

**REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS**

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS



**Lima – Perú
Diciembre, 2007**

INDICE

RESUMEN

ABSTRACT

1. GENERALIDADES

- 1.1. Introducción
- 1.2. Ubicación accesos
- 1.3. Antecedentes

2. MARCO GEOLÓGICO

- 2.1. Evolución estratigráfica y magmática
 - 2.1.1. Dominio estratigráfico de Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental
 - 2.1.2. Dominio estratigráfico de las cuencas Paleógeno-Neógenas
 - 2.1.3. Dominio estratigráfico de la Faja Cretácica
- 2.2. Evolución estructural y magmatismo relacionado con eventos Hidrotermales

3. GEOLOGÍA ECONÓMICA

- 3.1. Tipos de yacimientos
 - 3.1.1. Depósitos asociados al dominio estratigráfico de Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental
 - 3.1.2. Depósitos asociados al dominio estratigráfico de las cuenca Paleógena-Neógena
 - 3.1.3. Depósitos asociados a la faja Cretácica
 - 3.1.4. Depósitos de Uranio
- 3.2. Franjas metalogenéticas

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

- Mapa geológico y estructural
- Mapa de intrusivos y edades de roca
- Mapa de distribución de depósitos metálicos
- Mapas metalogenético del sur del Perú

RESUMEN

El centro y norte del Perú, entre las coordenadas geográficas: 75° - 79° de Longitud Oeste y 08° - 14° Latitud Sur, esta formado por las geomorfoestructuras de la Zona Costera, Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental y Cordillera Occidental.

La mineralización y el magmatismo está controlada por 4 sistemas regionales de fallas NO-SE: Sistema de Fallas Nazca-Ocoña (SFNO), Sistema de Fallas Santa-Conchao-Cocachacra (SFSCC), Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca-San Mateo (SFCBSM) y el Sistema de Fallas Punre-Canchis-Chonta (SFPCCH).

En la Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental se ha reconocido 5 eventos magmáticos intrusivos desde el Cretácico inferior al Eoceno inferior (140 a 53 Ma), de los cuales los cuatro últimos están relacionados al origen de yacimientos sulfuros masivos vulcanogénicos, óxidos de Fe-Cu-Au y pórfidos de Cu-Mo.

De igual forma, en la Cordillera Occidental se ha identificado 5 eventos intrusivos desde el Eoceno inferior al Plioceno (50 y 3 Ma). De estos eventos sólo tres están relacionados a la mineralización de depósitos epitermales de Au-Ag, pórfidos de Cu-Mo y Au y yacimientos cordilleranos de metales base.

A partir de estos resultados se han definido 12 doce franjas metalogenéticas que van desde el Jurásico medio superior al Plioceno e involucran principales mineralizaciones de hierro, cobre, oro y polimetálicos.

4. GENERALIDADES

4.1. Introducción

El presente estudio se realizó dentro del marco del Proyecto GR12: “Control estructural de la cuenca cretácica Casma y su relación con el emplazamiento del batolito de la costa y los yacimientos metálicos entre Mala y Trujillo” en la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del INGEMMET con la finalidad de estudiar las características geológicas de los depósitos de minerales, identificar cuáles fueron los controles regionales que dieron origen a la mineralización y elaborar el mapa metalogenético de la zona de estudio.

El área de estudio está ubicada en la costa del centro y norte del territorio peruano. La escala de trabajo fue 1: 500 000 y el estudio se llevó a cabo en una etapa de campo de 10 días en el mes de octubre.

El trabajo de campo consistió en reconocer los principales yacimientos de minerales de la zona e identificar las relaciones temporales de los eventos de mineralización. Se reconocieron 10 yacimientos de tipo mesotermal de Au-Pb-Zn-Cu, óxidos de Fe-Cu-Au (IOCG) y vulcanogénicos de sulfuros masivos (VMS), tales como: Chacuascucho, Soledad-Solivín, Máquina Vieja, Virahuanca, Pan de Azúcar, Adán, Punta Huaro, María Belén, Santa Rosa y Cerro Blanco.

Se tomaron 101 muestras de mena y roca hospedante para estudios de caracterización por análisis químicos, elementos mayores, elementos traza, oro y tierras raras. También se tomaron muestras para estudios petrominerográficos, espectrometría con PIMA. Otras muestras serán seleccionadas para estudios de inclusiones fluidas, difracción de rayos X, isótopos de Pb/Pb y Sr/Nd y geocronología.

4.2. Ubicación y accesos

El área del estudio se encuentra entre las coordenadas geográficas: 75° - 79° O de Longitud Oeste y 08° - 14° S Latitud Sur, entre los departamentos de Ica, Lima, Ancash y La Libertad.

Geomorfológicamente el área de estudio esta compuesta por la Zona Costanera, el Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental y la Cordillera Occidental. La zona costanera esta formada por una faja de dirección NO-SE de 16 a 45 Km y altitudes entre 0 a 1000 msnm donde se encuentran la desembocadura de los valles y las lomas y planicies costaneras. El Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental se presenta como una franja de dirección NO-SE con una altitud que varía entre los 1000 y 3000 msnm. Está disectado por valles transversales y quebradas secas. La Cordillera Occidental esta formada por cumbres y mesetas con altitudes que varían entre los 3000 y 5200 msnm.

La geología está compuesta por rocas volcano-sedimentarias del **Jurásico** superior-Cretácico inferior que comprenden el Gpo Puente Piedra, Fms Pamplona-Atocongo-Pucusana y rocas sedimentarias del Gpo Morro Solar, el Gpo Casma del Albiano-Cenomaniano. Estas secuencias se encuentran intruídas por granitoides del Batolito de la Costa con edades que van desde el Albiano-Paleoceno. Hacia la parte occidental afloran rocas volcánicas del Paleógeno y Neógeno.

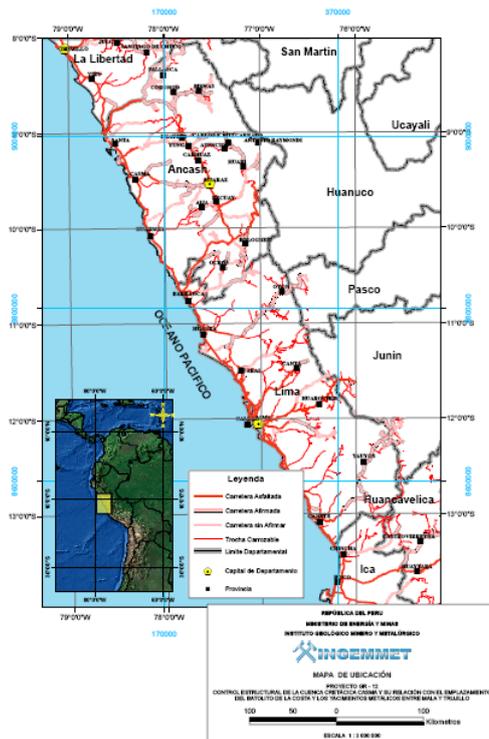


Figura 1. Ubicación del proyecto GR1.

