depósitos tipo pórfido, skarns, epitermales y cordilleranos de metales base (Fonboté & Bendezú, 1999; Bendezú et al., 2003) **(Lámina 4)**.

### *3.1.2.1 Skarns de plomo-zinc-cobre*

#### *Milpo-Atacocha*

Los depósitos de Milpo y Atacocha de Pb-Zn-Cu se encuentran hospedados en calizas del Grupo Pucará, pertenecientes a la Formación Chambará. La mineralización esta asociada a intrusiones pórfido dacíticas con edades K-Ar entre 29.8 y 25.9 (Soler & Bonhomme, 1988) y controlada estructuralmente por la extensión del sistema de fallas Cerro de Pasco-Ayacucho, localmente denominada como fallas Milpo-Atacocha con orientación N-S.

La mineralización se presenta como cuerpos y vetas. Los minerales de mena son galena, esfalerita, calcopirita y pequeñas cantidades de sulfosales. La ganga está constituida por calcita, rejalgar, oropimente, yeso, cuarzo, rodocrosita, fluorita y limonita.

Las principales alteraciones hidrotermales son asociaciones de granates-diopsido, mármol y silicificación de las calizas. Los estudios geoquímicos de contenidos de elementos menores y traza realizados por Soler & Lara (1983), indican que estos depósitos muestran altos contenidos de Bi, Se, Co y leyes bajas a medias de Ag, Ge, Cd, In y Ga.



**Foto 7.** *Calcita masiva cortada por dos generaciones de vetillas de esfalerita con trazas de calcopirita. Depósito Milpo.*

#### *Distrito de Huachocolpa*

Los cuerpos de reemplazamiento del distrito minero de Huachocolpa se encuentran controlados por los sistemas de fallas Chonta y Licapa, desarrollados en el contacto de intrusivos del Mioceno superior y calizas del Grupo Pucará. Su mineralogía de mena esta conformada por esfalerita, galena y ocasionalmente calcopirita. La alteración principal está representada por una moderada silicificación acompañada de cantidades variables de calcita, siderita, baritina, clorita y escasos granates. Ocasionalmente es posible encontrar hedembergita, clinopiroxenos y minerales retrógrados como epidota, clorita y anfíboles.

#### *3.1.2.2 Epitermales de oro-plata*

##### *Quicay*

Este depósito presenta mineralización de aurífera en forma diseminada y hospedada en secuencias volcánicas de posible edad Oligoceno temprano. Sus

reservas se estiman en 6 Mt con 1.1g/t Au. Se ubica en la intersección de los sistemas de fallas La Oroya-Huancavelica y Cerro de Pasco-Ayacucho. Cerca al depósito se ha registrado una edad K-Ar en hornblendas correspondientes a un cuerpo subvolcánico en 35.2 Ma.

La Mina Quicay es un sistema ácido-sulfato, representada por un zoneamiento de sílice a sílice-alunita, sílice-arcilla, arcilla y alteración propilítica. Se presentan múltiples tipos de sílice y la mayoría de la mineralización se encuentra dentro de estos cuerpos silíceos. La profundidad de oxidación localmente excede los 100 m, y en la zona de óxidos el oro está frecuentemente asociado a óxidos de hierro y jarosita, mientras que en profundidad la probable asociación con sílice-pirita, enargita, calcosita, covelita.



**Fotos 8 y 9.** Vista panorámica del tajo abierto del depósito Quicay y detalle de brechas síliceas con matriz de óxidos con contenidos mayores de oro hasta 40 g/t Au.

#### *Depósito Azulcocha*

En Azulcocha afloran rocas sedimentarias marinas y continentales del Mesozoico y Cenozoico, deformada por diferentes fases de la tectónica andina. El stock Chuquipita aflora a 6 km al este del depósito y cuya composición varía de granito a granito de feldespatos alcalinos. También se tiene intrusiones subvolcánicas como es el caso del domo Jesús María de composición riolítica a riolítica de feldespatos alcalinos. A ambos se les atribuye una edad del Eoceno superior al Mioceno (Muñoz & Fonboté, 1995).

La estructura más importante corresponde al sistema de fallas San José de Quero, denominada localmente como Cochabamba-Gran Bretaña (Muñoz & Fonboté, 1995) con un rumbo general N45°O, que en el área del yacimiento es inversa y pone en contacto los sedimentos calcáreos de la Formación Condorsinga y los clásticos de la

Formación Goyllarisquizga. El depósito de Azulcocha se encuentra emplazado en la porción sigmoidal (E-O) del sistema de fallas San José de Quero.

El cuerpo mineral se está en las calizas de la Formación Condorsinga y tiene forma elíptica con dimensiones de 300 x 50 x 160 m, controlado y limitado por la estructura sigmoidal del sistema de fallas San José de Quero con rumbo NE-SO.

Hasta 1986 fueron extraídas alrededor de 1.5 Mt con leyes entre 18% y 25% de Zn. 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 (Muñoz & Fonboté, 1995). Esto indica una edad máxima de Mioceno superior.

Se ha distinguido cuatro etapas principales de mineralización (Muñoz & Fonboté, 1995), de Fe-Zn, Pb-As, Au-Fe y óxidos de manganeso (Muñoz & Fonboté, 1995). Las inclusiones fluidas en barita de las etapas II y III arrojan temperaturas de homogenización similares entre 90° C y 177° 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; todo esto más la ausencia de alteración hidrotermal sugieren un modelo de precipitación de metales a baja temperatura (Muñoz & Fonboté, 1995). La mineralización se desarrollo 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).

### *3.1.2.3 Epitermales cordilleranos de plomo-zinc-plata*

#### *Distrito Minero de Cerro de Pasco*

El distrito minero de Cerro es uno de los depósitos mas antiguos del Perú central, cuenta con una producción histórica de 120 Mt con 2.3% Pb, 7.2 % Zn y 4.0 Oz/t Ag. Sus operaciones mieras son subterráneas y a tajo abierto. Las reservas de interior mina se estiman en 15 millones de toneladas con 2.2% Pb, 8.0% Zn y 4.0 Oz/t Ag. El tajo tiene reservas de 17 millones de toneladas con 1.6% Pb, 4.6% Zn y 2.5 Oz/t Ag.



La mineralización se encuentra hospedada en rocas calcáreas del Grupo Pucará y se relaciona con el centro volcánico de Cerro de Pasco, con edades U-Pb en zircones de 15.4 a 15.1 (Baumgartner et al., 2006) y Ar-Ar en biotita de 15.9 a 15.1 Ma (Baumgartner et al., 2006).

Los cuerpos mineralizados se encuentran controlados por fallas N45°E, N130°E y N170°E, que corresponden a la extensión del sistema de fallas Cerro de Pasco-Ayacucho, localmente denominada como falla longitudinal (Ángeles, 2000).

Las edades de mineralización determinadas por el método Ar-Ar en alunita señalan dos grupos de edades, como son de 14.5 a 14.1 y de 12.4 a 10.9 (Baumgartner et al., 2006) y corresponden a dos estadios de mineralización (Baumgartner et al., 2006). El primer estadio está representado por cuerpos de pirita-cuarzo, *pipes* y cuerpos de pirrotita y cuerpos mineralizados de Zn-Pb con esfalerita rica en Fe. El segundo estadio de mineralización contiene mineralización en vetas de enargita-pirita rica en Cu-Ag-Au-Zn-Pb y cuerpos de reemplazamiento de Zn-Pb con esfalerita pobre en Fe y con altos contenidos de Bi-Ag-Cu.

Las asociaciones mineralógicas indican un ambiente de alta sulfuración y zoneamiento marcado (Baumgartner et al., 2002). Los cuerpos mineralizados bien zoneados muestran centros internos relativamente ricos en Cu que gradúan exteriormente a zonas piríticas ricas en Bi-Ag. Las menas de Zn-Pb ocurren predominantemente en las partes externas.



**Fotos 10 y 11.** Vista panorámica del tajo abierto del depósito Cerro de Pasco y detalle de una estructura con minerales de cobre cortando a un cuerpo masivo de pirita-pirrotita.

### *Distrito de Colquijirca.*

El distrito de Colquijirca está conformada por tres depósitos denominados de Norte a Sur: Colquijirca, Marcapunta y San Gregorio. La producción histórica más las reservas de Colquijirca ascienden alrededor de 25 Mt con 7% Zn. Marcapunta tiene 100 Mt con 1.5% Cu, 1 g/t Au y 0.7 Oz/t Ag; mientras que San Gregorio alberga alrededor de 70 Mt con 7.4% y 2.2% de Pb.

