



**DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS**

**PROGRAMA DE METALOGENIA**

**PROYECTO GR-13**

**“ESTUDIO DE LOS VOLCÁNICOS CENOZOICOS DEL SUR  
DEL PERU Y SU RELACIÓN CON LA METALOGENIA”**



*Brecha hidrotermal Mauruma con tenores de Au 0.5-17 g/t Au. Mina Santa Rosa.*

**INFORME SOBRE LA RELACIÓN DEL VOLCANISMO MIO-PLIOCENO CON LA  
FRANJA DE DEPÓSITOS EPITERMALES DE AU-AG EN LA CORDILLERA  
OCCIDENTAL DEL SUR DEL PERÚ (AREQUIPA-PUNO)**

**Preparado por:**  
Jorge ACOSTA & Dina HUANACUNI

**Lima – Perú**

**Diciembre, 2008**

# INDICE

## RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN
2. EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y MAGMATISMO ASOCIADO
3. EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y MAGMATISMO RELACIONADO CON EVENTOS HIDROTERMALES
4. GEOLOGÍA ECONÓMICA

### **ARASI**

Ubicación

Geología

Alteración y mineralización

### **TUCARI y SANTA ROSA**

Ubicación

Geología

Alteración y mineralización

### **CACACHARA**

Ubicación

Geología

Mineralización

Geocronología

Metalogenia

### **BERENGUELA**

Ubicación

Geología

Mineralización

### **ORCOPAMPA- Chipmo**

Ubicación

Geología

Aspectos Estructurales

Alteración y mineralización

### **CAYLLOMA**

Ubicación

Mineralización y alteración

Estructuras

Modelo genético

### **SELENE** (Palacios, 2004; Palacios et al., 2006)

Ubicación

Geología

Alteración y mineralización

### **PINAYA**

Ubicación

Geología Regional

### **Geología Local**

Litoestratigrafía

Estructuras

Alteración

Mineralización y tipos de depósitos

### **MADRIGAL**

Ubicación

Geología.

Mineralización

**5. FRANJAS METALOGENÉTICAS**

**6. INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA**

### **CONCLUSIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

- I. Mapa de ubicación
- II. Mapa geológico
- III. Mapa de dataciones
- IV. Mapa de estructuras
- V. Mapa de unidades volcánicas
- VI. Mapa de unidades intrusivas
- VII. Mapa de distribución de depósitos Metálicos
- VIII. Mapa de muestreo
- IX. Mapa Metalogenético
- X. Base in Datos de Depósitos Metálicos

## RESUMEN

En la Cordillera Occidental y Altiplano se ha identificado cuatro eventos magmáticos intrusivos entre el Oligoceno (~30 Ma) y el Mioceno (~6 Ma) emplazados entre cuatro sistemas regionales de fallas NO-SE: Sistema de Fallas Cincha-LLuta, Sistema de Fallas Icapuquio, Sistema de Fallas Caylloma-Condorama, Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y el Sistema de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri.

Durante el Mioceno-Plioceno se formaron yacimientos epitermales de Au-Ag y polimetálicos Pb-Cu-Zn en un marco tectónico compresivo debido a una subducción plana (Sillitoe & Perelló, 2005), donde la corteza continental tenía un espesor mayor que 40 Km.

Los depósitos metálicos en la cordillera occidental del sur del Perú están distribuidos espacialmente dentro de dominios geotectónicos, los cuales están delimitados por sistemas de fallas regionales que han controlado el tipo de mineralización en épocas particulares, definiendo tres franjas metalogénicas:

Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno

Franja de depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno

Franja epitermal de Au-Ag del Mio-Plioceno.

## 7. INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra entre las coordenadas geográficas: 76° - 69° O Longitud Oeste y 14° - 18° S Latitud Sur, abarca parte de las regiones políticas de Tacna, Moquegua, Arequipa, Ica, Puno y Ayacucho (Figura 1). Geomorfológicamente la zona comprende la Cordillera de la Costa, Piedemonte Andino, Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental y Cordillera Occidental. Las elevaciones van desde el nivel del mar hasta lo 4000 msnm. La geología esta conformada por unidades del Precámbrico y Paleozoico en la Costa y Mesozoico y Cenozoico en la Cordillera Occidental y Altiplano.

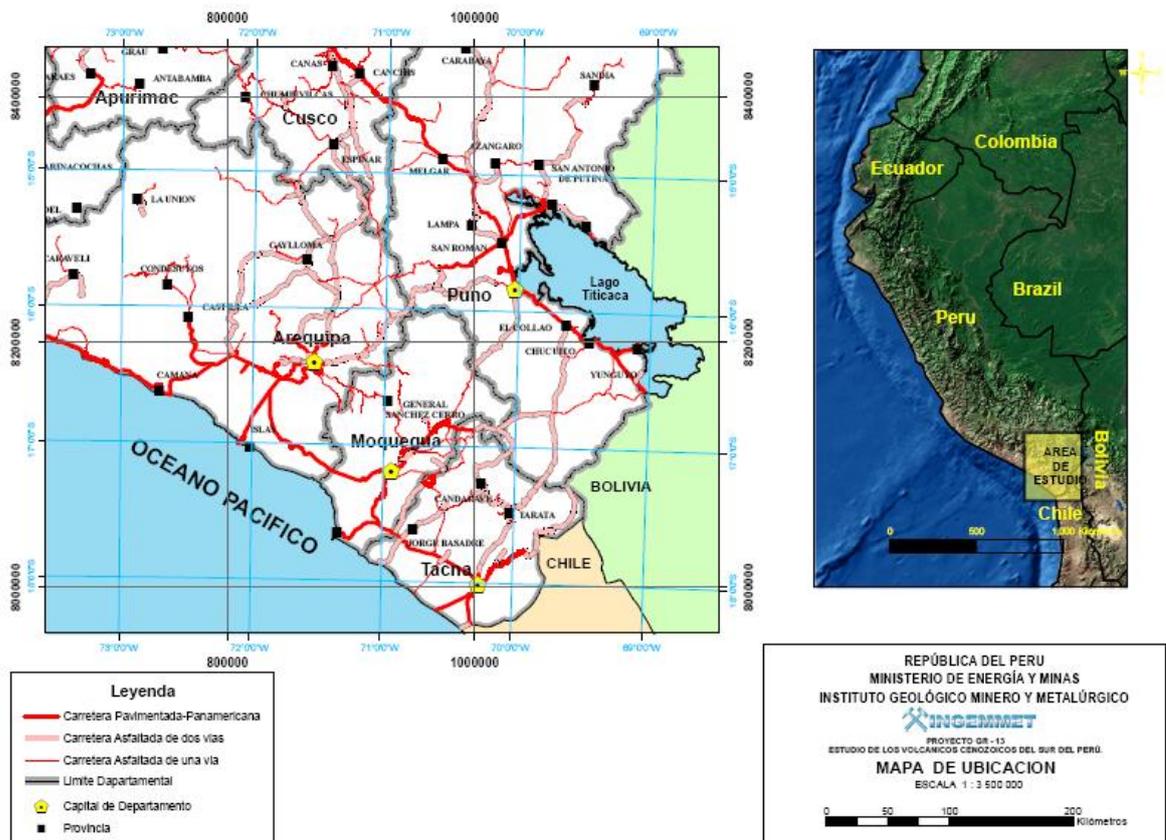


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

## 8. EVOLUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y MAGMATISMO ASOCIADO

Las rocas aflorantes en la Cordillera Occidental están constituidas principalmente por rocas volcánicas e intrusivos sub-volcánicos, con edades entre el Oligoceno y Plioceno. Las rocas volcánicas composicionalmente varían desde andesitas basálticas a riolitas. Presentan una afinidad geoquímica calcoalcalina con alto potasio y posiblemente depositadas entre los 30-17 Ma y 14-3 Ma (Schneider, 1987; Gardeweg y Ramírez, 1987; Coira et al., 1993; Kay et al., 1999; García et al., 2000. En Zappettini et al., 2001).