4.3. Antecedentes

Anteriormente se realizaron estudios sobre la geología en la zona comprendida entre Chimbote, Casma y Culebras en el departamento de Ancash (Sánchez et al., 1995) basados en la estratigrafía, geología estructural y geología económica. De la misma forma, numerosos estudios sobre la evolución geológica de Lima (Pardo, 1961; Rivera, 1951 y 1975; Fernandez, 1966; Palacios et al, 1992) han sido publicados. Mas adelante surgen estudios regionales que relacionan la formación de cuencas volcano-sedimentarias en el flanco oeste de los Andes peruanos del Centro con la subducción oblicua del Cretácico superior (Polliand et al., 2005). El 2007, estudios de geología regional y metalogenia reconocen que las secuencias superiores del Grupo Casma del Albiano-Cenomaniano en realidad son de edad Cretácico superior-Paleoceno, estableciendo esta última unidad como un metalotecto para la exploración de yacimientos VMS (Romero, 2007).

Estudios sobre la metalogenia en la costa fueron realizados por Vidal en 1985, el cual establece una relación entre la génesis de depósitos de minerales con el Batolito de la Costa entre Ica y Lima. Mas adelante se realizan estudios de yacimientos VMS asociados a la cuenca marginal del Cretácico medio en el Perú central (Vidal, 1987) así como de depósitos de skarn anfíblíticos Cu-Fe en la costa central peruana (Vidal et al, 1990). El 2005 se publica un resumen de la metalogenia en la costa (Injoque & Aranda, 2005) y ya se habían hecho estudios regionales comparativos de VMS del Perú con Sudamérica (Injoque, 2000). Ya en el 2006 se publican estudios de origen de fluidos en depósitos IOCG (Chiaradia et al., 2006), génesis y evolución en depósitos VMS (Polliand, 2006). Mas al norte de la costa peruana, entre Chiclayo-Lambayeque se reconocen depósitos IOCG en secuencias asociados al volcanismo Jurásico submarino (Valer & Remigio, 2006).

5. MARCO GEOLÓGICO

La zona de estudio La Zona Costanera está compuesta por rocas volcano-sedimentarias que van desde el Jurásico superior al Cretácico inferior y

comprenden el Gpo Puente Piedra, Fms Pamplona-Atocongo-Pucusana, el Gpo Morro Solar y el Gpo Casma del Albiano-Cenomaniano. Estas unidades fueron intruídas por granitoides del Batolito de la Costa durante el Albiano-Paleoceno.

El Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental se encuentra sobre rocas mayormente volcánicas del Cretácico e intrusivos del Batolito de la Costa, controlados por fallas NO-SE.

La Cordillera Occidental esta formada por rocas intrusivas y piroclásticas del Paleógeno y Neógeno.

5.1. Evolución estratigráfica y magmática

El área de esta compuesto por tres dominios estratigráficos (Romero, 2007) Geológico): de la Zona costera y Flanco pacífico de la Cordillera Occidental, de las cuencas Paleógeno-Neógenas y la Faja Cretácica de la Cordillera Occidental

5.1.1. Dominio estratigráfico de Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental

La Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental está formada por rocas que van desde el Jurásico superior al Paleoceno, donde se ha resumido su evolución geológica en 5 periodos.

El primer periodo del Oxfordiano o Kimmerigiano?-Berriasiano comprende una secuencia volcano-sedimentaria de ambiente marino, definida como Grupo Puente Piedra (Rivera, 1951 y Fernández, 1966) y aflora entre Lima, Puente Piedra y Ancón.. El segundo periodo del Valanginiano-Hauteriviano está compuesto por rocas silicoclásticas y calcáreas de las Fms Salto del Fraile, La Herradura, Marcavilca y Pamplona. Este periodo presenta secuencias de ambiente marino que evolucionan desde un ambiente subtidal o mareal (Moulin, 1988), alternando con secuencias de talud, plataforma silicoclástica-carbonatada, depósitos deltaicos, fluviales y prodelta. El tercer periodo corresponde al Barremiano-Albiano inferior y está formado por por lutitas,

calizas en estratos delgados y gruesos, con influencia volcánica (Fms Pamplona-Atocongo), así mismo por lavas andesíticas, andesitas basálticas, basaltos, areniscas volcano-clásticas, lutitas y calizas en estratos delgados (Formación Pucusana). El cuarto periodo es del Albiano medio-Cenomaniano y corresponde a la evolución del Grupo Casma (Trottereau & Ortiz, 1963) compuesto por rocas volcano-sedimentarias de las Fms Chilca y Quilmana. La secuencia comprende areniscas volcanoclásticas, lutitas tobaceas intercaladas con areniscas calcáreas, piroclastos, brechas, hialoclastitas?, lavas andesíticas a basálticas con estructuras de almohadillas y lavas, brechas y tobas volcánicas. Sin embargo, algunos afloramientos atribuidos a esta formación, en realidad corresponden a otra unidad volcánica del Cretácico superior-Paleoceno (Romero, 2007). El quinto periodo fue reportado anteriormente como el Grupo Casma (Albiano-Cenomaniano), pero Romero (2007) en base a observaciones de campo y cartografiado geológico la redefinió como una unidad diferente que se encuentra localmente en discordancia angular a los volcánicos Albianos- Cenomanianos. Este periodo corresponde al Cretácico superior-Paleoceno y esta compuesto por brechas volcánicas hialoclastitas, piroclastos, lavas andesíticas masivas y en estructuras de almohadilla poco desarrolladas que se intercalan con secuencias sedimentarias de areniscas, lutitas y calizas; que afloran entre Huaral, Perubar, Palma, este de Pucusana y prolongándose hacia el Norte entre Cerro Blanco, Cochas y el NE de la ciudad de Huacho. Dataciones en lavas félsicas de Perubar, por el método U-Pb sobre zircones (Polliand et al., 2005) indican edades entre 69.71 ± 0.18 y 68.92 ± 0.16 Ma. Del mismo modo los afloramientos de lavas basálticas asumidas a la Formación Quilmana en el valle del Río Mala, al este de Pucusana; fueron datados por Noble et al. (2005) por el método $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ sobre roca total, indicando una edad de 67.6 Ma.