La roca huésped del depósito Colquijirca es una secuencia de carbonatos de la Formación Calera del Eoceno Superior (Ángeles, 1999). La mineralización de Marcapunta se aloja en un complejo de domos y flujos dacíticos con edades Ar-Ar en biotita de 12.9 a 12.9 Ma (Bendezú et al., 2003). San Gregorio tiene por roca huésped a rocas calcáreas del Grupo Pucará.

El sistema de fallas Cerro de Pasco-Ayacucho, localmente denominada Falla Longitudinal (Ángeles, 1999), constituye el principal control estructural.

La parte central del distrito minero de Colquijirca, es decir Marcapunta constituye un típico sistema epitermal de Au, Ag y Cu de tipo alta sulfuración desarrollado en el complejo volcánico dacítico de Marcapunta (Vidal, 1997, Fontboté y Bendezú, 1999). Cuerpos irregulares con textura de *vuggy silica* situados al interior de zonas de alteración argílica avanzada limitan espacialmente la mineralización. La edad de la alteración-mineralización definida por Ar-Ar en alunita se registran en dos rangos de 11.6 a 11.2 Ma y de 10.8 a 10.5 Ma (Bendezú et al., 2003).

La mineralogía de las alteraciones indica condiciones fuertemente ácidas para los fluidos que generaron tanto San Gregorio como Colquijirca. Las relaciones espaciales y los resultados de laboratorio sugieren como fuente hidrotermal uno o varios pulsos del sistema epitermal de tipo alta sulfuración desarrollado en el complejo volcánico de Marcapunta que constituye no solo la parte central del distrito, sino también el núcleo de un claro zonamiento progresivo de la mineralización (Fontboté & Bendezú, 1999). El zonamiento en metales observado puede explicarse esencialmente por un descenso de temperatura de las partes centrales hacia la periferia.

Los yacimientos de San Gregorio y Colquijirca son los primeros que se reconocen como pertenecientes a una nueva clase de "carbonate-hosted epithermal

Zn-Pb high sulfidation deposits" (Fontboté & BendeZú, 1999). Esto abre un nuevo objetivo de exploración: mineralización de Zn-Pb (virtualmente sin Au y Cu) con ensambles de alteración argílica y argílica avanzada (incluso con alunita) en rocas carbonatadas situadas cerca de sistemas epitermales de alta sulfuración con Au y Cu (Fontboté & BendeZú, 1999).



**Fotos 12 y 13.** Foto izquierda, mineralización de Pb-Zn reemplazando carbonatos de la Formación Calera. Foto derecha, bandeamiento de flujo del complejo de domos del centro volcánico de Marcapunta.

#### 3.1.2.4 Cordilleranos de plomo-zinc-plata

##### *Mantos y Vetas del Distrito San Cristobal-Andaychagua*

En el área del distrito pueden diferenciarse tres eventos mayores magmáticos intrusivos como son: la granodiorita Carahuacra, los dikes y sills máficos y sub-volcánicos terciarios. Los mantos y vetas a los que se hace referencia, son aquellos que se encuentran próximos a la intrusión de Chumpe con una edad U-Pb en zircones de 6 Ma (Beuchat et al. 2000).

La esfalerita de los mantos de San Cristobal-Andaychagua tiene temperaturas de homogenización entre 220 y 310°C y temperaturas de fusión entre -2 y -10°C (Moritz et al., 2001). Los resultados de datos de inclusiones fluidas en las vetas de San-Cristobal-Andaychagua, se interpreta como una degasificación progresiva de CO<sub>2</sub> producto de la interacción de agua meteórica y fluidos hidrotermales ligeramente salinos (menos de 6-7 wt% NaCl), posiblemente de origen magmático; semejante a una dilución y degasificación en sistemas epitermales (Moritz et al., 2001).

Los sulfuros de vetas del distrito de San Cristobal-Andaychagua tienen valores altos de  $\delta^{34}\text{S}$  en un rango más estrecho de +3 a +8 ‰. Mientras que los sulfuros de

los mantos tienen un rango más amplio entre -3.5 y +8.5 ‰. Los valores altos de  $\delta^{34}\text{S}$  en San Cristobal-Andaychagua sugieren un origen evaporítico del azufre o diferentes condiciones de fugacidad de oxígeno en los fluidos hidrotermales (Moritz et al., 2001).

Los Mantos y vetas contienen similares composiciones de isótopos de azufre y plomo ( $\delta^{34}\text{S} = 3\text{-}8\text{‰CDT}$ ;  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.68\text{-}18.78$ ;  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.63 - 15.65$ ) (Sallier et al., 2000). Dichos resultados indican que ambos tipos de la mena son de la misma edad y se formaron a partir de la misma celda hidrotermal y posiblemente relacionados con la intrusión de Chump (Sallier et al., 2000).



**Foto 14.** Vista panorámica mirando al Norte. Depósito Andaychagua.

#### *Mantos y vetas Zn-Pb del Distrito de Morococha (Mina Manuelita)*

El distrito de Morococha se encuentra en el sector norte del Domo de Yauli, con centro en el pórfido de Toromocho con edad de U-Pb sobre zircones de 9 Ma (Beuchat et al. 2000). El distrito de Morococha contiene un pórfido de Cu-Mo rodeados por skarns de Zn-Pb±Ag±Cu, mantos y vetas. En contraste con el distrito minero de San Cristobal-Andaychagua. Los mantos están hospedados en calizas del Pucará y a lo largo del contacto con el Grupo de Mitu y ocurren principalmente en el flanco Oeste del domo de Yauli.

Las vetas son sub-verticales y cortan a rocas de los grupos Mitu y Excelsior, y localmente a calizas del Pucará. Los mantos y las vetas tienen composiciones mineralógicas similares de mena con esfalerita, galena, calcopirita y sulfosales. Los minerales de ganga están constituidos por carbonatos, cuarzo, pirrotita, marcasita, baritina, magnetita y hematita.

En Morococha, las inclusiones fluidas en mantos productores de esfalerita tienen temperaturas de homogenización de 240 a 275°C y temperaturas de fusión entre -3 y -29°C. Sulfuros de los mantos y vetas del distrito de Morococha tienen valores de  $\delta^{34}\text{S}$  dentro de un rango estrecho de +0.5 a +4.5 ‰ (CDT) superpuesto con los rangos de 0 a +3.5 ‰ de sulfuros cercanos al pórfido y skarn (Moritz et al., 2001). Dichos resultados indican que el azufre en este distrito es predominantemente de origen magmático y habrían derivado de las intrusiones miocénicas. No obstante, la similitud de los valores de  $\delta^{34}\text{S}$  de las vetas y mantos de cada distrito, esta guarda una estrecha relación con los resultados de isótopos de plomo, indicando que ambos tipos de menas fueron originadas por el mismo sistema hidrotermal (Moritz et al., 2001).



**Fotos 15 y 16.** Vista panorámica del distrito minero de Morococha y detalle de una estructura mineralizada constituida por pirrotita, galena, esfalerita, pirita y rodocrosita.

#### *Machcán- Atacocha*

El depósito de Pb-Zn Machcán pertenece al distrito minero de Atacocha y contiene vetas con orientaciones de N120° a 145°, mantos y cuerpos. Las estructuras mineralizadas se distribuyen a lo largo del flanco Oeste de un anticlinal asimétrico y controlado por fallas con orientaciones N110° a 145° y buzamientos sub-verticales. Asimismo, destaca la presencia de otros sistemas N170°-180° (con escasa presencia de mineral) y N85°-95° post-mineralización.

Hacia el Suroeste del área del depósito se exponen algunos stocks subvolcánicos mayormente de composición dacítica y controlados por fallas NO-SE del sistema Cerro de Pasco-Ayacucho (Milpo-Atacocha).

Los cuerpos mineralizados en conjunto tienen 600 m de largo y ancho promedio de 24 m, se extienden a lo largo del contacto de los grupos Mitu-Pucará. Los minerales de mena están conformados por galena y esfalerita, mientras que, la ganga principal es sílice calcedónica. Las rocas carbonatadas del Grupo Pucará albergan mantos de galena-esfalerita con orientación NO-SE, algunas veces con intercalación de tobas riolíticas. Los minerales de ganga están constituidos por cuarzo, calcedonia y pirita (Hirdes, 1990).

Las vetas tienen orientaciones N110° a 140° y buzamientos de 55°OSO y 60° NE. Las longitudes máximas son de 200 m y potencia promedio de 1.10 m. La mineralogía de mena, además de contener galena-esfalerita-calcopirita, contiene luzonita y bournonita. Los minerales de ganga son calcita, calcedonia, cuarzo y localmente rodocrosita.

Resultados de isótopos de plomo en galenas extraídas de las diversas estructuras mineralizadas no tienen variaciones significativas, por lo que podrían corresponder a un mismo evento hidrotermal, relacionado con la actividad tectónica y magmática de edad Eocena tardía-Oligoceno temprano, del área (Hirdes, 1990).