## 9. EVOLUCIÓN ESTRUCTURAL Y MAGMATISMO RELACIONADO CON EVENTOS HIDROTHERMALES

En la Cordillera Occidental del sur del Perú se han identificado cuatro sistemas regionales de fallas NO-SE (Figura 3), los cuales son: Sistema de Fallas Cincha-LLuta, Sistema de Fallas Icapuquio, Sistema de Fallas

Caylloma-Condoroma, Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y el Sistema de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri.

El Sistema de Fallas Incapuquio (SFI) habría estado activo como un sistema normal en el Jurásico inferior durante un proceso de rifting (Pino et al., 2004) y posteriormente se comportó como un sistema transcurrente sinistral con una longitud mayor a 400 km (Jacay et al., 2002) a lo largo de Tacna Moquegua y Arequipa. El Sistema de Fallas Cincha-LLuta se encuentra entre Arequipa y Ayacucho y se comportó como un sistema transtensivo en el Cretácico inferior, con movimientos dextrales durante el Cretácico superior – Paleoceno. En el Eoceno se comporta como un sistema sinistral con componentes inversos (Romero et al., 2002). Los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y Urcos-Sicuani-Ayaviri son estructuras heredadas del Permo-Triásico que se encuentran entre Puno y Cusco. En el Mesozoico se comportaron como sistemas transcurrentes normales, en el Paleógeno-Neógeno fueron sistemas transcurrentes inversos y en el Cuaternario muestran una configuración en escalera (Carlotto, 1998: en Carlotto et al., 2005).

Hacia la Cordillera Occidental y Altiplano el magmatismo es más joven y se registran cuatro eventos intrusivos entre el Oligoceno (~30 Ma) y el Mioceno (~6 Ma). Estos eventos están asociados a tres Sistemas de Fallas: Caylloma-Condoroma, Cusco-Lagunillas-Mañazo y Urcos-Sicuani-Ayaviri, donde los dos últimos sistemas controlaron el magmatismo potásico alcalino desde el Oligoceno (Carlotto et al., 2005). Estos sistemas de fallas habrían controlado en parte la mineralización de los yacimientos epitermales de Au-Ag y polimetálicos con superposición epitermal. Los sistemas de fallas se encuentran delimitando tres dominios geotectónicos: Puquio-Caylloma-Incapuquio, Abancay-Condoroma y Cusco-Lagunillas-Mañazo. En el Dominio Puquio-Caylloma-Incapuquio, entre las latitudes 14°30' y 15°30' S (Ayacucho y Arequipa) se distinguen dos periodos de mineralización de yacimientos epitermales de Au-Ag entre 18.1 - 13.48 Ma y 5.4 - 1.0 Ma donde destacan los depósitos de Selene, Poracota, Chipmo, Arcata, Palla Palla y Ccarhuaraso. Más al sur, entre Puno y Moquegua, se alojan yacimientos polimetálicos con superposición epitermal y depósitos epitermales Au-Ag del Mioceno. Hacia el SE, en la frontera Moquegua-Puno, el Sistema de Fallas Condoroma-Caylloma controló la mineralización epitermal de alta sulfuración en Tucari y Santa Rosa entre los 7.16-4.61 Ma.

## **10. GEOLOGÍA ECONÓMICA**

### **ARASI**

#### **Ubicación**

Arasi se ubica en el distrito de Ocuvi, provincia de Lampa departamento de Puno.

#### **Geología**

Los centros mineralizados en Arasi se encuentran alojados en rocas volcanoclásticas y lavas andesíticas Lamparasi. El principal centro de alteración hidrotermal es el Cerro Quimsachota y se caracteriza por la presencia de brechas hidrotermales, canales silicios que cortan lavas andesíticas. La pirofilita y minerales de cobre indican zonas de mayor temperatura. Arasi se encuentra en la intersección de dos principales lineamientos regionales: NNO y N 80° E.

#### **Alteración y mineralización**

La mineralización en Arasi se encuentra en tres centros: Valle, Carlos y Jessica. Las estructuras tienen una orientación ENE y NNO donde la mineralización de Au está asociada a sílice granular o masiva con jarosita e intenso fracturamiento.

En los yacimientos de Valle y Carlos los recursos en óxidos a la fecha suman 18.7 millones de toneladas con una ley promedio de 0.72 g/t Au.



Figura 2. Vista al oeste de la Unidad Valle de la Mina Arasi.

## **TUCARI y SANTA ROSA**

### **Ubicación**

Tucari y Santa Rosa se encuentran en el Distrito Minero Aruntani ubicado en la provincia y departamento de Puno en el límite del departamento de Moquegua. Los yacimientos se encuentran en la base del Grupo Barroso conformado por domos félsicos y estratovolcanes de traquiandesita de edades que van desde 8.3, 7.0, 7.1, 6.6 Ma (France et al. 1985, Bradfor 1999 en Barreda et al., 2004)

### **Geología**

La mineralización en Santa Rosa está relacionada con el margen de un domo riolítico y emplazada en tobas riolíticas y laminares, lavas riolíticas y riodacíticas, andesitas y traquiandesitas. La mineralización presenta un control litológico y estructural, controlada por la Falla Cotañani de rumbo NO.

### **Alteración y mineralización**

Tucari se ubica a 20Km al NE de Santa Rosa, la alteración corresponde al emplazamiento de intrusiones dacíticas en un complejo estrato volcánico andesíticos. Las alteraciones hidrotermales están conformadas por centros de sílice masiva representada por múltiples etapas de brechas hidrotermales, las cuales están rodeadas por sílice granular y alteración argílica avanzada. En la periferie se presentan zonas de alteración argílica. La mineralización ha sido controlada por fallas NNE y E-O. Las morrenas y coluviones ubicados en el flanco sur, también se encuentran mineralizados y con contenido promedio de 2 g/t Au. Los recursos cubicados en el 2004 fueron 50 Mt con 1g/t Au.

En Santa Rosa se ha determinado una edad de mineralización en alunita que corresponde a 7.16 Ma (UBC, 2004 en Barreda et al., 2004). La edad de mineralización en Tucari es más joven que en Santa Rosa y fue datada en alunita en 4.61 Ma. En alunita (UBC, 2004 en Barreda et al., 2004).



Figura 3. Vista al oeste del tajo Santa Rosa.



Figura 4. Mina Tucari.

## **CACACHARA**

### **Ubicación**

Cacachara se encuentran en el Distrito Minero Aruntani, junto con Santa Rosa y Aruntani. Se ubica en el departamento de Puno en el límite del departamento de Moquegua.

### **Geología**

Un domo dacítico intruye una sucesión de flujos subaéreos andesíticos y dacíticos. Esta sucesión está cortada por una brecha de intrusión dacítica, la cual puede ser un conducto de alimentación de la unidad de flujo de cenizas dacítico que suprayace a los volánicos más jóvenes. Las vetas que llevan la mena son claramente posteriores a la brecha dacítica y son por consiguiente probablemente más jóvenes que el flujo de cenizas dacítica. La unidad volcánica más joven en el área es una toba dacítica de cristales y líticos y su relación temporal con las vetas mineralizadas es desconocida. Los afloramientos del área de la mina fueron asignadas a las Formaciones Lllallhui y Capillune por García y Guevara (1975) pero al Grupo Tacaza, lo cual es incorrecto (Clark et al., 1990).

### **Mineralización**

Comprende tres vetas ENE de cuarzo alojadas en un domo riolítico a dacítico. El segmento más ancho de la veta principal está superpuesto sobre un dique de brecha freática (exposición máxima de 0.6m), el cual se hace más delgado hacia la superficie (Clark et al., 1986; Johnson and Clark, 1986). Los principales minerales de Ag son pirargirita, tetraedrita y polybasita. En la etapa temprana de vetas pobre en Ag y sulfuros de metales base el Au electrum es abundante. Las leyes de Au alcanzan localmente a 0.3 Oz/Tm (Johnson, 1986).