El magmatismo intrusivo en Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental es calcoalcalino y está formado por granitoides de varían desde gabros hasta granitos. Se ha reconocido 5 eventos intrusivos desde 140 a 53 Ma, de los cuales el último es el más continuo, desde 97 a 53 Ma. Estos intrusivos están relacionados al origen de yacimientos vulcanogénicos de sulfuros masivos, óxidos de Fe-Cu-Au y pórfidos de Cu-Mo

5.1.2. Dominio estratigráfico de las cuencas Paleógeno-Neógenas

Este dominio se encuentra en la Cordillera Occidental y está limitado por los sistemas de fallas Santa-Conchao-Cocachacra (SFSCC) y Cordillera Blanca-San Mateo (SFCBSM). Este dominio presenta 5 periodos de evolución geológica que va desde el Jurásico al Paleógeno-Neógeno.

La secuencia más antigua de este dominio corresponde al Jurásico inferior (~200-145 Ma) y está representada por una secuencia volcano-sedimentaria de la Formación Oyotún (Romero et al., 2004). Aflora en el núcleo de un anticlinal en el valle del río Huaura, a 2 km al SO del poblado de Churín. El periodo Berriasiano-Aptiano (~145-112 Ma) comprende las formaciones Oyon, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat del Grupo Goyllarisquizga. La secuencia corresponde a rocas sedimentarias de ambiente de plataformas silico-clásticas a deltas, plataforma carbonatada hasta fluviodeltaicos. El tercer periodo del Albiano (~112-100 Ma) está representado por las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo formado por calizas y lutitas de plataforma carbonatada. El Cretácico superior-Paleoceno (~70-60 Ma) comprende rocas piroclásticas, lavas y brechas Volcánicas intercaladas con secuencias sedimentarias de areniscas, lutitas y calizas de la Fm Churín (Webb (1976). El quinto periodo del Paleógeno-Neógeno (~60-10 Ma) esta formado por los depósitos del Grupo Calipuy que sobreyace en discordancia angular a la secuencia del Cretácico superior-Paleoceno. Está constituido por rocas volcano-sedimentarias, interpretadas como cuencas continentales de intra-arco. Algunas lavas y piroclásticos de estos depósitos fueron datados por el método K/Ar sobre Biotitas indicando edades entre 45 y 10 Ma.

5.1.3. Dominio estratigráfico de la Faja Cretácica

Este dominio se encuentra en la parte oriental de la zona de estudio que corresponde a la Cordillera Occidental. Se encuentra limitado entre los sistemas de fallas de la Cordillera Blanca-San Mateo (SFCBSM) y Punre-Canchis-Chonta

(SFPCCH). Se ha reconocido 4 periodos de evolución geológica entre el rocas Cretácico y el Paleógeno-Neógeno.

El periodo Berriasiano-Aptiano (~140-112 Ma) esta formado por silico-clásticos de las Fms Oyon, Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat del Grupo Goyllarisquizga y rocas carbonatadas de las Fms Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo y Jumasha. El segundo periodo del Albiano-Turoniano (~112-90 Ma) es muy similar a la secuencia del Albiano del dominio de Cuencas Paleógeno-Neógenas. La sedimentación es esencialmente carbonatada, pero en este dominio es mucho más desarrollada y representada por las formaciones Pariahuanca, Chulec, Pariatambo. y Jumasha. El periodo del Cretácico superior-Paleoceno (~70-60 Ma) A diferencia de los dominios anteriormente descritos, la secuencia de este periodo está caracterizada por depósitos volcano-sedimentarios. En este dominio los depósitos son sedimentarios y carbonatados, conocidos como Formación Celendín. Durante el Paleógeno-Neógeno (~60-10 Ma) los depósitos son conglomerados, areniscas y limonitas intercaladas en algunos casos con brechas volcánicas, piroclásticos y lavas. Estas secuencias corresponden a la Fm Casapalca y al Grupo Calipuy que sobreyacen en discordancia angular a la secuencia del Cretácico. Edades de lavas y piroclásticos, datadas por el método K/Ar en biotitas, indican edades entre 40 y 8 Ma (Everden & Snelling, 1995; Soler & Bonhomme, 1996).

En la Cordillera Occidental el magmatismo intrusivo esta formado por rocas de composición diorítica, tonalítica a monzogranítica. Se registran cinco eventos intrusivos entre 50 y 3 Ma, de los cuales el más continuo fue entre 15 y 3 Ma. De estos eventos, sólo tres están relacionados a la génesis de depósitos epitermales de Au-Ag, pórfidos de Cu-Mo y Au y yacimientos cordilleranos de metales base.

5.2. Evolución estructural y magmatismo relacionado con eventos de mineralización

En el centro y norte del Perú se han identificado 4 grandes sistemas regionales de fallas NO-SE que han controlado el magmatismo y la mineralización. Estos sistemas son: Sistema de Fallas Nazca-Ocoña (SFNO), Sistema de Fallas Santa-

Conchao-Cocachacra (SFSCC), Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca-San Mateo (SFCBSM) y el Sistema de Fallas Punre-Canchis-Chonta (SFPCCH).

En la Zona costera y Flanco pacífico de la Cordillera Occidental se hasta 5 eventos intrusivos desde el Cretácico inferior (~140 Ma) hasta el Eoceno inferior (~52.5 Ma). De los eventos intrusivos, los 4 últimos fueron responsables de la mineralización de depósitos de óxidos de Fe-Cu-Au (128-97 Ma), pórfidos de Cu-Mo (77.48-75.34 Ma) y yacimientos vulcanogénicos de sulfuros masivos (69.71-68.92 Ma). La mineralización estuvo controlada por estructuras NO-SE del SFNO y estructuras menores N-S y NE-SO E-O. Esto se puede distinguir, entre las latitudes 12°30´-14°S, en los yacimientos de Fe-Cu-Au de Eliana, Monterrosas y Raúl-Condestable del Cretácico inferior y en los pórfidos de Cu-Mo de Puquio (77.48-75.34 Ma; Rivera 2006), Los Pinos y Almacén del Cretácico superior.