#### *Mineralización Polimetálica hospedada en el Grupo Pucará, Huancavelica*

Los cuerpos mineralizados de Pb-Zn-Cu de este sector se encuentran controlados estructuralmente por los sistemas de fallas NO-SE Chonta y N-S Licapa. La mineralización se aloja capas en la base del Pucará, formando vetas y cuerpos de reemplazamiento en calizas, principalmente dentro de la Formación Condorsinga (Valdivia & Paullo, 2006)

Las fallas N-S controlan el emplazamiento de intrusiones dacíticas a riodacíticas y el desarrollo de cuerpos de reemplazamiento como la zona de Mauricio y San Antonio (Mina Caudalosa Chica) con mineralizaciones de galena, esfalerita, geocronita y sulfosales de plata. Las fallas E-O son fallas menores que controlan las vetas de este sector (Valdivia & Paullo, 2006).

## CONCLUSIONES

El contexto tectónico para las unidades geológicas del Pérmico, Triásico y Jurásico, es decir la evolución de los grupos Mitu y Pucará, es de *rifting* que se desarrolló diacrónicamente en la Cordillera Oriental del Perú Central y Sur. El ambiente deposicional ha sido definido primero como continental y luego marino. Secuencias volcánicas del Grupo Mitu del Pérmico superior-Triásico e intrusiones de similar edad, con afinidades geoquímicas toleíticas o alcalinas, sugieren el inicio del proceso de *rifting*.

La cuenca Permo-Triásica en el Perú central abarca una extensa área que está limitada al Oeste por el sistema de fallas Chonta en la Cordillera Occidental, y al Este por el sistema de fallas Satipo-Pangoa-San Francisco que definen la Zona Subandina. Sin embargo al interior de esta área se han reconocido sistemas de fallas que son interpretadas de haber jugado durante el proceso de rift y posteriormente han controlado la evolución andina: cuencas sedimentarias, emplazamiento de intrusivos, centros volcánicos y también la mineralización.

Los sistemas de fallas regionales reconocidos permiten definir 6 dominios estructurales que han jugado un papel importante en la geodinámica durante y después del Permo-Triásico, particularmente en el control de yacimientos minerales. Estos son: Dominio de la Cordillera Occidental-Sector Sur, Dominio de la Cordillera Occidental Sector Norte, Dominio de las Altiplanicies, Dominio Curahuasi – Andahuaylas-Licapa, Dominio Cordillera Oriental y Dominio de Ayacucho.

Se ha permitido establecer una relación entre la evolución del rift Permo-Triásico y Jurásico y la mineralización correspondiendo a los depósitos *Mississippi Valley* tipo San Vicente, estratoligados de Cu en capas rojas del Mitu tipo Negra Huanusha, sedimentarios exhalativos de Zn Pb en el Grupo Pucara como Carahuacra, Pórfidos-skarns-mesotermiales de cobre-plomo-zinc tipo Cobriza y depósitos de uranio asociados a algunos depósitos metálicos de níquel-cobalto-cobre y diques aplíticos como Vilcabamba.

Igualmente, se ha establecido una relación entre las estructuras tectónicas Permo-Triásicas-Jurásicas y el emplazamiento de yacimientos de épocas posteriores, es decir el control estructural de fallas que funcionaron durante el rift, luego controlaron la franja polimetalica del Perú Central. Así tenemos, los depósitos tipo pórfido y skarns de

Pb-Zn-Cu como Atacocha, epitermales-cordilleranos de Pb-Zn-Ag como Cerro de Pasco, y cordilleranos de Pb-Zn-A, como San Cristobal-Andaychagua.



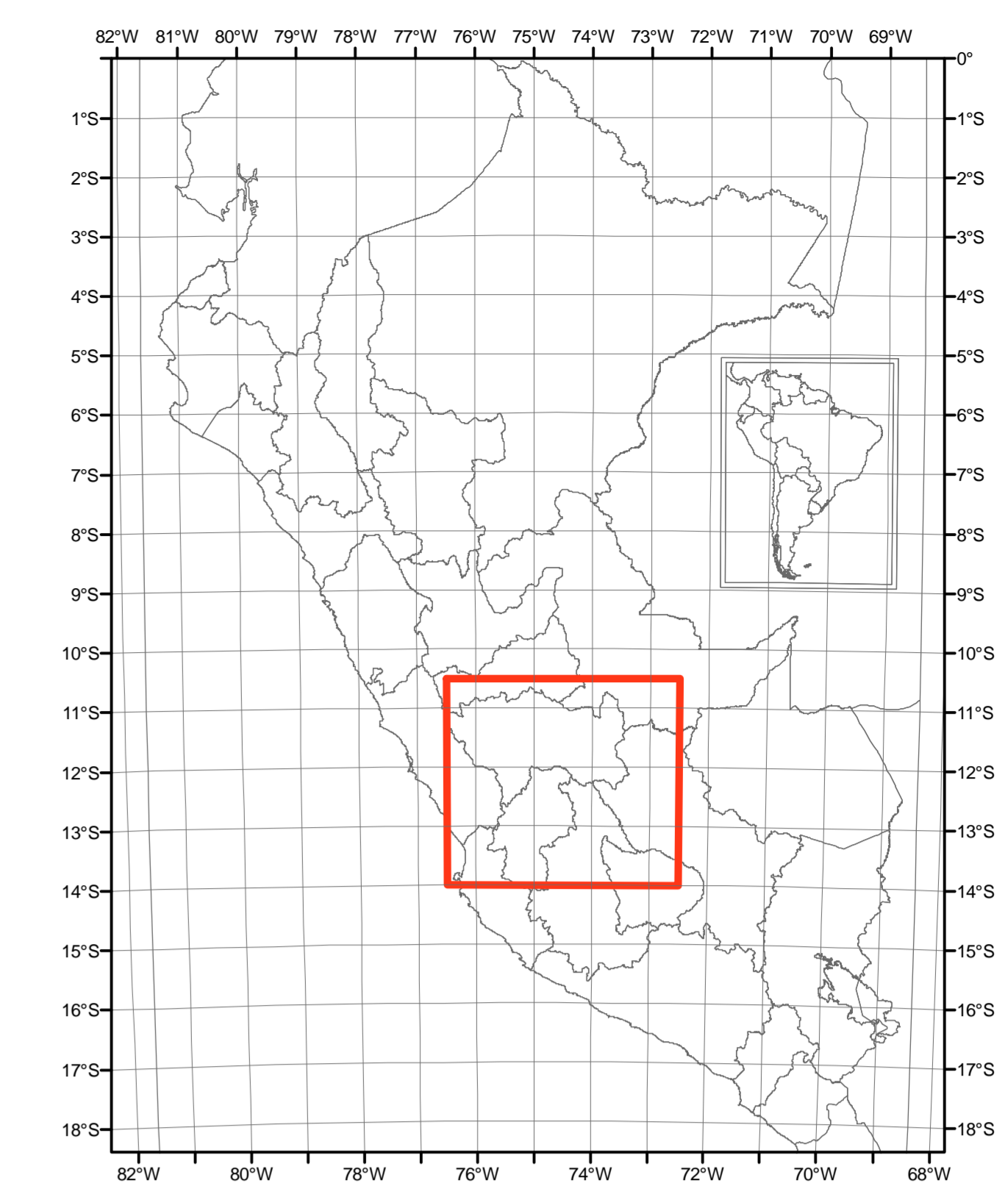
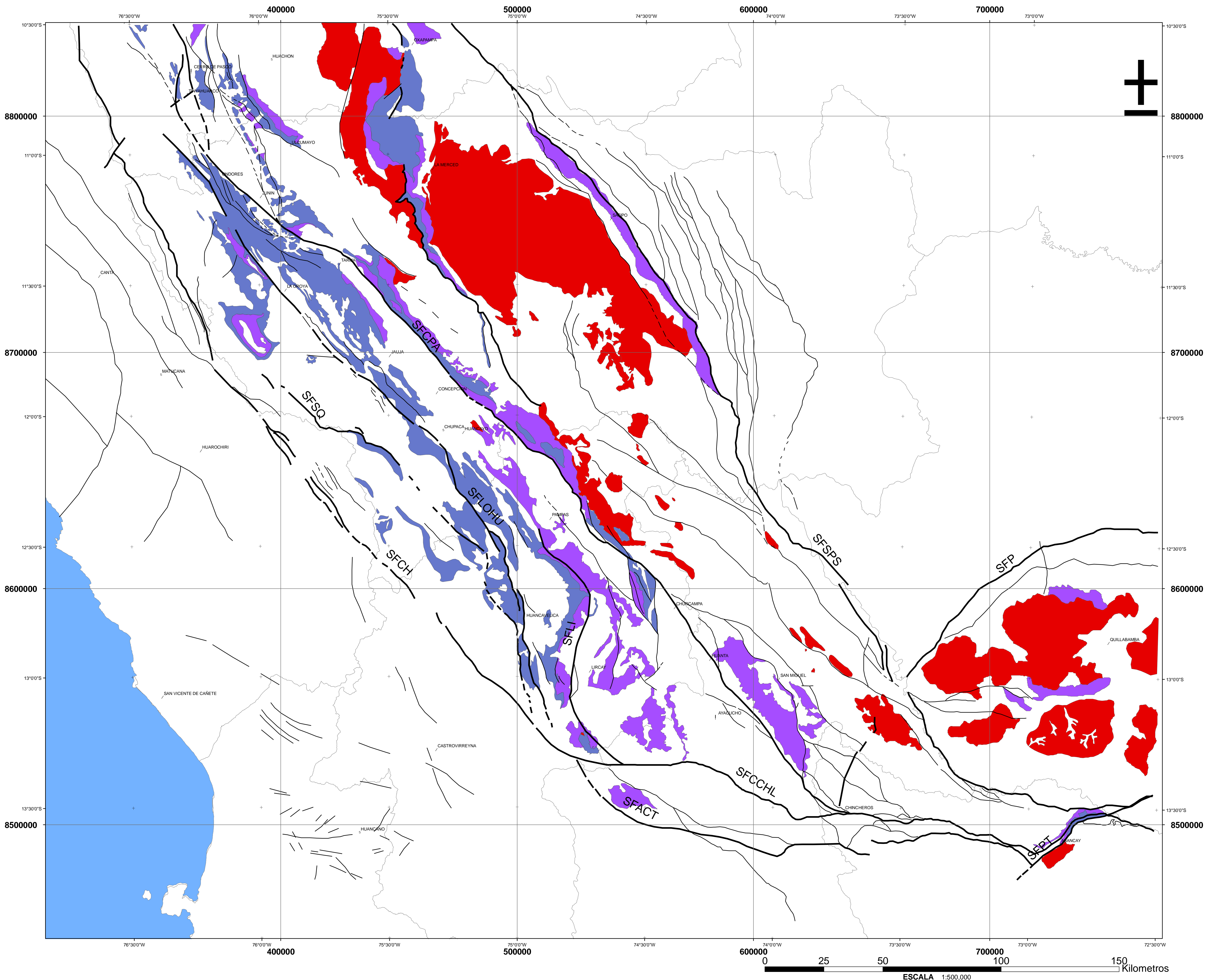
## REFERENCIAS