### **Geocronología**

Edades de Nuevas edades K-Ar en biotita han determinado (France, 1985) para la andesita temprana, pórfido dacita, toba dacítica de flujos de ceniza y toba de cristales y líticos tardía un intervalo entre 8.32 - 6.48 Ma en el Mioceno superior y conforman a la secuencia inferida de eventos extrusivos e hipabisales. Las edades no precisan la edad de mineralización. A pesar de que las vetas se formaron posterior al emplazamiento del pórfido dacita a 7.03 +/-0.4 Ma no es claro si esta precedió o continuó al emplazamiento de las dos unidades piroclásticas félsicas. Sin embargo, nuestra correlación temporal tentativa de las brechas de intrusión dacíticas y tobas de flujos de ceniza implica que la mineralización fue más joven que 6.62 +/-0.15 Ma y consideramos probable que esto sucedió antes de 6.48 +/-0.18 Ma (edad de la toba de cristales y

líticos). Por consiguiente, la edad del depósito de Cacachara sería del Mioceno superior en lugar del Plioceno.

La edad de Pavico no está delimitada completamente, pero la brecha que aloja la mena, corta la andesita intermedia, lo que indica que la mineralización es más joven que  $8.32 \pm 0.59$  Ma.

### **Metalogenia**

La relación entre la mineralización de Cacachara y Pavico con el volcanismo reciente del Grupo Barroso concuerda con el modelo metalogénico planteado por Fletcher et al. (1989) quien dice que la circulación de fluidos convectivos que generaron la mineralización fue estimulada por el Sillapaca o los centros subvolcánicos del Barroso. Sin embargo, las vetas de Cacachara ocurrieron dentro de una intrusión dacítica subvolcánica con alteración hidrotermal y la ausencia local de los volcánicos del Grupo Tacaza excluye la posibilidad que ellos representen la fuente de metales; en ambos casos, la mineralización de este distrito no es conforme con los conceptos de Fletcher et al.



Figura 5. Labores abandonadas de la Mina Cacachara.

## **BERENGUELA**

### **Ubicación**

El depósito de Berenguela se ubica en el distrito de Santa Lucía, provincia de Lampa, departamento de Puno a una altura promedio de 4 200 msnm.

### **Geología**

En la zona de Berenguela afloran rocas calcáreas de la Fm Ayabacas del Cretácico medio tardío, lutitas y rojas margosas y areniscas del Grupo Vilquechico del Cretácico superior, anteriormente reconocido como Grupo Moho (Newel, 1949). En discordancia angular suprayace el Grupo Puno del Paleoceno superior – Eoceno (Sempere, 2004), localmente está formado por areniscas de color rojo en la parte basal y conglomerados de cuarcita y andesita en el tope. El Grupo Puno está cubierto parcialmente por rocas volcánicas e intrusivas de los Grupos Tacaza del Oligoceno y Sillapaca del Mioceno (Clark et al., 1990).

### **Mineralización**

El yacimiento se encuentra en calizas, localmente son manganíferas, y suprayacen a lutitas rojas con yeso.

El depósito Berenguela de Ag-Cu comprende varios cuerpos masivos a stockwork de óxidos de manganeso que tienen una orientación O-NO y están alojados en una secuencia de calizas grises de la Fm. Ayavacas. Los minerales de cobre y plata están asociados con las concentraciones de óxidos de Mn.

Candioti y Castilla (1983) propusieron que los metales base y preciosos fueron adsorbidos por los óxidos de Mn (principalmente criptomelano y torodokita) de las calizas a partir de la percolación de soluciones ricas que lixiviaron morrenas suprayacentes con clastos de sulfuros erosionados del stock Limón Verde.

Por otro lado, Klinck et al. (1986) y Fletcher et al. (1989) postularon que los cuerpos de Mn-Cu-Ag reemplazaban calizas falladas y la mineralización estaba controlada por sumideros que se formaron por erosión kárstica de las calizas.

Clark et al., 1990 coincide con el concepto que los cuerpos de Berenguela resultaron de un metasomatismo de rocas carbonatadas controladas por fracturas, sin embargo, dedujo que la mineralización tiene una relación directa a una intrusión subvolcánica. Su afirmación estuvo basada en un afloramiento de diques y lentes de brechas freáticas polifásicas en las inmediaciones del área de la mina.

Los tills (Candioti y Castilla, 1983) y los ríos de gravas fluvio-glaciares (Klinck et al., 1986) han sido reinterpretados (Clark et al., 1986) como la expresión de una superficie de una gran brecha hidrotermal de conducto. La asociación íntima de las brechas y mineralización se muestra por la presencia de concentraciones de mena ricas en Mn a lo largo de fracturas ricas en cuarzo adyacentes a los cuerpos de brecha. Además, las rocas dominantes que ocurren como clastos en brechas son, con la excepción de calizas y cuarcitas, dioritas cuarzosas de grano fino y pórfidos dacíticos de hornblenda y plagioclasa. Ambos tipos de rocas son exóticas y presentan una intensa alteración argílica. Por lo tanto, estas rocas ígneas representan, al menos, la fuente de calor que condujo el sistema hidrotermal a gran escala (en Clark et al., 1990).

En el borde norte del principal tajo abierto de la mina, fue obtenida una edad Oligocena tardía (26.8+/-1.3 Ma) en la hornblenda de un dique traquiandesítico cortado por numerosas vetillas ricas en Mn. La naturaleza de esta roca inalterada sustenta que fue emplazada siguiendo la mineralización, considerando a Berenguela como un depósito del Oligoceno tardío, posiblemente coetáneo con las vetas de cobre en el área de Limón Verde (Clark et al., 1990).



Figura 6. Mantos con óxidos de manganeso en la Mina Berenguela.

## **ORCOPAMPA- Chipmo**

### **Ubicación**

Orcopampa es un Distrito Minero de metales preciosos que desde hace 35 años, viene produciendo cerca de 1 Moz Au y 150 Moz Ag. Se encuentra ubicado en el Departamento de Arequipa a una altitud de 3,800 m.s.n.m. Pertenece a una importante franja de mineralización epitermal de oro-plata que incluye las minas de Shila, Paula, Caylloma, Arcata, Ares y Selene. Las principales labores de la mina en este momento se desarrollan en el área de Chipmo con la explotación de las vetas Nazareno y Prometida a un ritmo de 1,100 TMD. La estructura tiene un ancho promedio de 2 m con 15 gr Au/T.

### **Geología**

Regionalmente afloran rocas sedimentarias desde el Mesozoico conformada por lutitas y cuarcitas del Grupo Yura, lutitas de la Formación Murco y calizas de la formación Arcurquina, hasta rocas volcánicas e intrusivas de composición intermedia, calcoalcalina del Mioceno al Holoceno (Swanson et al, 2003). Las rocas volcánicas son del Grupo Tacaza, la base está constituida por tufos ignimbríticos del Pisaca (25 Ma) de composición cuarzo latita a riolita. Cubriendo a los volcánicos Pisaca se depositaron los volcánicos Santa Rosa del Mioceno inferior (20-25 Ma; Swanson, Mckee y Noble, 1989-1992), de unos 600 m de espesor compuestos por brechas de composición intermedia intercaladas con lavas andesíticas y tobas; suprayaciendo a los volcánicos Santa Rosa se depositaron en discordancia angular las tobas riolíticas Manto de unos 300 m de potencia los cuales representan una actividad volcánica intracaldera de la caldera de colapso Chinchón de más o menos 20 Ma (Swanson et. al., 1993; Swanson, McKee y Noble: cartografía y datación radiométrica no publicados, 1989-1992), la toba subacuosa La Lengua cubre localmente al tufo Manto y consiste de 40 m de potencia de capas delgadas de tufos y horizontes lenticulares de calizas.