En Cordillera Occidental también se han registrado cinco eventos intrusivos desde el Eoceno inferior (~49.7 Ma) hasta el Plioceno (~2.7 Ma). Durante este periodo sólo 3 eventos estuvieron relacionados a la mineralización de yacimientos epitermales de Au-Ag (26.34-25.25 Ma; 18-16.94 Ma), pórfidos de Cu-Mo (15.3-14-7 Ma) y pórfidos de Cu-W (9.5 Ma). Los sistemas de fallas SFCBSM y SFPCCH de orientación NO-SE controlaron la mineralización durante el Paleógeno-Neógeno. Entre las latitudes 13°-14°S destacan los yacimientos epitermales del Oligoceno como Antapite, Pampa Andino, Tricapo, Dos Lukas, Corillapa. Hacia la parte oriental la mineralización es del Mioceno inferior y destaca Jatun Orco (17.26 Ma; Quispe, 2006). Al NE de Antapite, fuera de la zona de estudio, se encuentran los depósitos de Cofradía y Minasnioc alojados en rocas volcánicas del Plioceno. Más al norte, hasta la latitud 10° S la mineralización está alojada en rocas del Mioceno superior y destacan los depósitos Yauricocha, Tamboraque, Casapalca, Yauliyaco, Santander, Iscaycruz, Uchuchacua, Palca e Hilarión. Entre las latitudes 10° - 08° S los corredores formados entre los sistemas regionales de fallas se hacen más anchos. En esta zona destacan los yacimientos de Huanzalá (7.7 Ma; Imai et al., 1985), Pucajarro, Antamina (10.8-9.8 Ma; O'Connor, 1999; Love et al., 2003, 2004; Redwood 2004), Pierina, Jacobamba, Nueva California, Pashpap, Alto Dorado y Magistral

(15.3-14.7 Ma; Perelló et al. (2001). También se encuentran los depósitos La Virgen y lagunas Norte en el límite de la zona de estudio.

6. GEOLOGÍA ECONÓMICA

6.1. Tipos de yacimientos

En la costa del centro y norte del Perú existen varios tipos de yacimientos los cuales se han clasificado en:

Yacimientos de óxidos de Fe-Cu-Au

Depósitos vulcanogénicos de sulfuros masivos

Pórfidos de Cu-Mo

Mesotermiales de Au-Cu-Pb-Zn

Cordilleranos de metales base

Epitermales de Au-Ag y

Depósitos de uranio.

Para su descripción de los más representativos se los ha agrupado de acuerdo a los dominios estratigráficos presentes en la zona de estudio, los cuales han sido establecidos por los principales sistemas de fallas regionales.

6.1.1. Depósitos asociados al dominio estratigráfico de Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental

Estos yacimientos se encuentran alojados en granitoides y rocas volcano-sedimentarias del Cretácico inferior-superior. En este dominio destacan los yacimientos tipo óxidos de Fe-Cu-Au, vulcanogénicos de sulfuros masivos, epitermales de Au-Ag y algunos mesotermiales de Au-Pb-Zn-Cu.

El proyecto Cerro Lindo se ubica en el flanco oeste de la Cordillera Occidental, en el Departamento de Ica. Las rocas hospedantes corresponden a secuencias volcano-sedimentarias con metamorfismo de carga y de tipo piso oceánico (Injoque, 1999). pertenecientes a la Formación Huaranguillo (Ly, 2000) del del Cretácico superior-Paleoceno (Romero, 2007). Las rocas están

cortadas por intrusivos del Batolito de la Costa, que definen halos con metamorfismo de contacto. Las unidades anteriores son cortadas por numerosos diques andesíticos y venillas pegmatíticas irregulares.

Es posible ver que la secuencia volcanosedimentaria se encuentra fallada y plegada, conformando un lineamiento NO-SE de 8 km de longitud, aproximadamente. Dentro del depósito se tienen fallas con rumbos de N60°O y buzamientos entre 40° a 70°NE; así como otro sistema de fallas N45°E donde se encuentran reemplazados diques andesíticos con espesores de hasta 40 metros (Ly, 2000). También se tienen fallas post-mineral que afectaron significativamente la posición y distribución de los cuerpos mineralizados. La mineralización de Zn-Cu-Ag se hospeda en *hornfels* de textura granoblástica y raramente lepidoblástica y está limitada por plutones de composición granodiorítica-tonalítica del Batolito de la Costa (Ly, 2000). Se ha determinado de 2 tipos de mineralización (Ly, 2000). El primero consistente de cuerpos de sulfuros masivos tabulares y estratiformes, con mineralización de Zn-Cu-Ag y desarrollo de un horizonte de enriquecimiento. Una parte de la mineralización presenta estructura bandeada, los que están asociados a sulfuros semi-masivos, *stockworks* con vetillas de sulfuros y disseminaciones secundario. La segunda mineralización está representada por vetas irregulares de Pb-Ag-Cu-Zn asociadas a pegmatitas. La proporción de la pirita respecto al resto de los sulfuros es aproximadamente 85 a 15 (Ly, 2000). La mineralogía de mena económica está conformada por la esfalerita, calcopirita y galena. Como minerales de enriquecimiento supergénico se tienen la covelita, calcosita y bornita que bordean las partes superiores de los cuerpos. Phelps Dodge, a fines de la década del 90, pudo estimar las reservas aproximadas, catalogando como recurso geológico 75'000,000 TM con 1.41 oz Ag/tc, 0.94% Cu, 0.36 % Pb, 2.84% Zn (Ly, 2000). Sin embargo, de acuerdo a los reportes de la base de datos del Ministerio de Energía y Minas (2002), Las reservas probables suman 16,7 Mt con 4,5% Zn, 0,9% Cu y 31,8 g/t Ag.

El proyecto La Cantera se ubica a 8 km al NE de Mala y a 80 km al SE de la ciudad de Lima. La mineralización se encuentra hospedada en una secuencia de lutitas y areniscas intercaladas con flujos de lava y rocas volcánico-clásticas

(Vidal, 1987) del Cretácico superior-Paleoceno. La mineralización consiste de un pequeño cuerpo de sulfuro masivo de pirita con baritina y calcita (Vidal 1987) con una zona de incipiente silicificación desarrollado debajo del horizonte de baritina. La baritina es de grano muy grueso y presenta estructuras de reemplazamiento rodeando las lutitas y areniscas.

El proyecto Balducho se ubica a 72 km al SE de la ciudad de Lima, en el valle del río Chilca. La mineralización se encuentra alojada en una secuencia remanente (techo colgante) de rocas volcano-sedimentarias, compuestas por lutitas metamorfizadas, intruidas por granodioritas de la superunidad Tiabaya del Batolito de la Costa (Vidal, 1987). Los depósitos tienen una posición sub-vertical y se encuentra invertidas. La mineralización económica consiste en un cuerpo estratiforme de baritina y lentes de sulfuros masivos con una zona adyacente de *stockwork*. El máximo espesor de la zona mineralizada está en el orden de los 300 metros. La zona de sulfuros masivos está constituida de pirita y esfalerita, mientras que la zona de *stockwork* contiene calcopirita. Como consecuencia de la presencia del intrusivo batolítico, se ha producido un metamorfismo de contacto, que genera la recristalización de los sulfuros aumentando el grano de los mismos. Igualmente, se distingue la presencia de texturas granoblásticas (Vidal 1987).