- Ángeles, C. (1999).- Los sedimentos cenozoicos de Cerro de Pasco: Estratigrafía, sedimentología y tectónica. Sociedad Geológica del Perú. Vol. Jubilar No. 5, pp. 103-118.
- Carlotto, V., 1998. Evolution andine et raccourcissement au niveau de Cusco (13°-16°S, Pérou). Tesis doctoral, Université de Grenoble, France, 159 p.
- Carlotto, V., Carlier, G., Jaillard, E., Sempere, T. & Mascle, G., 1999. Sedimentary and structural evolution of the Eocene-Oligocene Capas Rojas basin: Evidence for a late Eocene lithospheric delamination event in the southern Peruvian Altiplano. IV International Symposium on Andean Geodynamics, Göttingen, p. 141-146.
- Carlotto, V., Cárdenas, J., Díaz-Martínez, E., Sempere, T., Hermoza, W., Cerpa, L. & Acosta, H., 2000. La Formación Ene de la región de Cusco y su importancia en la exploración de yacimientos de hidrocarburos. X Congreso Peruano de Geología, Lima, CD-ROM file GH1.
- Badoux, V., Moritz, R. & Fontboté, L. (2001).- The Mississippi valley-type Zn-Pb deposit of San Vicente, central Peru: an Andean syntectonic deposit. In: A. Piastryński et al. (eds. 2001), Mineral deposits at the beginning of the 21<sup>st</sup> century, Balkema, Amsterdam, pp. 191-195.
- Baumgartner, R., Fontboté, L. & Jobin, Y. (2002).- Carbonate Hosted Zinc-Lead High-Sulfidation Mineralization At The Cerro De Pasco Deposit, Peru. XI Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.
- 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. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.
- Bendezú, R., Fontboté, 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, Vol. 38, pp. 683-694.
- Beuchat, S., Moritz, R. & Pettke, T. (2002).- The Zn-Pb-Ag San Cristobal District, Central Peru: Isotope and Fluid Inclusion Constraints. XI Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.
- Carlotto, V., Candia, F., Marocco, R., 1988. Estudio Geológico del Anticlinal del Vilcanota-Cusco. Boletín Sociedad Geológica del Perú, Volumen 78, p. 137-147.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G., Marocco, R., 1980. Caractères généraux de l'évolution géologique des Andes péruviennes. Travaux et Documents de l'ORSTOM, Paris, v. 122, 501 p.
- Dávila, D., Fontboté, L., Oldham, L. & Febres, O. (1999).- Exploración y Geología de la Mina San Vicente. I Congreso Internacional de Prospectores y Exploradores, pp. 30.
- Fontboté, L. (1990).- Stratabound ore deposits in the Pucará basin. An overview.
- Fontboté, L. & Bendezú, R. (1999).- Un nuevo tipo de yacimiento epitermal de "high sulfidation": Zn-Pb ± Ag en rocas carbonatadas. Los ejemplos de San Gregorio y Colquijirca.
- Hirdes, W. (1990).- Machcán Mine.- A Pb-Zn Deposit in Pucará Sediments of the Atacocha District, Central Peru. In: Fontboté, L., Amstutz, G., Cardozo, M., Cedillo, E. & Frutis, J. (1990).- Stratabound Ore Deposits in the Andes, pp. 293-303.
- Kobe, H. (1982).- El ambiente de la mineralización estratoligada de Zn-Pb-Ag-Ba-Mn-Fe-Cu en los sedimentos de la cuenca occidental del Pucará, Perú Central. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 69, pp. 41-69.

- Kobe, H. W. (1990).- Stratabound Cu (Ag) Deposits in the Permian Mitu Red-Bed Formations, Central Peru. In: Fonboté, L., Amstutz, G., Cardozo, M., Cedillo, E. & Frutus, J. (1990).- Stratabound Ore Deposits in the Andes, pp. 123-127.
- Kobe, H. (1990).- Metallogenetic Evolution of the Yauli Dome, Central Peru. A Summary.
- Kobe, H., 1995. Componentes volcánicos, evaporíticos y sedimentos metalíferos en la parte occidental de la cuenca del Grupo Pucará, Perú central. Sociedad Geológica del Perú, volumen jubilar Alberto Benavides, p. 179-191.
- Kontak, D.J., 1984. The magmatic arc and metallogenetic evolution of a craton-orogen interface: the Cordillera de Carabaya, Central Andes, Southeast Perú. Ph.D. Dissertation, Queen's University, Kingston, Ontario, 631 p.
- Kontak, D.J., Clark, A.H., Farrar, E. & Strong, D.F., 1985. The rift associated Permo-Triassic magmatism of the Eastern Cordillera: a precursor to the Andean orogeny. In: W.S. Pitcher, M.P. Atherton, J. Cobbing & R.D. Beckinsale (Editors), *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*. Blackie, Glasgow, & Halsted Press, New York, p. 36-44.
- Kontak, D.J., Clark, A.H., Farrar, E., Archibald, D.A. & Baadsgaard, H., 1990. Late Paleozoic-Early Mesozoic magmatism in the Cordillera de Carabaya, Puno, southeastern Perú: geochronology and petrochemistry. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 3, p. 213-230.
- McLaughlin, D.H., 1924. Geology and physiography of the Peruvian Cordillera, departments of Junín and Lima. *Geological Society of America Bulletin*, 35, p. 591-632.
- Meza, J., Inca, P. & Valdivia, J. (2002).- Ocurrencias de Cuerpos de Reemplazamiento y Skarn en el Distrito Minero de Huachocolpa. XI Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.
- Mégard, F., 1973. Etude géologique d'une transversale des Andes au niveau du Pérou central. Thèse d'Etat, Université de Montpellier, 263 p.
- Mégard, F., 1978. Etude géologique des Andes du Pérou central. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, París, v. 86, 310 p.
- Mégard, F., 1987. Cordilleran Andes and marginal Andes: a review of Andean geology north of the Arica elbow (18°S). In *Circum-Pacific orogenic belts and evolution of the Pacific ocean basin*, J.H.W. Monger & J. Francheteau (eds.), American Geophysical Union, *Geodynamic Series*, v. 18, p. 71-95.
- Mégard, F., Marocco, R., Vicente, J.-C. & Mégard-Galli, J., 1983. Découverte d'une discordance angulaire tardi-hercynienne (Permien moyen) dans les Andes du Pérou central. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, v. 296, p. 1267-1270.
- Moritz, R., Beuchat, S., Stucky, P., Chiaradia, M., Sallier, B. & Lisboa, H. (2001).- Zn-Pb Mantos and Veins at Domo de Yauli, Central Peru: Products of the Same Hydrothermal System with Contrasting Fluid Inclusion Characteristics. *Faculdade de Ciências do Porto, Departamento de Geologia, Memória No. 7*, pp. 315-318.
- Muñoz, C. & Fonboté, L. (1995).- El Yacimiento de Zn-As-(Au) Azulcocha Asociado a la Falla de Desgarre Cochabamba-Gran Bretaña (Perú Central). *Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar Alberto Benavides*, pp. 205-230.
- Rodríguez, M. & Condori, J. (2002).- Geología del Yacimiento de Atacocha-Nuevos Horizontes Mineralizados en el Distrito Minero de Atacocha. XI Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.
- Salinas, E. (1999).- Geología y Mineralización del Yacimiento de Carahuacra-San Cristobal- Andaychagua
- Sallier, B., Moritz, R., Beuchat, S. & Chiaradia, M. (2000).- The Genesis of Mantos at Domo de Yauli, Central Peru: Isotopic (C, O, S, Pb) and Fluid Inclusion Constraints.