El volcánico Sarpane intruye a la serie de volcánicos mencionados; están conformados por domos y flujos de composición dacítica, andesítica y cuarzo latita, así como autobrechas andesíticas. Tiene una edad de 18.3–19.5 Ma (Gibson et. al, 1993). Luego de un breve periodo de erosión se presenta otra actividad volcánica en el área, depositándose la toba Chipmo (14.6±0.05 Ma) que cubre gran parte del yacimiento, esta unidad consiste de tobas de composición riolítica. Como una última manifestación volcánica en la región después de un prolongado periodo de erosión se depositaron los volcánicos Andagua (Pleistoceno-Holoceno) el cual consiste de lavas andesíticas basálticas presentando una clásica disyunción columnar (Swanson et al 2003).

### **Aspectos Estructurales**

Las vetas de Chipmo, hasta ahora reconocidas, están emplazadas en fracturas con orientaciones EO a NE, algunas de las cuales son fallas como el caso de las vetas Prometida, Nazareno, Pucará 1, Naomi, Vanesa y Vanesa. Existen otras estructuras de rumbo NO que corresponden a crestas silíceas. Estas estructuras son importantes por su longitud. En general debe de haber existido una zona de fracturamiento de rumbo NO, a lo largo del cual se emplazó el complejo de domos, como se demuestra en sus geometrías elongadas en esa dirección (Mayta, 1999).

### **Alteración y mineralización**

Las estructuras mineralizadas están asociadas a una alteración epitermal del tipo ácido sulfato, donde la edad de mineralización en alunita ha sido datada en 18.1 +/- 0.5 Ma (Mayta, 1999) en la Veta Prometida. Las alteraciones se presentan como silicificación, representada por crestones a lo largo de fallas. Se presenta como una roca microcristalina y densa acompañada por una diseminación de pirita fina y en algunos casos presenta estructuras brechadas. La argilización avanzada se encuentra rellenando fracturas en las partes altas del yacimiento, donde la dickita se encuentra acompañando a la alunita como venillas y como reemplazamiento de feldespatos cambiando hacia los márgenes a una asociación cuarzo-caolín. Esta alteración generalmente está acompañada por una diseminación de pirita fina. La alteración propilítica se encuentra en menor proporción.

En profundidad se tienen asociaciones de pirofilita-diáspora y en las zonas con mineralización de oro pirofilita y dickita. Las partes altas del distrito tienen una asociación alunita y dickita y en la parte más distal sílice calcedónica y alunita pulverulenta. Las vetas en Chipmo se caracterizan por presentar altas leyes de oro y zonas de bonanza con un fuerte control estructural. El oro se encuentra principalmente asociado a telururos del tipo calaverita (75%) y minerales de bismuto, siendo los elementos guía Te y Bi y alrededor del 15% como oro nativo (Echenique, J & Salazar, J. 2005; Rojas, J. & Salazar, J. 2006).



Figura 7. Afloramiento de la veta Nazareno (Echenique, J & Salazar, J. 2005).

## **CAYLLOMA (Echevarría et al., 2006)**

### **Ubicación**

El Distrito minero de Caylloma se encuentra en la Provincia de Caylloma, a 14 Km NO del pueblo del mismo nombre en la Región Arequipa. Se encuentra a una altura de 4500 a 5000 msnm.

### **Mineralización y alteración**

La mineralización se encuentra en vetas de sulfuración intermedia alojadas en rocas volcánicas andesíticas y volcanoclásticas del Mioceno y en menor proporción en rocas sedimentarias jurásicas del basamento. Las rocas volcánicas con una matriz andesítica tienen una edad de  $20.3 \pm 0.11$  Ma. La edad de la alteración hidrotermal datada en vetas de adularia dan una edad de  $18.35 \pm 0.17$  Ma, mientras que edades de postmineralización obtenidas en biotita y sanidina de un domo riolítico dan  $11.8 \pm 0.8$  y  $12.25 \pm 0.07$  Ma. Los minerales de mena están conformados por esfalerita, galena, calcopirita y tetrahedrita. Los minerales de ganga corresponden a cuarzo, calcita, rodonita, rodocrosita, pirita y en menores cantidades adularia, barita e illita.

Los tipos de alteración hidrotermal incluyen silicificación (cuarzo-adularia y cuarzo-illita y propilitización (clorita-calcita-illita). Las vetas bandeadas muestran cuatro etapas de mineralización: (1) cuarzo sacaroideo, calcedonia, pirita; (2) minerales de manganeso; (3) cuarzo-sulfuros y (4) cuarzo-calcita. Ciclos de bandas en la etapa de manganeso (sulfuros temprano, cuarzo de grano medio a grueso, rodonita tardía-calcita-calcedonia) tienen espesores de algunos milímetros a 5 cm y forman bandas de mena mayores que 1 metro de espesor.

### **Estructuras**

Las vetas ocupan fallas normales dextrales NNE con buzamientos entre  $45^\circ$ - $70^\circ$  SE y fracturas de extensión E-O con buzamientos entre  $70^\circ$ - $90^\circ$  SE. Tienen espesores entre 1 y 25 m y longitudes de varios Km. Las vetas muestran complejos y multiepisodios de rellenos con texturas características de espacios abiertos como: bandeamiento crustiforme, bandeamiento simétrico, cavidades, brechas, escarapelada y en peine. El modelo estructural en la cual se formaron las vetas principales corresponde a fallas de rumbo NE dextral con

componente normal y relacionadas a fracturas de extensión dentro de un corredor estructural NO limitado por fallas regionales sinestrales; Las vetas de segundo y tercer orden se formaron por deslizamiento relacionados a movimientos de un orden mayor principalmente de fallas de rumbo. Las estrías tiene bajo ángulo ( $20^{\circ}$ - $50^{\circ}$  SO) y el análisis cinemático de las de la falla sugiere que el eje de extensión estuvo orientado  $4^{\circ}/330^{\circ}$  y el eje de acortamiento  $55^{\circ}/234^{\circ}$ , de acuerdo con el campo de esfuerzos comúnmente propuesto para el Mioceno medio-superior en el sur del Perú.

### **Modelo genético**

La composición de los minerales y su contenido están zonificados horizontal y verticalmente. De esta manera, la plata, metales base, calcita y minerales de manganeso aumentan hacia el NE y en profundidad; mientras que el contenidos de sulfuros aumenta gradualmente con la profundidad. Los niveles superficiales del sistema hidrotermal están expuestos hacia el O y SO en el distrito.

La evidencia de isótopos de azufre y la alta salinidad encontrada en los estudios de inclusiones de fluido es consistente con el modelo en el cual los fluidos magmáticos jugaron un rol en el sistema hidrotermal, introducidos por canales de permeabilidad estructural. El ciclo natural de la precipitación de minerales con cambios bruscos en la mineralogía, texturas y composición de fluidos conllevan a postular que ocurrieron ciclos de inyección de fluidos magmáticos. La mineralización económica se estima que se formó a una profundidad de 650 m bajo el nivel freático con una temperatura de  $270^{\circ}\text{C}$ .



Figura 8. Labores abandonadas de la Mina Cacachara.

**SELENE** (Palacios, 2004; Palacios et al., 2006)

### **Ubicación**

El distrito minero de Selene se localiza en la cordillera de Huanzo de Apurímac que corresponde al arco magmático del Mioceno del Sur del Perú y aloja varios sistemas de vetas epitermales de sulfuración intermedia de Ag-Au alrededor de lithocaps estériles de argílica avanzada.

### **Geología**

Las vetas están alojadas principalmente en domos riódacíticos de flujo que intruyeron un estrato volcán andesítico a dacítico. El edifico volcánico está encerrado por un rasgo topográfico elíptico de  $7 \times 4.5$  Km, que sugiere ser una caldera. La caldera habría colapsado progresivamente después de la erupción de las ignimbritas basales hace  $16.3 \pm 0.3$  to  $16.2 \pm 0.2$  Ma ( $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  biotite ages) seguida por la construcción de un estratovolcán alrededor de  $15.15 \pm 0.7$  Ma ( $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  whole rock ages).