El proyecto Palma se ubica a 52 km al este de la ciudad de Lima. Injoque (2000), propone la existencia de una cuenca sedimentaria en Palma restringida a una estructura denominada graben Palma. La estratigrafía consiste de cuatro miembros volcánico sedimentario marino, los que pertenecen a la secuencia del Cretácico superior-Paleoceno. Las rocas volcánicas están constituidas por tobas y lavas andesíticas, intercalas con areniscas, lutitas y calizas. La roca huésped de la mineralización está formada por calizas y lodolitas piritosas oscuras de ambientes profundos y reductores. Los intrusivos en la zona consisten de diques andesíticos y ocoíticos relacionados al volcanismo local y por diques microdioríticos, aplíticos y plutones dioríticos-tonalíticos del Batolito de la Costa. La mineralización se presenta en dos tipos. La primera es exhalativa volcánica o VMS de valor económico, con cuerpos lenticulares proximales de Zn y Pb. La segundo

mineralización no económica, consiste en skarns de magnetita y pirita asociados a dioritas (Injoque et al., 2000). La mineralización en Mina Palma consiste en mantos de sulfuros masivos, compuestos de calcopirita, pirita, esfalerita, galena y baritina. Tienen rumbos NNE-SSO y buzan 45° E. Estudios realizados por Vidal (1987), Steinmüller (1987) y Steinmüller & Wauschkuhn (1990) consideran este yacimiento como parte del cinturón mineralizado de Perubar de edad Cretácico superior. Existen en la zona mina 134,000 tons de 9,45% de Zn y 2,38% de Pb, entre menas probadas, probables y potencial SIMSA (Hernández, 1997 en: Injoque et al. 2000).

La mina Perubar está compuesta por las unidades Leonila Graciela, Juanita, Santa Cecilia y Elenita. Estos depósitos se encuentran a 50 km al este de Lima. Los cuerpos mineralizados se encuentran emplazados en intercalaciones de calizas negras con lutitas con características estratiformes. La mineralización consiste en sulfuros masivos y baritina con una zona de *stockwork* en la base fuertemente silicificado y constituido principalmente de pirita y esfalerita en venas y diseminada; y en menor proporción calcopirita, galena, pirrotita y magnetita. Los depósitos de sulfuros masivos poseen bandeamiento y están compuestos de pirita, pirrotita y esfalerita con incremento de la concentración de la baritina hacia el techo de los mismos, mientras que la calcopirita, galena y magnetita se muestran subordinadas. Los depósitos de sulfuros masivos han sufrido los efectos del metamorfismo de contacto, presentando grano grueso y texturas granoblásticas y lepidoblásticas. Sólo la pirrotita es exclusivamente hexagonal (Vidal 1987). El depósito de Elenita se encuentra asociado a una *brecha pipe* y contiene zonas irregulares, masivas gradando hacia un *stockwork*. Los sulfuros masivos se encuentran compuestos de pirita, esfalerita y baritina con menores contenidos de calcopirita, galena, marcasita, pirrotita, jamesonita y esfalerita. La zona del *stockwork* esta compuesta por cuarzo, pirita y esfalerita. La combinación de estos pequeños cuerpos (100-150 m) de las unidades que forma Perubar dan un tonelaje de 6.5 millones de sulfuros y baritina con leyes de 80% de BaSO₄, 12% de Zn, 1.5% de Pb y 30 g/t de Ag. La mineralización económica del depósito de Elenita contiene alrededor de 7% de Zn, 2% de Pb y 110 g/t de Ag. (Vidal 1987). Actualmente la mina se encuentra paralizada. Polliand et al.,

(2005), realizó dataciones por el método U-Pb sobre zircones, de lavas félsicas de Perubar; indicando edades de $69,71 \pm 0,18$ Ma y $68,92 \pm 0,16$ Ma. Por lo tanto, estas dataciones muestran que la secuencia volcánica y la mineralización de Perubar son del Cretácico superior (Maestrichtiano).

El yacimiento Aurora Augusta se encuentra a 45 km al noreste de Lima, cerca al poblado de Jicamarca. Aurora Augusta es una pequeña mina de baritina. Se encuentra en rocas volcánicas atribuidas hasta ahora a las facies occidentales del Grupo Casma (Vidal 1987). Esta se componen de rocas volcanoclásticas andesíticas, intercaladas con lavas vesiculares moderadamente inclinadas hacia el SO formando el techo de la mineralización. Se intercalan esporádicamente con pizarras y piroclastos finamente laminados. Se han encontrado minerales calco-silicatados en los horizontes superiores. El contacto entre los volcánicos de la parte superior y las zonas mineralizadas está controlado por un bandeamiento, el cual es groseramente concordante y abrupto (Vidal 1987). Los cuerpos con mineralización económica de Aurora Augusta presentan geometrías irregulares, que en conjunto llegan a alcanzar una potencia promedio de 80 m. Están conformados por baritina y sulfuros, son tabulares y se concentran hacia el tope de los cuerpos mineralizados. La alteración hidrotermal está representada por la asociación mineralógica de cuarzo-sericita-pirita, pero también tiene zonas irregulares con intensa silicificación asociados a los cuerpos tabulares de sulfuros y baritina. La baritina es de grano fino, equigranular, pero tiene pequeñas zonas con megacristales. La transición de la zonas de silicificación está marcado por el incremento de las cantidades de cuarzo, jarosita y pirita. Vidal (1987) realizó dataciones de la alteración, K/Ar sobre sericitas en el yacimiento Aurora Augusta dando un rango de edad que varia entre $62,8 \pm 1,8$ Ma y $68 \pm 1,9$ Ma; correspondiendo al Cretácico superior Paleoceno inferior.

El yacimiento de Maria Teresa se ubica al norte de Lima, hospedándose en rocas piroclásticas intercaladas con flujos de lavas, brechas volcánicas y aglomerados, niveles de hialoclastitas, lavas masivas y en almohadillas. Las rocas presentan alteraciones hidrotermales que gradan, a partir de los

cuerpos mineralizados, desde sílice-sericita hasta clorita-epidota-calcita. En los niveles más distales a los cuerpos mineralizados, se tienen horizontes ferruginosos de hematina-goethita-jarosita-baritina-sílice. La mineralización se presenta como mantos de reemplazamiento (zona sur) y como diseminados (zona norte). La paragénesis del yacimiento, indica que hubo por lo menos dos eventos de mineralización. El primer evento y más importante fue una mineralización masiva y de reemplazamiento de esfalerita-galena-calcopirita-cobres grises. El segundo fue principalmente diseminado con esfalerita-galena-covelita-buornonita. Maria Teresa corresponde a un yacimiento de Zn-Pb-Cu, que sumado a sus otras características permiten definirlo como un depósito de Sulfuros Masivos Volcanogénicos SMV del tipo Kuroko (Romero, 2007).