- Soler, P. & Lara, M. (1983).- Metales Menores y Traza Asociados al Plomo y al Zinc en los Yacimientos Polimetálicos de los Andes Peruanos: Síntesis Regional. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 72, pp. 147-158.
- Soler, P. & Bonhomme, M. (1988).- Oligocene Magmatic Activity and Associated Mineralization in the Polymetallic belt of central Peru. Economic Geology. Vol. 83, pp. 657-663.
- Valdez, M. (1983).- Alteración y Mineralización Hidrotermal del Manto Cobriza – Mina Cobriza. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, No. 72, pp. 111-126.
- Valdivia, J. & Paullo, J. (2006).- Mineralización Polimetálica en el Extremo Sur de los Afloramientos del Pucará, en La Región de Huancavelica. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos.

# ANEXOS

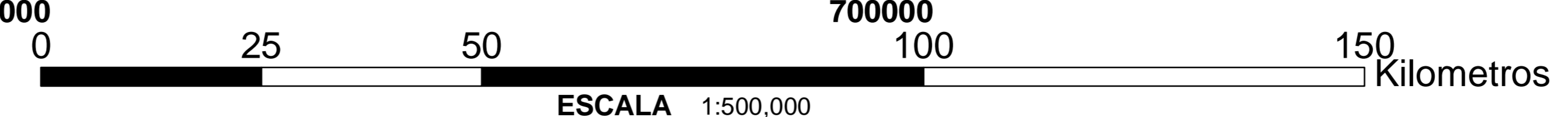


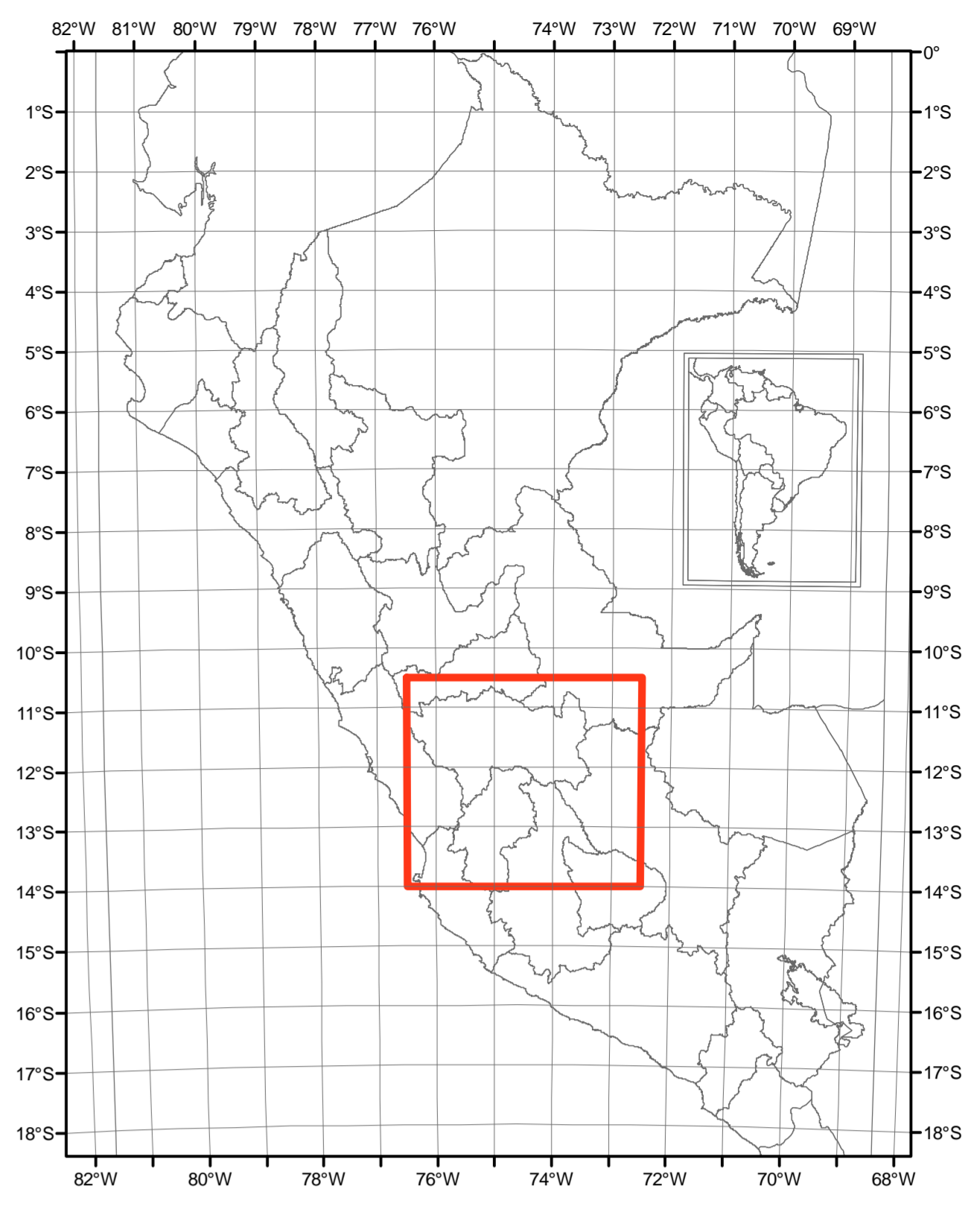
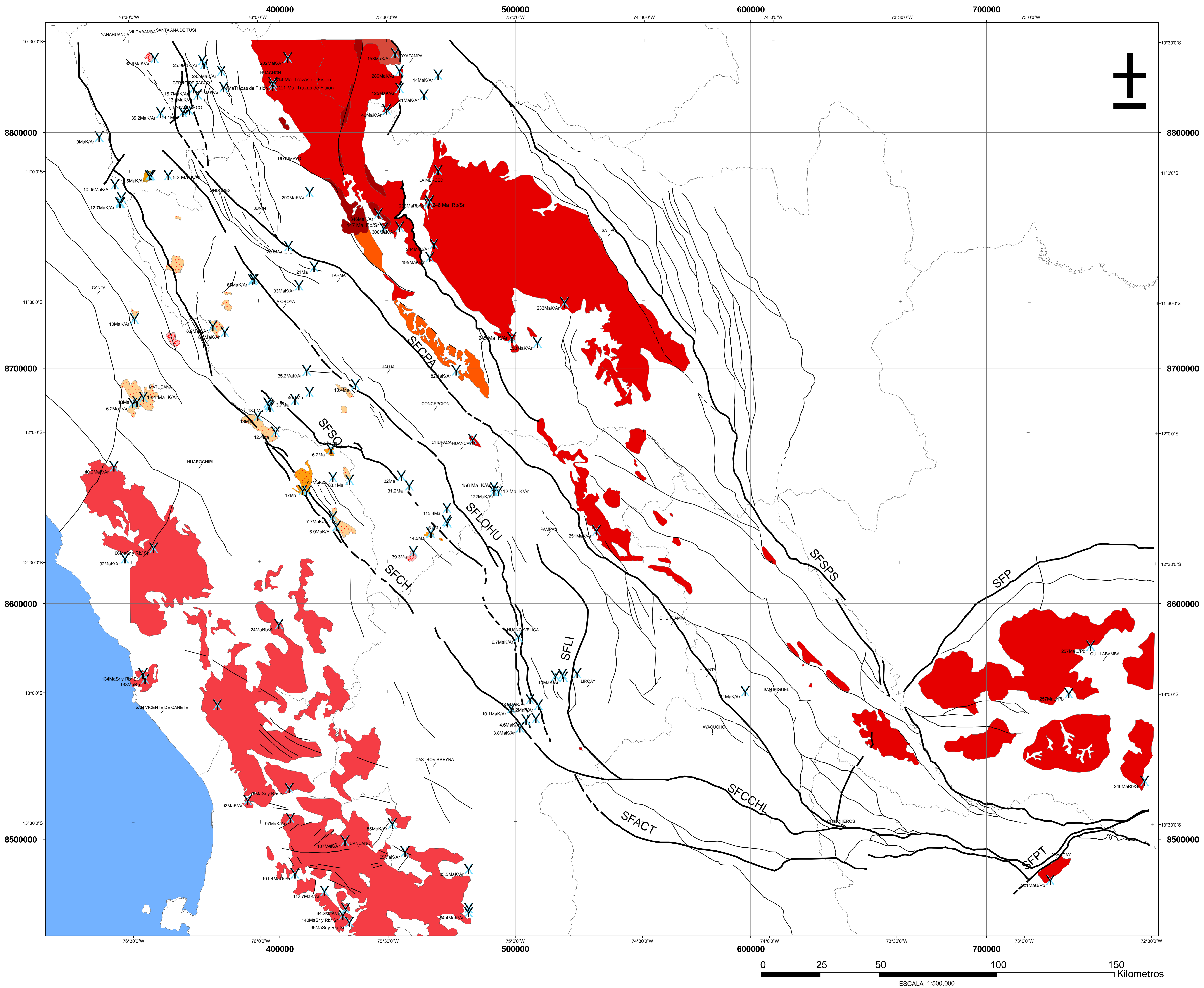
República del Perú  
Sector de Energía y Minas  
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico  
**INGEMMET**