El domo-flujo Explorador se localiza dentro y paralelo al SE del borde de la caldera sugerida y ha sido datado en  $14.6 \pm 0.1$  Ma ( $40\text{Ar}/39\text{Ar}$  biotite). Está separado por una distancia de 1.5 Km del domo-flujo riódacítico

Parcachata, datado en  $14.5 \pm 0.1$  Ma ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  biotite) y se localiza en el centro de la caldera sugerida. Diques andesíticos y domos cortan a los domos-flujos riódacíticos y probablemente los domos riolíticos se emplazaron un poco después que los anteriores.

### Alteración y mineralización

La actividad hidrotermal relacionada al lithocap argílico avanzado Parcachata con una edad de  $14.62 \pm 0.05$  Ma ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  alunite), es coetánea dentro del error de las edades de las biotitas de los domos-flujo. Los fluidos fueron ácidos y oxidados como lo evidencia los halos de asociaciones de minerales de alunite cerca al centro del sistema Parcachata que gradaba hacia afuera a dickite ( $\pm$  pyrophyllite). Las alteraciones sugieren condiciones de neutralización progresiva a partir de un centro hidrotermal magmático que se evidencia por la alteración kaolinite-smectite ubicada en la parte distal y periférica.

Posteriormente, los fluidos hidrotermales de una fuente diferente ascendieron a lo largo de fallas y fracturas alrededor de  $14.6 \pm 0.1$  Ma ( $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  roca total alterada). Estos fluidos de pH neutral, como lo demuestra los halos de la alteración argílica intermedia que en la parte proximal domina la alteración illita-sericita, la cual gradaba hacia illite ( $\pm$  kaolinite) e illite-smectite en la periferia. Estas asociaciones de minerales de alteración hidrotermal indican una temperatura de formación de  $300^\circ\text{C}$  a  $100^\circ\text{C}$ .

Los fluidos se condujeron por fallas con sentido opuesto de movimiento, desarrolladas en un medio frágil conjugado de sistemas de fallas de rumbo. El sistema de fallas produjo jogs transtensionales y cimoides que se relacionan al incremento de volumen en las vetas. Las vetas más importantes pertenecen al sistema de vetas Explorador, que tiene una longitud de 2 km paralela al eje NE del domo-flujo Explorador. La mineralización en la veta está compuesta por tres etapas principales: 1) cuarzo lechoso masivo y en menor cantidad calcita lamelar reemplazada por cuarzo. 2) cuarzo bandeado crustiforme que alterna con sulfuros ricos en Ag-Au, bandas de adularia e illita, 3) calcita lamelar reemplazada por cuarzo y cuarzo drusy a masivo. Los minerales de mena constituyen el 20% de la veta y consiste de proustita y pirargirita y menores cantidades de sulfuros de grano fino como calcopirita, galena, esfalerita, arsenopirita, electrum, oro nativo, plata nativa, bornita, digenita y covelita. Los óxidos incluyen, goethita, hematita y óxidos de manganeso. Los clavos son principalmente verticales. La tasa Ag/Au en superficie tiene un promedio 85. El sistema de vetas Explorador puede ser clasificado como rico en plata, adularia-sericita o sistema de vetas epitermales de tipo sulfuración intermedia, caracterizado por halos de alteración argílica intermedia y mineralización dominante de sulfuros ricos en plata. Este distrito tiene mucho potencial para la exploración como lo demuestran las zonas con alteración argílica intermedia que pueden alojar vetas ciegas (Palacios et al, 2004, 2008; Palacio, 2006).



Figura 9. Ingreso a la veta Explorador de la Mina Selene.

**PINAYA** (McCrea, J., 2006)

### **Ubicación**

Pinaya se encuentra ubicado en el departamento de Puno junto al límite con Arequipa, provincia de Caylloma y Lampa y entre los distritos de Callali y Santa Lucía.

### **Geología Regional**

La edad de las rocas en la región varía desde unidades jurásicas a recientes. Corresponden a litologías de rocas clásticas de ambientes marinos someros, flujos volcánicos y sedimentos, intrusivos dioríticos y monzonitas. Sin embargo en la propiedad la edad de las rocas más antiguas es del Paleoceno. Los pliegues y fallas presentan buzamientos cercanos a la vertical y las estructuras tienen un rumbo NO. Las unidades más recientes en el área corresponden a una toba de cristales y líticos que suprayace horizontalmente en discordancia angular.

### **Geología Local**

#### Litoestratigrafía

Está conformada por el Grupo Puno compuesto por areniscas, brechas y conglomerados de areniscas cuarzosas. Estas rocas tienen un alto buzamiento, cerca a la vertical. Al Oeste del Grupo Puno existe un contacto fallado con una secuencia volcánica asignada al Grupo Tacaza de edad posible del Oligoceno, compuesto por un flujo de lava amigdaloides de andesita-basalto. Estas lavas son intruídas por una fase subvolcánica de pórfido andesita de piroxenos que también corta al Grupo Puno. Más hacia el oeste de las rocas volcánicas existe una secuencia sedimentaria de calizas y areniscas intercaladas con lutitas con suave buzamiento al SO. Esta secuencia se encuentra en discordancia sobre el Grupo Tacaza. Al Oeste de la secuencia calcárea se presenta una secuencia con buzamiento moderado al este de rocas volcánicas extrusivas (Bradley, 2004) que podrían corresponder al Grupo Tacaza. Hacia el este del Grupo Puno se encuentra una secuencia con buzamiento al NE de alto ángulo que está compuesta por areniscas, grauvacas, conglomerados intercalados con calizas. Una serie de ignimbritas y tobas de ceniza cubren la mineralización porfirítica.

La secuencia sedimentaria y volcánica cambia de dirección de NNO-SSE en el norte a ESE-ONO en el sur. Esta flexura dentro de las rocas hospedantes puede haber ayudado en el emplazamiento y localización del complejo intrusivo Pinaya debido a la extensión formada en esta flexura.

#### Rocas intrusivas

Se han identificado cuatro fases intrusivas y cinco fases de brechas. Las fases intrusivas están conformadas por:

Pórfido diorítico con hornblenda. Es la mejor fase mineralizada con altos valores de Cu y fuerte alteración potásica. Se ha reconocido venillas tempranas de biotita, y cuarzo-magnetita-ortoclasa.

Pórfido diorita. Presenta una débil mineralización, pero en el contacto con el pórfido diorítico con hornblenda las leyes son más altas. Sus fenocristales tienen una alteración selectiva a biotita.

Andesita subvolcánica. Es una fase con una pobre mineralización. Presenta una matriz de grano fino con fenocristales de feldspatos, hornblendas y cuarzo de 1-3 mm.

Pórfido andesita de piroxeno. Alberga fenocristales de piroxenos que son más grandes que los de hornblenda. El pórfido es cortado por mineralización de cobre verde esmeralda con clastos de andesita con amígdalas rellenas de cobre.

## **Estructuras**

Existen fallas de extensión y compresión en Pinaya. Las fallas son pre a pos mineralización inclusive posterior a la ignimbrita que cubre la mineralización del pórfido, cortan todas las litologías, incluyendo el complejo intrusivo Pinaya. Caira (2005) y Murphy (2006) sugieren que las estructuras NE/ENE y ONO/NO se desarrollaron como fallas conjugadas durante la pre-mineralización con un esfuerzo máximo principal de 080 de azimut, relacionado a la convergencia de la Placa Nazca. El emplazamiento del pórfido probablemente ocurrió en un régimen de esfuerzos extensional/transtensional asociado con una extensión aproximada E-O relacionada a una subducción roll back como sucede en Chile. Esto podría haber reactivado muchas de las estructuras mayores y producido un interruptor en su cinemática con un componente dextral a lo largo de estructuras ONO/NNO y un componente sinistral a lo largo de estructuras NNE/ENE.