A la altura de la latitud 9°15'S, en el Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental del departamento de Ancash, se ha reconocido en el campo yacimientos emplazados en graníticos-granodioríticos-dioríticos que se registraban como el Batolito de la Costa. Sin embargo, las edades de los intrusivos que se conocen de trabajos anteriores determinan que son del Eoceno-Oligoceno. Los depósitos reconocidos, anteriormente descritos por Sánchez (1995), corresponden a vetas de cuarzo-galena-pirita o zonas de falla con OxFe u OxCu de dirección NE y E-O. Las vetas están emplazadas en granitoides, los cuales presentan alteración a sericita y arcillas. Los reconocidos corresponden a: Chacuascucho (Cu), Soledad-Solivín (Au), Máquina Vieja (Au), Virahuanca (Au), María Belén (Au) y Santa Rosa (Cu). Estos depósitos son explotados artesanalmente. El tipo y forma de mineralización de estos depósitos de minerales sugieren un ambiente mesotermal de emplazamiento.

Sin embargo, más al SO en la Zona costera también existen ocurrencias de Cu y OxFe-Au? como Pan de Azúcar, Punta El Huaro, Adán (Cu) y Santa Rosa (Cu). Punta el Huaro y Pan de Azúcar corresponden a ocurrencias de vetas de Cu y óxidos de Fe en zonas de falla respectivamente. Estas vetas se encuentran en rocas volcánicas andesíticas reconocidas regionalmente como

el Grupo Casma. Adán y Santa Rosa son yacimientos que corresponden a vetas de Cu emplazadas en granitoides del Batolito de la Costa.



Figura 2. Imagen panorámica de las labores en la Mina Chacuascucho.



Figura 3. Veta de cuarzo-galena, con vetillas de calcita y óxidos de cobre.



Figura 4. Imagen panorámica con vista al NO de las labores artesanales de la Mina Máquina Vieja.



Figura 5. Imagen panorámica con vista al NE de la minería artesanal en el Cerro Virahuanca.

6.1.2. Depósitos asociados al dominio estratigráfico de las cuenca Paleógena-Neógena

Rosario de Belén es un yacimiento de oro y plata, que tiene una extensión de 12,471 hectáreas. El depósito se encuentra en la franja metalogénica del

mioceno superior junto con Lagunas Norte y Yanacocha. El yacimiento se encuentra en una secuencia sedimentaria grano y estrato creciente de areniscas y cuarcitas de grano medio a grueso con algunos niveles delgados de rocas volcánicas que se hacen más potentes al tope. Esta secuencia probablemente pertenece a la Formación Tablachaca que corresponde a la base de los volcánicos del Grupo Calipuy. Las alteraciones hidrotermales encontradas corresponden a una silicificación fuerte, sílice granular hacia la parte superior y una zona de argilización avanzada. En la parte distal se encuentra la alteración propilítica cerca al Río Angasmarca. El Au está asociado a la escorodita y a óxidos de hierro. Las leyes de Au varían de 0.4 a 1 gr/tm. Las operaciones se iniciaron con una capacidad de procesamiento de 5,000 toneladas de minerales por día y se estima que la producción de la mina puede alcanzar aproximadamente las 30,000 onzas de oro por año.



Figura 6. Imagen panorámica con vista al NE del yacimiento Rosario de Belén.

El depósito La Virgen se localiza en el distrito de Cachicadan, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. El yacimiento La Virgen es del tipo epitermal de Au de alta sulfuración que ocupa un ambiente tectónico transicional entre sectores de la cordillera occidental del norte del Perú. La roca huésped en este yacimiento corresponde a rocas sedimentarias de la Fm. Chimú, la cual se la puede dividir en tres niveles: Un primer nivel inferior que consiste en una alternancia de cuarcitas y limolitas; un segundo nivel más potente de cuarcitas y areniscas las cuales contienen la mineralización económica, y un tercer nivel con una granulometría más fina de limolitas. Las rocas intrusivas afloran al norte y sur del río Suro y al lado este de la

propiedad. La mineralización de Au esta asociada a la intensa silicificación y argilización de las areniscas, cuarcitas y volcánicos. En las zonas de brechas el Au esta asociado a los minerales oxidados de hierro como hematina, jarosita y goethita. Los minerales de mena son pirita, enargita, calcopirita, casiterita y tetrahedrita. La mineralización corresponde al mioceno medio y está dominada por un fallamiento en bloque que lo conforma la Falla Alumbre de rumbo N – S y la Falla Escalerilla de rumbo NE – SW. Desde el punto de vista estructural y económico, la falla alumbre es la mas importante. Consiste en una amplia zona de falla, forma el borde oeste de las rocas volcánicas y trunca la estratigrafía mesozoica. Se estiman recursos por 7,2 Mt con 1,4 g/t Au equivalentes a 334 mil onzas de Au. Hasta el momento se reporta 12,1 Mt.



Figura 7. Imagen panorámica con vista al NE del yacimiento Minero La Virgen.

6.1.3. Depósitos asociados a la faja Cretácica

El yacimiento Magistral se ubica en el distrito de Conchucos, provincia de Pallasca, departamento de Ancash. La estratigrafía está dominada por calizas gris oscuro de la Fm. Jumasha que ha sido intruida por un stock porfirítico de naturaleza diorítico a cuarzo diorítico. Los estratos presentan un moderado buzamiento de aproximadamente 45° hacia el Oeste. Remanentes de calizas o mármol dentro de la aureola de alteración del depósito son blanquecinos y generalmente de grano más grueso que los que se encuentran fuera de ella. El stock porfirítico es aproximadamente elíptico en planta y tiene un área de 900 m. E-O y 500 N-S. La inclinación de este intrusivo es de 60° hacia NO y ha generado una alteración metasomática, o skarn, en su periferia. Basado en

el grado de alteración, intensidad de fracturamiento, y el grado de mineralización de Cu y Mo, se han definido tres diferentes facies de intrusión:

- 1) Pórfido San Ernesto: Granodiorita de grano medio a grueso, compuesto predominantemente de fenocristales euhedrales y subhedrales de plagioclasas, anfíboles y biotita. Este intrusivo ha sido afectado por una intensa alteración hidrotermal, ligada a mineralización de sulfuros. Esta alteración, presenta un zoneamiento que incluye facies potásica en el centro, cuarzo – sericita y argílica en las zonas marginales.
- 2) Pórfido Sara: Ha sido interpretado como una face posterior a las facies de San Ernesto, habiendo invadido el núcleo de este complejo intrusivo. Ocupa un área importante dentro de la parte oriental del sistema hidrotermal, y está en contacto con los sectores de El Indio, La Gringa y Arizona. El pórfido Sara en contraste con el pórfido San Ernesto está ligeramente alterado, y presenta una intensidad de fracturamiento más débil.
- 3) Pórfido H: Este nombre es dado a la fase de alteración muy débil o nula de la granodiorita la cual está casi desprovista de mineralización de Cu y Mo.