**LAMINA Nº 01**  
**MAPA GEOLOGICO**  
PROYECTO GR6- 2006  
Evolución tectónica, sedimentaria y magmática del  
Pérmico-Triásico-Jurásico (del Mitu al Púcara): Implicancias  
geodinámicas, metalogénicas y petrolíferas

**LEYENDA**

- UNIDADES ESTRATIGRAFICAS**
- Secuencias Calcáreas del Triásico- Jurásico (Grupo Pucará)
  - Secuencias Volcánicas y Sedimentarias del Permo-Triásico (Grupo Mitu)
- ROCAS INTRUSIVAS**
- Intrusivos Permo-Triásico
- SIMBOLOGIA**
- ! Capital Departamental
  - / Capital Provincial
  - - - - - Lineamiento Inferido
  - Sistema de Fallas
  - SFCPA Sistema de Fallas Cerro de Pasco - Ayacucho
  - SFLOHU Sistema de Fallas La Oroya - Huancavelica
  - SFSQ Sistema de Fallas San Jose de Quero
  - SFCH Sistema de Fallas Chonta
  - SFSPS Sistema de Fallas Satipo - Pangoa - San Francisco
  - SCCHL Sistema de Fallas Curahuasi - Chincheros - Licapa
  - SFACT Sistema de Fallas Andahuaylas - Cangallo -Totos
  - SFLI Sistema de Fallas Lircay
  - SFP Sistema de Fallas Puyentimari
  - SFPT Sistema de Fallas Paracancha-Tamburco





República del Perú  
Sector de Energía y Minas  
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico  
**INGEMMET**

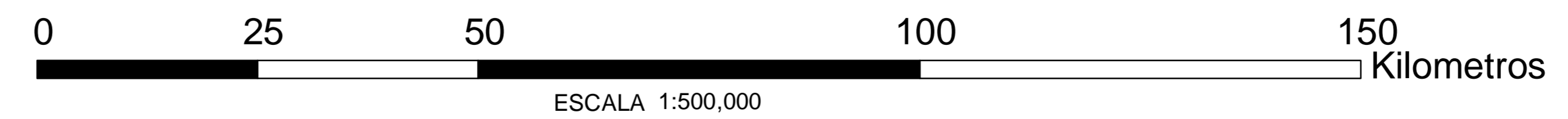
**LAMINA Nº 02**  
**MAPA DE INTRUSIVOS**  
PROYECTO GR6-2006  
Evolución tectónica, sedimentaria y magmática del Pérmico-Triásico-Jurásico (del Mito al Púcara): Implicancias geodinámicas, metalogénicas y petrolíferas

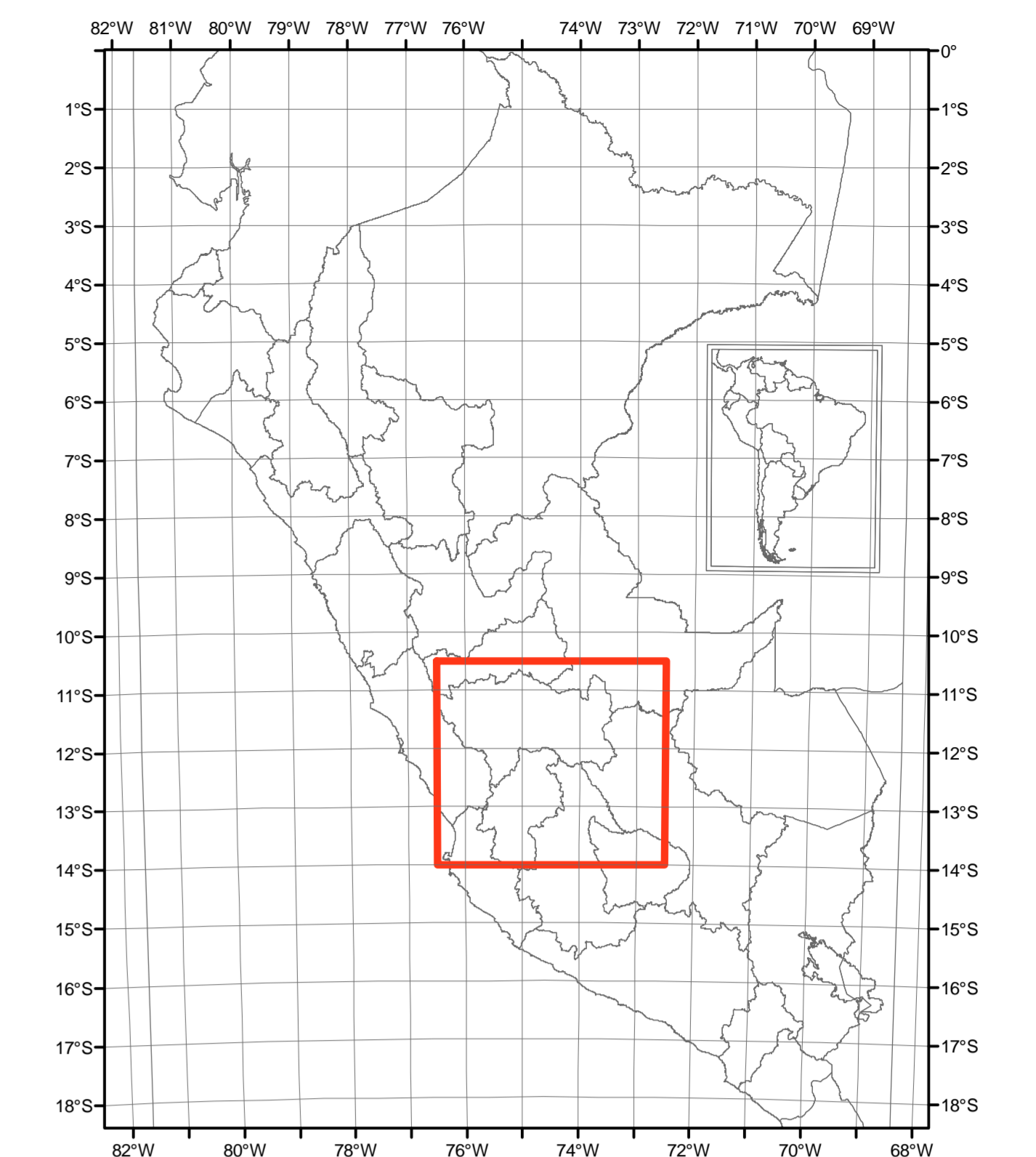
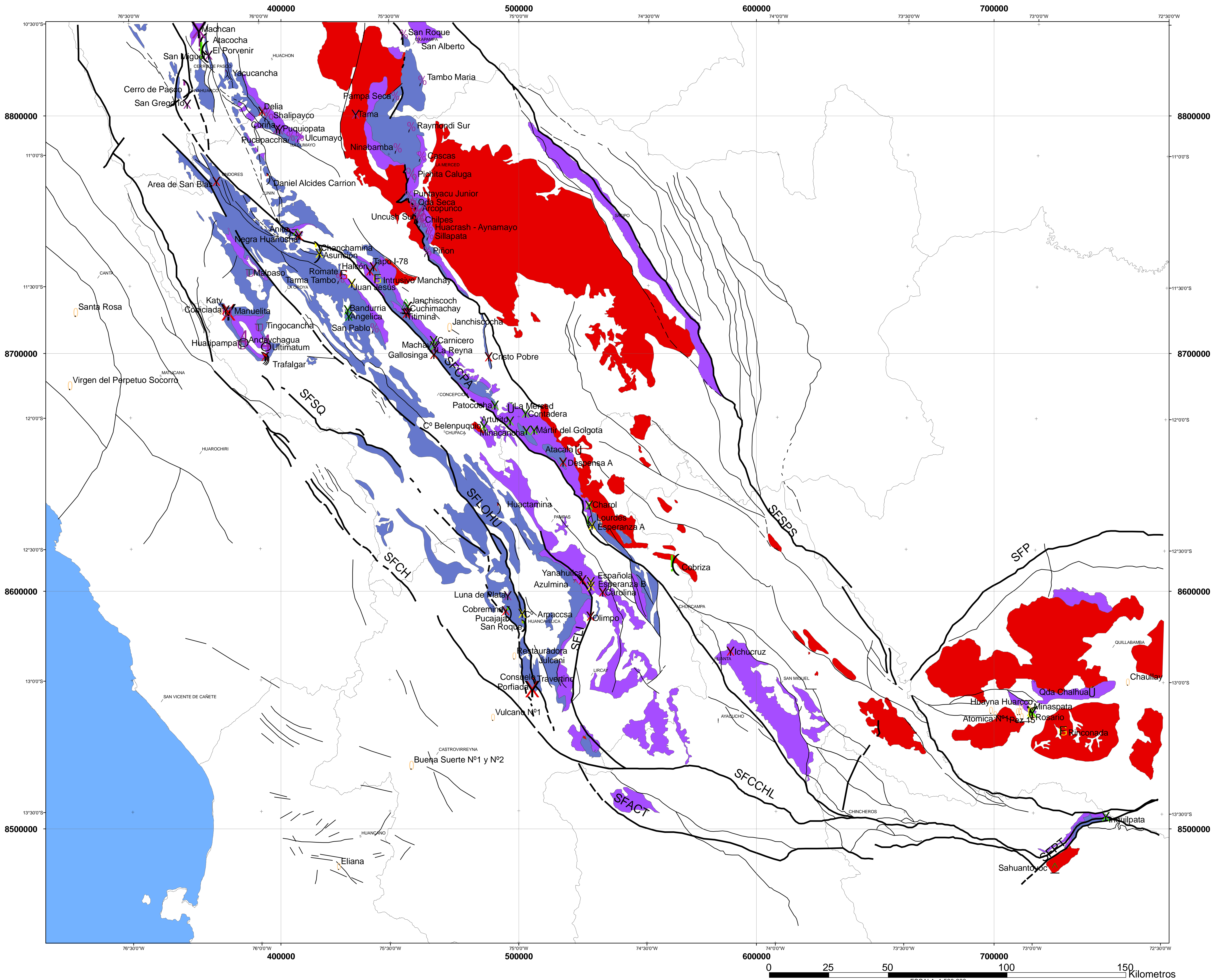
**LEYENDA**