Las fallas principales generalmente tienen una traza superficial curvilínea que indica que son de alta inclinación y con buzamiento al NE. Una estructura prominente es la falla de escala distrital NO-SE y está compuesta de una serie de segmentos paralelos, cortados por una serie de inflexiones a lo largo de su traza.

## **Alteración**

En Pinaya ocurren 6 tipos de alteración relacionada a la mineralización: potásica (biotita-cuarzo-magnetita-ortoclasa), argílica intermedia (sericita-illita/esmectita-hematita), filica (cuarzo-sericita-arcilla-pirita-turmalina), argílica (arcilla-pirita-goethita), propilítica (clorita-epídota-pirita-calcita) y calcosilicatada (granate-vesubianita-epídota-clorita-calcita-manganocalcita-esfalerita-calcopirita-pirita-calcocita-galena-tetraedrita-tenantita).

## **Mineralización y tipos de depósitos**

Skarn de óxido de Oro. Está superpuesto por un enriquecimiento supergénico con control estructural en una alteración filica dominado por pirita-calcocita-covelita. Las leyes de oro varían desde 1.5 g/Tm en rocas de muestra de canal, hasta 6 g/Tm en estructuras.

Pórfido Cu-Au. Coincide con el complejo intrusivo Pinaya definido por fases múltiples de pórfido diorítico a tonalita, brechas asociadas y una serie de diques de pórfidos andesíticos. La mineralización está definida por Cu y Au y sigue un corredor principal NNO-SSE y otros corredores secundarios ENE-OSO y ESE-ONO. Las ignimbritas se encuentran cubriendo la meteorización del pórfido Cu-Au Pinaya y el skarn.

La mineralización en Pedro Dos Mil es un segundo pórfido de cobre localizado a 2 Km al este del skarn a lo largo del corredor ENE. El área está dominada por alteración potásica con mineralización hipógena de calcopirita-covelita en el pórfido de tonalita. En esta área son comunes las vetas calcopirita-covelita – ortoclasa que coinciden con los “bulls” de anomalías de susceptibilidad magnética.

### **Óxidos de oro (zonas de raíz)**

La mineralización de oro parece ser controlada por la intersección de una serie de fallas NNO con buzamiento de alto ángulo y fallas dextrales ENE. La firma geoquímica está definida en la roca por concentraciones de oro mayor que 500 ppb hasta 18 560 ppb, además de W, Bi y Ba. Estas concentraciones están rodeadas por anomalías de As, Sb, Pb, Zn y Ag. Antiguos trabajos han dejado trincheras mayores que 50 m de profundidad donde el oro se encuentra libre en las vetas que tienen leyes de 1-5g/Tm a 18.56g/Tm. También se encuentra mineralización asociada de tetraedrita-tenantita y galena.



Figura 10. Vista de labores antiguas explotadas en los alrededores del Proyecto Pinaya.

## **MADRIGAL**

### **Ubicación**

La Mina Madrigal se ubica en la provincia de Cailloma del departamento de Arequipa sobre una altitud de 3000 msnm. Se encuentra a 95 Km del NO de la ciudad de Arequipa.

### **Geología.**

La geología del Distrito está formada por cuarcitas intercaladas con lutitas negras correlacionadas con el Grupo Yura del Jurásico Superior. En discordancia angular se encuentra rocas volcánicas andesíticas. Estas rocas muestran alteraciones de tipo silicificación, argilización y cloritización. Se correlacionan con los volcánicos Tacaza del Paleógeno. A continuación se encuentra una secuencia de andesitas, riolitas, tobas, basaltos vesiculares y aglomerados que se correlacionan con los Volcánicos Sillapaca del Neógeno-Cuaternario (Arbizú, 1977; Salazar, 1974).

Se ha evidenciado tres tipos de intrusivos de composición ácida y básica. Los más antiguos son de composición intermedia y corresponden a monzonitas y dioritas porfíricas denominados Intrusivo Satélite que cortan a los Volcánicos Tacaza. Se les considera premineral. Como un segundo evento intrusivo se consideran los diques dacíticos y riolíticos que cortan las rocas de los Volcánicos Sillapaca. Se les relaciona directamente con la mineralización. Las intrusiones más recientes se emplazan en las andesitas del Volcánico Tacaza a manera de sills y pequeñas digitaciones. Corresponden a rocas básicas de grano fino postmineral del Paleógeno superior – Neógeno (Arbizú, 1977).

Las principales estructuras corresponden a fallas que tienen direcciones entre 70-110° de azimut con buzamientos entre 60 y 75° al sur y otras entre 170-210° con buzamiento preferencial al oeste.

### **Mineralización**

La mineralización en Madrigal es polimetálica: Cu-Ag-Zn-Pb. Se consideran dos eventos de mineralización. El primero corresponde a Cu-Ag con abundante cuarzo lechoso y el segundo por Pb-Zn con cuarzo lechoso y carbonatos.

La veta Santa Rosa es la más importante y tiene una longitud de 3900 m. Tiene un azimut de 165°E y un buzamiento que varía entre 40 y 75°NE y corresponde a una falla sinistral normal. Se emplaza en las cuarcitas y lutitas del Grupo Yura y en el Volcánico Tacaza. El zonamiento vertical observado en el bloque Cahuirá de la veta Santa Rosa entre los niveles 2, 3 y 4 (3964 - 3845 msnm) comprende una mineralización de galena-esfalerita. Esta mineralización se extiende hasta los niveles 5 y 6 (3800 – 3740 msnm) donde la mineralización se divide en dos ramales, uno con galena-esfalerita y otro con manchas y diseminaciones de calcopirita-pirita (Arbizú, 1977).

Estudios macroscópicos y microscópicos muestran que los minerales metálicos asociados a la veta son: esfalerita, calcopirita, galena, pirita y menos importante la tetraedrita. Como ganga predomina el cuarzo lechoso. La calcita se observa en niveles superficiales a partir de los 3850 msnm, también anhidrita y clorita en las zonas de oxidación



Figura 11. Ingreso a la veta Santa Rosa de la Mina Madrigal.

## 11. FRANJAS METALOGENÉTICAS

Los depósitos metálicos en la cordillera occidental del sur del Perú se presentan en diferentes tipos y están distribuidos espacialmente (Figura 12) dentro de dominios geotectónicos, los cuales están delimitados por sistemas de fallas regionales que han controlado el tipo de mineralización en épocas particulares, definiendo tres franjas metalogénéticas (Figura 13):

### **Franja de epitermales de Au-Ag del Mioceno**

Se extiende en el dominio volcánico de la Cordillera Occidental del sur del Perú ( $12^{\circ}30'-18^{\circ}$ ). La mineralización de Au-Ag, está relacionada con actividad magmática Mioceno. Sus controles estructurales son fallas NO-SE de los sistemas de fallas Condoroma-Caylloma y Cusco-Lagunillas-Mañazo, así como fallas menores E-O. Las edades de mineralización de esta franja se registran entre 18 y 5 Ma, constituida por epitermales de Au-Ag de alta sulfuración como Arasi, depósitos de Ag-Au de baja sulfuración como Arcata y Ares (5.4 Ma, Candiotti et al., 1990) y depósitos de Pb-Zn-Ag de intermedia sulfuración: Caylloma (18.4 Ma, Echevarría, 2006) y Recuperada de (6.4 Ma, Noble & McKee, 1999).

### **Franja de depósitos polimetálicos con superposición epitermal del Mioceno**

La franja epitermal de Au-Ag se encuentra en la Cordillera Occidental y la mineralización está controlada por dos corredores formado por los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo, Condoroma Caylloma e Incapuquio. Las rocas hospedantes corresponden a los volcánicos del Gpo Tacaza y Gpo. Maure así como a las calizas de la Fm. Ayavacas. La mineralización es de tipo Cu Pb y Zn y los yacimientos mas importantes son Tacaza, Santa Bárbara, Berenguela, Mina los Rosales, Quello Quello y San Antonio de Esquilache. La edad de mineralización está asociada a intrusivos de edades comprendidas entre 22 y 19 Ma.