Tres estilos distintos de alteración hidrotermal ocurren en este yacimiento, determinado por el tipo de roca el cual ha sido afectado: Alteración hidrotermal tipo pórfido en el stock. Alteración en el endoskarn, afectando los bordes del stock y los sills, los cuales han intruido las calizas de la Fm. Jumasha. Alteración metasomática de las Calizas Jumasha el cual se han formado en la aureola de contacto del intrusivo.

La mineralización en Magistral consiste de calcopirita y molibdenita los cuales han sido depositados tanto en el skarn como en el pórfido, siendo en el skarn donde se encuentra la mayor concentración de Cu y Mo. La mineralización en el intrusivo (especialmente San Ernesto) es, en general, menor que la alojada en el skarn, pero es importante por el volumen de roca dentro del cual se ha formado. Así tenemos que la mineralización de interés económico ocurre en forma diseminada y en cuerpos controlados por fallas en el stock porfirítico; y como diseminado, relleno de fracturas y en cuerpos tipo manto en el skarn distal y en la zona de retrogrado. Las leyes promedio tanto de los minerales económicos como de los minerales menores son: Cu = 0.2 – 1.0 %; Mo = 200 – 1000 ppm.; Ag = 3 – 4 ppm. y en ocasiones con valores mayores o iguales

a 10 ppm.; W = 200 – 400 ppm.; Zn = 250 – 500 ppm.; Pb = 30 – 60 ppm.; Sb = 25 ppm.; Bi = 25 ppm.; y Au = valores menores a 9 ppm.



Figura 8. Imagen panorámica con vista al N del proyecto Magistral.

La mina Pasto Bueno se encuentra ubicada en el distrito de Pampas, provincia de Pallasca, departamento de Ancash. Pasto Bueno es pórfido de Cu-W-Zn, que se encuentra emplazado en rocas sedimentarias jurásicas de la Fm. Chicama y cretácicas del Gpo. Goyllarisquiza. La secuencia estratigráfica consiste de lutitas, lutitas carbonosas, areniscas, cuarcitas y calizas. Las rocas ígneas observadas en campo consisten en diques y sills volcánicos de edad Palógeno del stock cuarzo-monzonítico de Consuzo, y de rocas hipabisales del Neógeno que son probablemente comagmático con el stock. La mineralización ocurre en sistema de vetas verticales de cuarzo que abarca cientos de metros entre el contacto del intrusivo de 9.5 Ma. con la secuencia de pizarras y cuarcitas del Jurásico-Cretácico (Fm. Chicama). Estas estructuras mineralizadas presentan contenidos de cuarzo-sericita-fluorita-wolframatos-sulfuros y se distribuyen en tres zonas de interés: a) Consuzo, donde tienen rumbo de N 120°. b) Huayllapón con rumbo N-S y buzamiento

75° E. c) Huaura, con rumbo N 155° y buzamiento 80° NE (Tumialán & Gamarra, 1980). Las vetas más importantes del depósito Pasto Bueno forman tres sistemas principales: *El primer sistema*: Formado por vetas con rumbo N-S y buzamiento entre 55° a 75° E. Las vetas que pertenecen a este sistema son: Chabuca (Cerro Huallapón), Tres de Mayo (Concesión Los Milagros), El Chorro, Loreto y Santa Rita. *El Segundo Sistema*: Formado por un mayor número de vetas que tienen una dirección N 35° a 45° O y buzamiento entre 55° a 80° NE. Pertenecen a este sistema las vetas: El Cable, El Plomo, San José, San Juan, Pedro, Kuki, Emilio, Vicente y Feliciano. *El Tercer Sistema*: Transversal a los dos anteriores y tiene dirección N 40° a 55 E y buzamientos de 55° a 75° NO, como por ejemplo las vetas de Jajarajao, La estrella, Maciste N° 1-2-3-4-5 y La Blanca. Los principales minerales de mena son wolframita, tetrahedrita-tenantita, esfalerita, galena y como minerales de ganga la pirita, cuarzo, fluorita, sericita y carbonatos. Las alteraciones hidrotermales identificadas son potásica, fílica-sericítica, argílica y propilítica, variando de mayor a menor temperatura (Landis & Rye, 1974). Actualmente la producción diaria de la mina es de 300 T/día, obteniéndose leyes de 0.6% - 1.5% WO₃, 0.1% - 0.2% Cu.



Figura 8. Imagen panorámica de la Mina Pasto Bueno.

6.1.4. Depósitos de Uranio

a. Región Ica

Las cuarcitas y lutitas Jurásicas del Grupo Yura, Volcánicos Quilmaná-Copara del Cretácico e intrusivos gabrodioríticos del Batolito de la Costa, albergan depósitos de cobre-fierro, con contenidos anómalos de uranio.

Los depósitos con dichas características son Ica, Grupo Mayo y Eliana; cuyas leyes de U_3O_8 varían entre 0.050% y 0.630%.

b. Región Lima

Las concentraciones de uranio en el área de Lima, se encuentran como subproductos en los depósitos polimetálicos de Santa Rosa (Sumbilca), Parag, Churín, Niño Perdido y Virgen del Perpetuo Socorro. En el área de la Mina Santa Rosa (Sumbilca), las estructuras mineralizadas registran contenidos de plomo-cobre-zinc-plata-arsénico-uranio, alojadas en tonalitas y dioritas del Batolito de la Costa. Las leyes de U_3O_8 varían de 0.010% a 0.250% (Sosa, 1973). Puntualmente una muestra extraída del socavón Fray Martín Alto reportó 0.300% de U_3O_8 (Freyre et al., 1956). Los demás depósitos muestran leyes de U_3O_8 entre 0.016% y 0.260% (Sosa, 1973), asociadas a concentraciones de cobre-plomo-fierro-molibdeno. Las rocas hospedantes de la mineralización polimetálica-uranífera son rocas sedimentarias del Cretácico Inferior de la Formación Carhuaz, intrusivas del Batolito de la Costa y volcánicas Oligo-Miocénicas del Grupo Calipuy.

c. Región Ancash

La región Ancash cuenta por lo menos con dos áreas prospectivas por uranio denominadas Cerro Chaquicocha (Quipis) y Adán. En Adán la roca hospedante corresponde a tonalitas del Batolito de la Costa. Mientras que, en Cerro Chaquicocha la mineralización uranífera está en areniscas del Cretácico Inferior de la Formación Carhuaz. Estos depósitos presentan leyes de U_3O_8 entre 0.005% y 0.515% (Sosa, 1973).

d. Región La libertad

Las anomalías de uranio se encuentran en vetas cobre-fierro, alojadas en secuencias calcáreas del Pérmico Inferior definidas como Grupo Copacabana. El depósito de mayor interés es El Sol Naciente, que reporta leyes de U_3O_8 de 0.005% a 0.008%.