- Plioceno
- Mioceno Superior
- Mioceno Inferior
- Eoceno-Oligoceno
- Cretácico Superior Paleoceno
- Batolito de la Costa-Cretácico Superior-Paleoceno
- Jurásico Superior
- Permo-Triásico
- Carbonífero

**SIMBOLOGIA**

- Dataciones
- Capital Departamental
- Capital Provincial
- Lineamiento Inferido
- Sistema de Fallas
- SFCPA Sistema de Fallas Cerro de Pasco - Ayacucho
- SFLOHU Sistema de Fallas La Oroya - Huancavelica
- SFSQ Sistema de Fallas San Jose de Quero
- SFCH Sistema de Fallas Chonta
- SFSPS Sistema de Fallas Satipo - Pangoa - San Francisco
- SCCHL Sistema de Fallas Curahuasi - Chincheros - Licapa
- SFACT Sistema de Fallas Andahuaylas - Cangallo - Totos
- SFLI Sistema de Fallas Lircay
- SFP Sistema de Fallas Puyentimari
- SFPT Sistema de Fallas Paracancha-Tamburco





República del Perú  
Sector de Energía y Minas  
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico  
**INGEMMET**

**LAMINA Nº 03**  
**MAPA DE DEPOSITOS METALICOS**  
**HOSPEDADOS EN ROCAS PERMO TRIASICAS-JURASICAS**  
**PROYECTO GR6-2006**

**Evolución tectónica, sedimentaria y magmatica del**  
**Pérmico-Triásico-Jurásico (del Mito al Púcara): Implicancias**  
**geodinámicas, metalogénicas y petrolíferas**

**LEYENDA**

**UNIDADES ESTRATIGRAFICAS**

- Secuencias Calcáreas del Triásico- Jurásico (Grupo Pucara)
- Secuencias Volcánicas y Sedimentarias del Pérmico-Triásico (Grupo Mito)

**ROCAS INTRUSIVAS**

- Intrusivos Pérmico-Triásico

**SIMBOLOGIA**

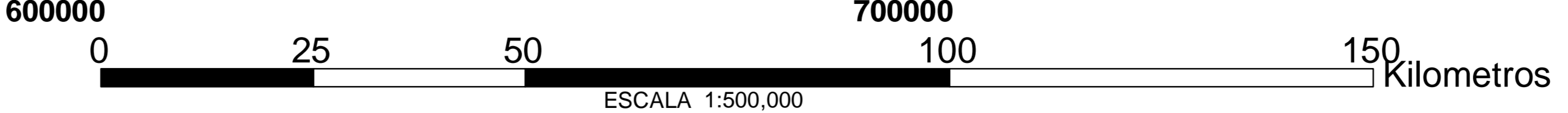
- ! Capital Departamental
- / Capital Provincial
- Lineamiento Inferido
- Sistema de Fallas
- SFCPA Sistema de Fallas Cerro de Pasco - Ayacucho
- SFLOHU Sistema de Fallas La Oroya - Huancavelica
- SFSQ Sistema de Fallas San Jose de Quero
- SFCH Sistema de Fallas Chonta
- SFSPS Sistema de Fallas Satipo - Pangoa - San Francisco
- SCCHL Sistema de Fallas Curahuasi - Chincheros - Licapa
- SFACT Sistema de Fallas Andahuaylas - Cangallo -Totos
- SFLI Sistema de Fallas Lircay
- SFP Sistema de Fallas Puyentimari
- SFPT Sistema de Fallas Paracancha-Tamburco