### **Franja epitermal de Au-Ag del Mio-Plioceno.**

Se encuentra en el Corredor Puquio Caylloma formado por los sistemas de fallas Cincha-Lluta, Incapuquio y Condoroma Caylloma. La mineralización se encuentra en rocas volcánicas de los Grupos Tacaza y Barroso. Localmente está controlada por fallas E-O (centros efusivos e hidrotermales) que corresponden a yacimientos epitermales de Au de alta sulfuración como Tucari (7.16 Ma; UBC, 2004 en Barreda et al., 2004, Santa Rosa (4.64 Ma; UBC, 2004 en Barreda et al., 2004), depósitos epitermales de Ag en Cacachara y Pavico. y los proyectos Mazo Cruz, Baños del Indio, Pucamarca. La edad de mineralización de esta faja se encuentra entre 7y 5 Ma.

## 12. INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA

Durante el Mioceno-Plioceno el marco tectónico del norte de Chile y sur del Perú estuvo bajo un régimen compresivo debido a una subducción plana (Sillitoe & Perelló, 2005), donde la corteza continental tenía un espesor mayor que 40 km (Figura 14).

El marco tectónico de la época fue favorable para el desarrollo de dominios geotectónicos heredados anteriormente, por grandes sistemas de fallas regionales. De esta manera se estableció el dominio Puquio-Caylloma-Incapuquio, formado principalmente por rocas volcánicas que van del Paleoceno al Plioceno. En este dominio se encuentran las épocas metalogénicas del Mioceno al Plioceno, es importante la mineralización de Au-Ag en depósitos epitermales (Figura 13) donde la mineralización tuvo un control litológico y estructural (Sistema de Fallas Condoroma-Caylloma).

El dominio Cusco-Lagunillas-Mañazo está formado por unidades volcánicas-sedimentarias del Oligoceno-Mioceno. Parte de este dominio presenta dos épocas de metalogénicas de depósitos epitermales y polimetálicos, durante el Mioceno y Plioceno. Los sistemas de fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo y Urcos-Sicuani-Ayaviri han controlado la sedimentación, magmatismo y formación de yacimientos desde el Oligoceno.

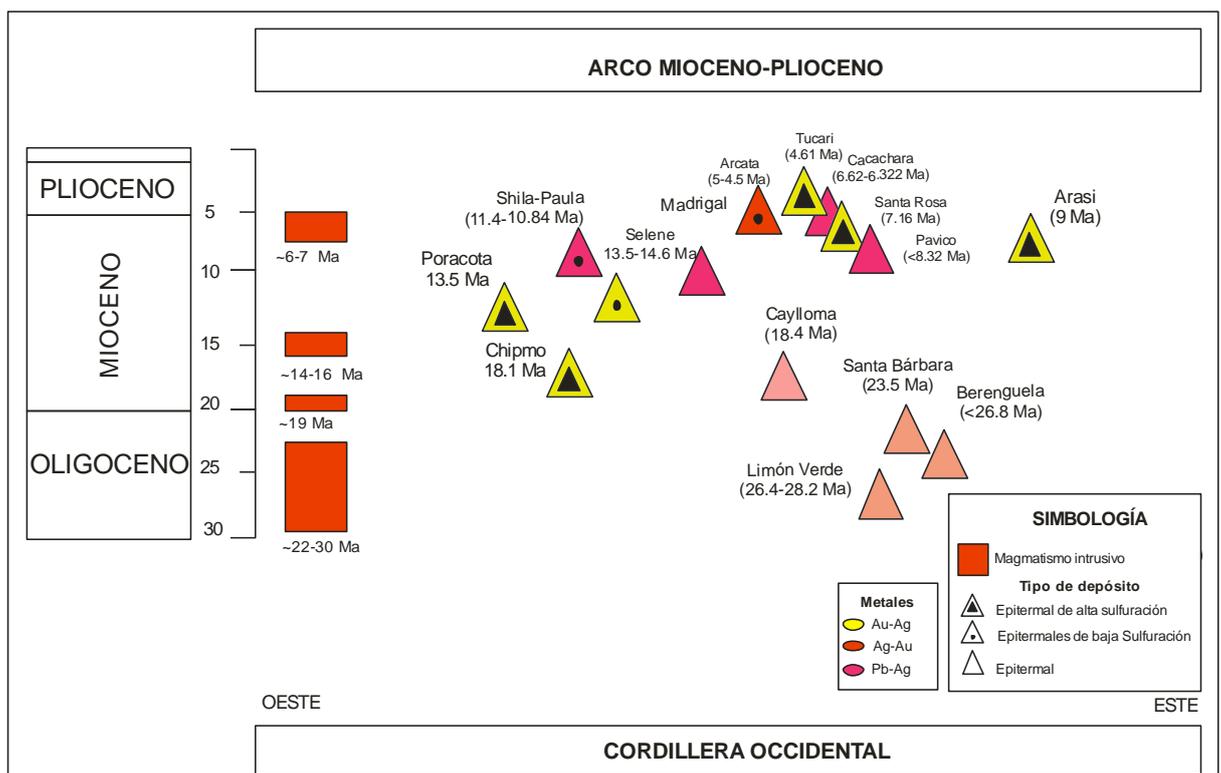


Figura 12. Relación espacio-tiempo entre los tipos de yacimientos y magmatismo asociado en la Cordillera Occidental del sur del Perú.

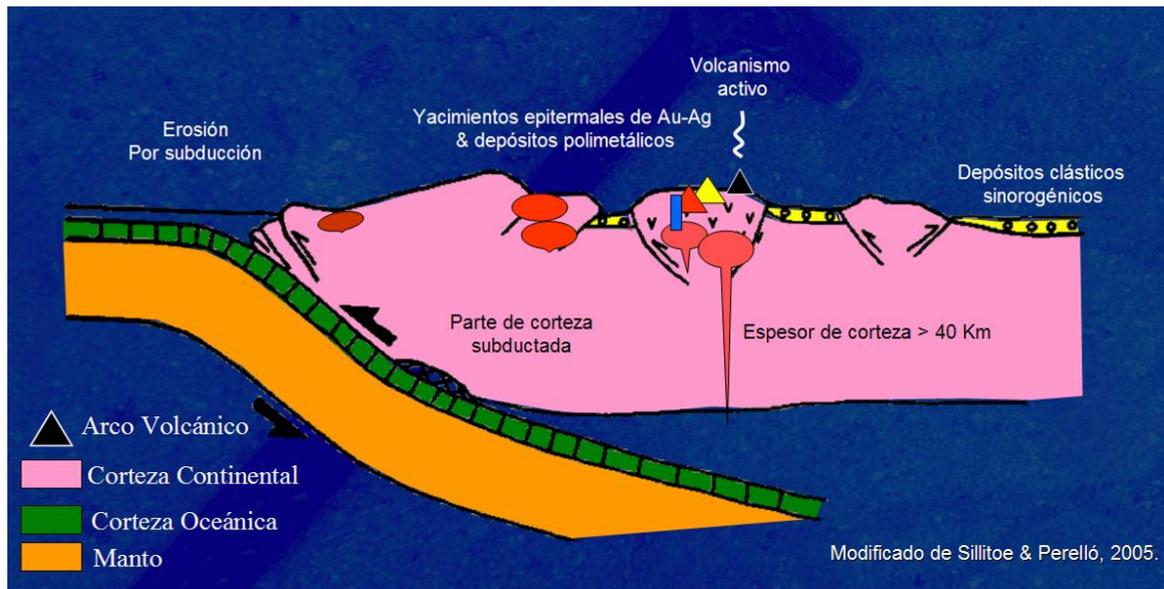


Figura 14. Marco tectónico en régimen compresivo para el sur del Perú durante el Mioceno-Plioceno inferior.