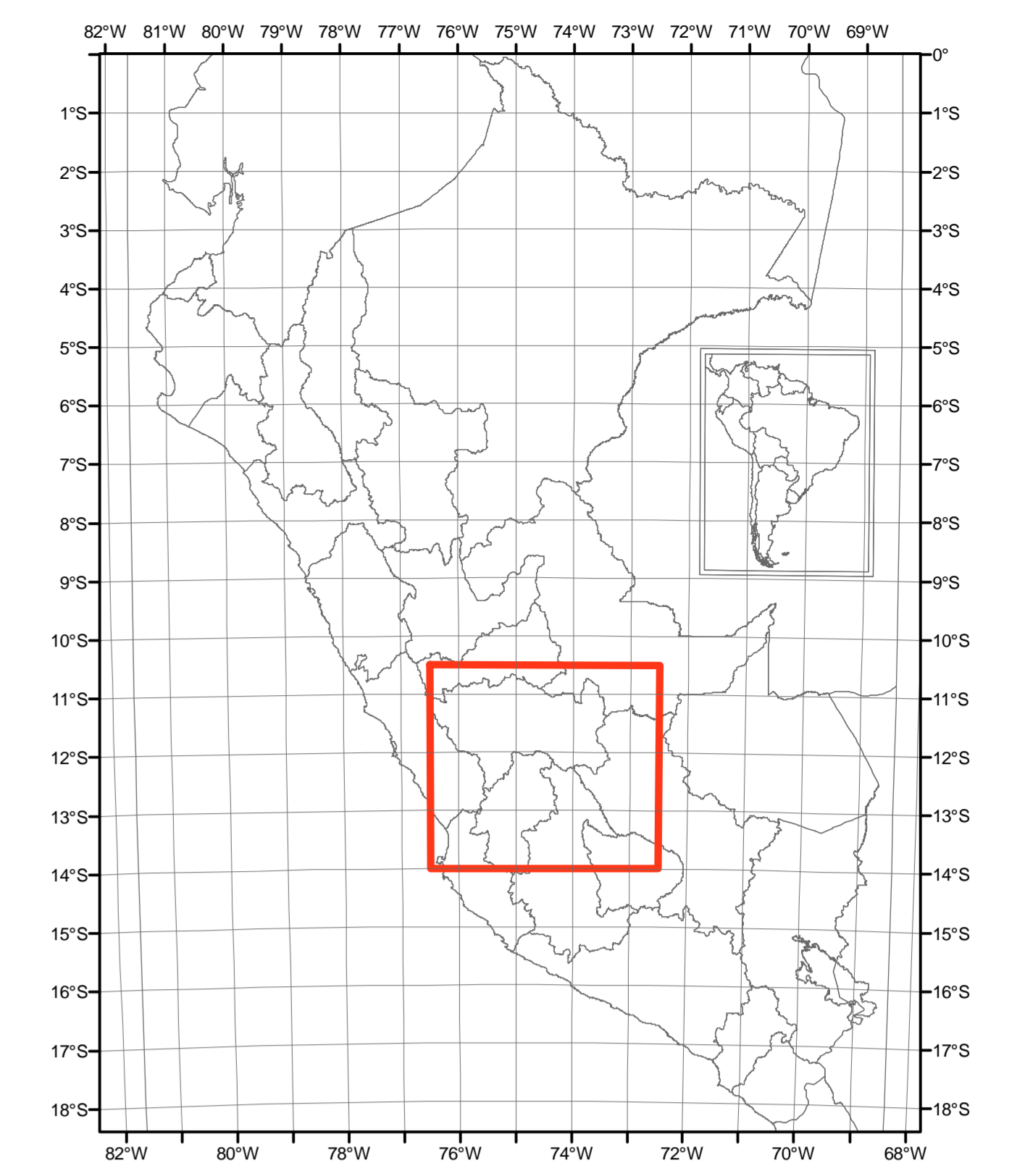
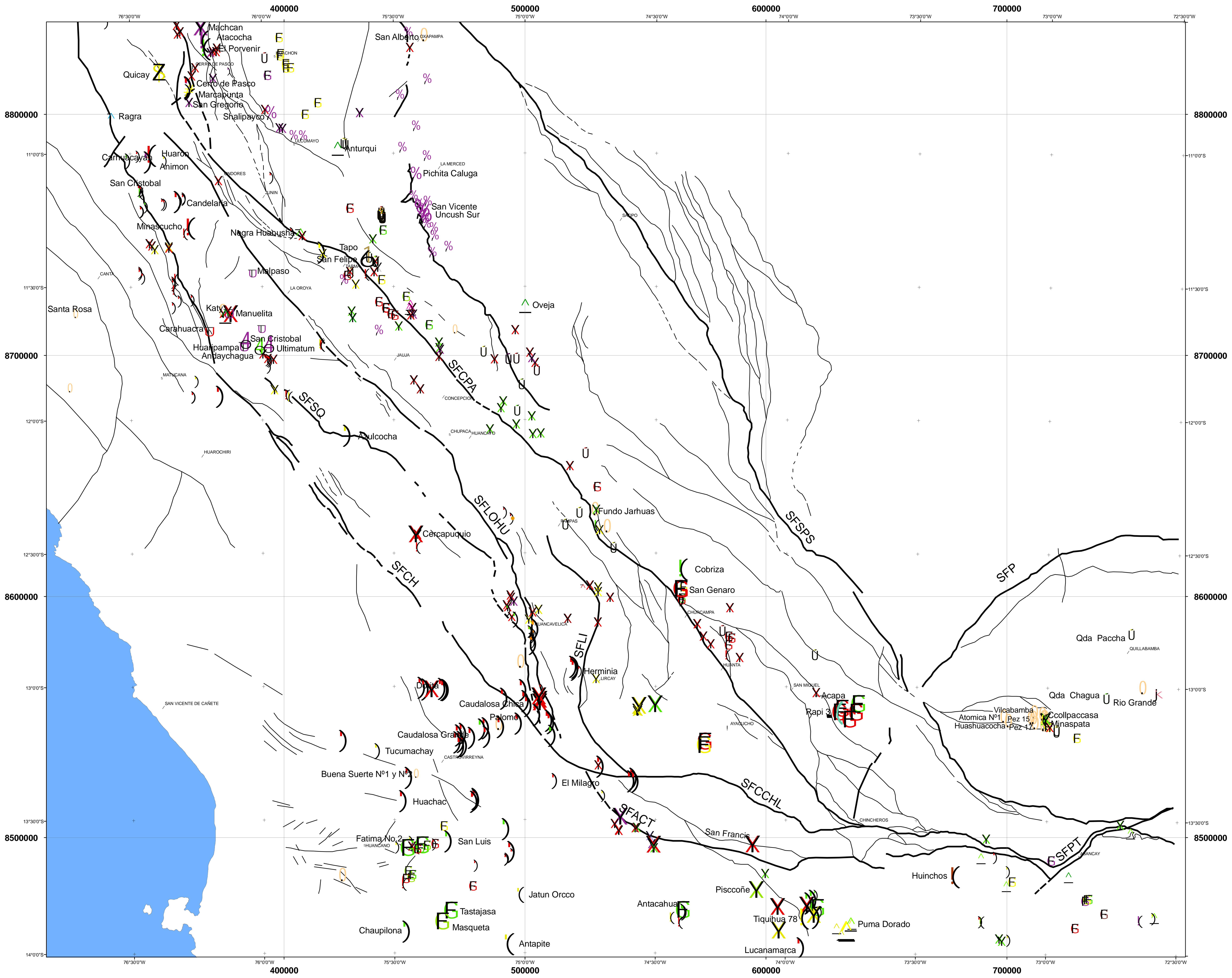
**TIPOS DE YACIMIENTOS**

- Capas Rojas
- Y Cordillerano
- Porfido
- T Sedex
- ( Skarn
- U
- F Mesothermal
- Ú Metamorfogenico
- j Placer
- ) Epitermal
- , MVT
- O VMS

**METALES**

- ( Cu-Mo
- ( Ag-Pb-Zn
- ( Cu-Pb-Zn
- ( Au-Pb-Zn
- ( Pb-Zn
- ( Fe
- ( Hg
- ( U
- ( Mina
- ( Proyecto
- ( Prospecto





**Republica del Peru**  
**Sector de Energia y Minas**  
**Instituto Geologico Minero y Metalurgico**  


**LAMINA Nº 04**  
**MAPA DE DEPOSITOS METALICOS**  
**RELACIONADOS CON REACTIVACIONES DE ESTRUCTURAS PERMOTRIASICOS**  
**PROYECTO GR6-2006**  
**Evolución tectónica, sedimentaria y magmatica del**  
**Pérmico-Triásico-Jurásico (del Mitu al Púcara): Implicancias**  
**geodinámicas, metalogenéticas y petrolíferas**

**SIMBOLOGIA**

- ! Capital Departamental
- / Capital Provincial
- Lineamiento Inferido
- Sistema de Fallas
- SFCPA Sistema de Fallas Cerro de Pasco - Ayacucho
- SFLOHU Sistema de Fallas La Oroya - Huancavelica
- SFSQ Sistema de Fallas San Jose de Quero
- SFCH Sistema de Fallas Chonta
- SFSPS Sistema de Fallas Satipo - Pangoa - San Francisco
- SCCHL Sistema de Fallas Curahuasi - Chincheros - Licapa
- SFACT Sistema de Fallas Andahuaylas - Cangallo - Totos
- SFLI Sistema de Fallas Lircay
- SFP Sistema de Fallas Puyentimari
- SFPT Sistema de Fallas Paracancha-Tamburco

**TIPOS DE YACIMIENTOS**

- Capas Rojas
- Y Cordillerano
- 6 Tipo Alpino
- Z Epitermal HS
- ) Epitermal LS
- ) Epitermal
- MVT
- U
- ( Mina
- ( Proyecto
- ( Prospecto

**METALES**

- F Mesotermal
- U Metamorfogenico
- U Placer
- J Porfido
- T Sedex
- ( Skarn
- Vetas
- O VMS
- ( Cu-Pb-Zn
- ( Ag-Pb-Zn
- ( Au-Pb-Zn
- ( Ni-Cu
- ( U
- ( Cu-Mo
- ( Pb-Zn
- ( Fe
- ( Hg
- ( V
- ( Cr
- ( REE