## CONCLUSIONES

En el sur del Perú el magmatismo y los eventos hidrotermales de mineralización han sido controlados por cuatro sistemas regionales de fallas NO-SE que han delimitado dos dominios geotectónicos que contienen épocas de mineralización de yacimiento de tipo epitermal.

En la Cordillera Occidental y el Altiplano se han registrado 4 eventos magmáticos: desde el Oligoceno (~30 Ma) hasta el Mio-Plioceno (~6 Ma) que han dado origen a yacimientos epitermales de Au-Ag y polimetálicos Pb-Cu-Zn.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta J., 2007. Las inclusiones fluidas como guías de exploración en depósitos de minerales. Ejemplo: El pórfido de cobre Lara. Ayacucho – Perú. Tesis de Maestría. Red DESIR-ALFA. p 97.
- Benavides, A. & Vidal, C. 1999. Exploration and mineral discoveries in Perú. In PacRim'99 Conference, Proceedings, p. 187-195.
- 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. N°6. p. 102-126.
- Clark A.H., 1990. Geologic and geochronologic constraints on the metallogenic evolution of the Andes of southeastern Peru. SEG.1990; v. 85; no. 7; p. 1520-1583.
- Injoque J., 2001. Yacimientos de óxido Fe-Cu-Au en el Perú, una visión integral. XI Congreso de Peruano de Geología. Trabajos Científicos. Sociedad geológica del Perú.
- Jacay J., Sempere T., Husson L. & Pino A.; 2002. Structural characteristics of the incapuquio fault system, southern Perú. Fiveth isag, toulouse, france, p. 319-321.
- Orbegozo O., 1973. Estudio geológico del yacimiento minero Aguas Verdes (Ayacucho). Boletín de la Sociedad Geológica del Perú. Tomo 43. p. 69-86.
- Pino A., Sempere T., Jacay J. & Fornari M. 2004. Estratigrafía, paleogeografía y paleotectónica del intervalo Paleozoico sup-Cretáceo inf. en el área Mal Paso-Palca (Tacna). Pub. Esp. No. 05 SGP-IRD. p. 15-44.
- 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. p. 88.

- Romero D., Sanchez A., Cruz M., Ticona P., Rodriguez R. 2002. Transpesional motios along the Cordillera Occidental Coastal beltboundary since the late Cretaceous (southern Peru, 16 S) 5<sup>th</sup> ISAG. Resúmenes extendidos. p. 541-544
- Sempere T., Jacay J., Carlotto V., Martinez W., Bedoya C., Fornari M., Roperch P., Acosta H., Acosta J., Ibarra I., La Torre O., Mamani M., Meza P., Odonne F., Oros Y., Pino A., & Rodriguez R. 2004. Sistemas trancurrentes de escala litosférica en el sur del Perú. Pub. Especial No. 05 SGP-IRD. p 105-110.
- Sillitoe R. & Perelló J. 2005. Andean copper province: Tectonogmagmatic, deposit types, metallogeny, exploration and discovery. In SEG Inc. Economic Geology 100th Anniversary Volume. p 845-890.
- Zappettini, E., Miranda-Angles, V., Rodriguez, C., Palacios, O., Cocking, R. 2001. Mapa metalogénico de la región fronteriza entre Argentina, Bolivia, Chile y Perú (14°S y 28°S).

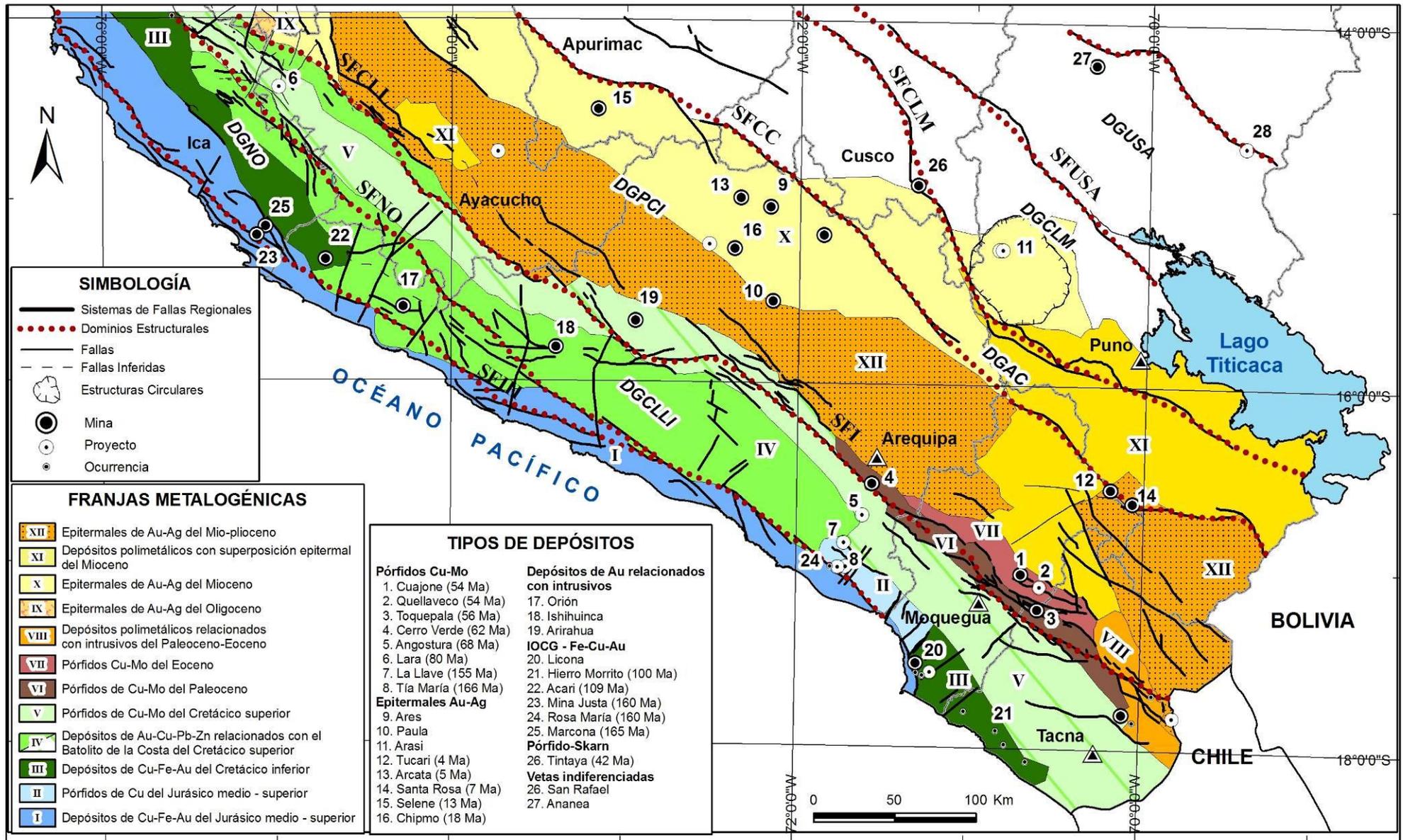


Figura 13. Mapa metalogénico del sur del Perú entre las latitudes 14 - 18°30'S. SFIII: Sistema de Fallas Ica-Islay-Ilo. SFNO: Sistema de Fallas Nazca-Ocoña. SFCLL: Sistema de Fallas Cincha-LLuta. SFI: Sistema de Fallas Icapuquio. SFCC: Sistema de Fallas Caylloma-Condoroma. SFCLM: Sistema de Fallas Cusco-Lagunillas-Mañazo. SFUSA: Sistema de Fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri. DGNO: Dominio Geotectónico Nazca-Ocoña, DGCLLI: Dominio Geotectónico Cincha-LLuta-Ilo, DGPCI: Dominio Geotectónico Puquio-Caylloma-Incapuquio, DGAC: Dominio Geotectónico Abancay-Condoroma, DGCLM: Dominio Geotectónico Cusco-Lagunillas-Mañazo y DGUSA: Dominio Geotectónico Urcos-Sicuani-Ayaviri.