6.2. Franjas metalogenéticas.

Franja de yacimientos de Cu-Fe-Au del Cretácico inferior.

Se localiza a lo largo de la Zona Costera y Constituye una franja estrecha que varía entre 40 y menos de 10 Kms. Comprenden rocas volcano-sedimentarias de la cuenca Casma y granitoides del batolito de la Costa del Albiano. La mineralización esta controlada por estructuras regionales NO-SE y NE-SO mayores que 100 Km. Localmente a la altura del latitud 12° se encuentran las fallas Chillón, Huaycoloro y Palma de dirección NE-SO que se unen al sistema de fallas SFSCC. Los yacimientos más importantes localizados en sur son Monterrosas, Eliana, Raúl-Condestable. Al norte, entre Casma y Virú destacan estructuras mineralizadas con Au en los prospectos Punta el Huaro y Tanguche. La edad de mineralización de esta franja fluctúa entre 128 y 97 Ma.

Franja mesotermal de Au-Pb-Zn-Cu y pórfidos de cobre Cu-Mo del Cretácico Superior.

La franja mesotermal se localiza en la Zona costera de Ancash, entre las latitudes 9° - $9^{\circ}30'S$. Se caracteriza por tener mineralizaciones de Cu en vetas hospedadas en intrusivos del Cretácico superior. La mineralización tiene un control estructural y litológico. La estructura corresponde a un ramal N-S del sistema SFSCC de rumbo NO-SE. Como principales prospectos se puede mencionar a Santa Rosa y Adán. En esta franja no existen edades de mineralización, por lo la edad máxima asumida es a partir de la datación de los granitoides, la cual se encuentra entre 85 y 65 Ma.

Los pórfidos de cobre de Cu-Mo se encuentran entre las latitudes 13° - 14° del Flanco Pacífico. La mineralización está relacionada a intrusivos graníticos del Batolito de la Costa (~94 – 76 Ma) y presenta un control litológico y estructural. Los yacimientos están controlados por el sistema de fallas SFNO de rumbo NO-SE que forman dos corredores. Los principales prospectos de esta franja son Puquio (77.48-75.34 Ma, Rivera, 2006), Almacén y Los Pinos. Sin embargo también se encuentra el skarn Tentadora. Hacia el sur del Perú, fuera de la zona de estudio, la franja es continua, y la mineralización en Angostura fue datada en 68 Ma (Quang, 2005). Por lo tanto, la edad de mineralización de esta franja se encuentra entre 77.5 y 68 Ma.

No se han registrado prospectos mesotermales de Au-Pb-Zn-Cu y pórfidos de cobre Cu-Mo entre las latitudes 10° y 13°S, sin embargo los granitoides del Batolito de la Costa de este sector presentan un gran potencial para exploración por este tipo de depósitos.

Franja de sulfuros masivos vulcanogénicos de Pb-Zn-Cu del Cretácico Superior.

Esta franja se encuentra en el Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental entre las latitudes 9° - 13°S (La libertad- Ica). Los yacimientos vulcanogénicos Pb-Zn-Cu están distribuidos en secuencias volcánicas submarinas de una cuenca atribuida al Cretácico superior que antes era considerada como parte de la cuenca Casma del Cretácico inferior. El principal control de la mineralización está dado por el sistema de fallas SFSCC, el cual presenta ramales NE-SO. Los principales yacimientos y prospectos son María Teresa, Aurora Augusta (62.8-68 Ma; Vidal, 1987), Perubar (Leonila-Graciela: 69.71-68.92 Ma; Polliand, 2005) (Perubar), Cerro Blanco, Cerro Lindo, Palmas y Balducho. Las edades de mineralización se encuentran entre 70 y 63 Ma.

Franja mesotermal de Au-Pb-Zn-Cu del Eoceno.

Los depósitos mesotermales de esta edad se encuentran en Ancash (9° - $9^{\circ}30'S$) en rocas intrusivas que forman parte del arco magmático del volcánico Calipuy. La mineralización tiene un control litológico y estructural; se encuentra en un corredor formado por el SFSCC y un ramal NNO-SSE del SFCBSM. La mineralización se encuentra vetas de cuarzo-galena-pirita y calcocita con óxidos de cobre alojadas en monzogranitos y tonalitas y su explotación es principalmente artesanal. En esta franja destacan los prospectos Chacuascucho, Virahuanca, Motocachi, Fernando Javier, Tres Minas, Maravi y Tumipampa. No se conocen edades de mineralización, sin embargo a partir de dataciones de los intrusivos se estima una edad máxima entre 50 y 45 Ma.

Franja mesotermal de Au-Pb-Zn-Cu del Eoceno-Oligoceno.

Esta franja se ubica al NO de la franja mesotermal del Eoceno y viene a ser la continuación del arco magmático del volcánico Calipuy. Se extiende desde los 9° a lo largo del SFSCC hasta salir de la zona de estudio. Esta formada por granodioritas, monzonitas hornbléndicas y granitos. Fuera de la zona de estudio se encuentra, a la altura de $6^{\circ}30'$, los proyectos El Rosal y El Tigre. La edad de los intrusivos se encuentra entre 43 y 29 Ma.

Franja epitermal de Au-Ag del Oligoceno.

Esta franja se encuentra entre las latitudes $12^{\circ}30'$ - $13^{\circ}S$ y es continua hacia el SE. Las rocas hospedantes de esta franja corresponden a la Formación Castrovirreyna (Salazar et al., 1993) y esta constituida por tobas, aglomerados y coladas de lava andesítica con intercalaciones de areniscas, calizas y lutitas. Se han reportado edades radiométricas entre 21.4 y 31.2 Ma (Noble et al., 1979) y 18.6 y 27.1 Ma (Noble, 2001; datos no publicados en Quispe, 2006). La franja se encuentra entre los sistemas SFSCC y SFNO dentro de un corredor estructural donde se han reconocido estructuras volcánicas como calderas y centros volcánicos (Angeles, 2000; Noble et al., 2005 en Quispe, 2006) con dirección NO-SE. La mineralización de Au-Ag es vetiforme y los principales yacimientos se encuentran en la franja Huaytará – Tantaré (Huancavelica) y corresponden a Pampa Andino y Antapite (26.34-25.25 Ma; Quispe 2006), también se

encuentran los prospectos Corillapa, Dos Lukas, Tomás Canca, Tricapo, Santa Beatriz y San Juan de Capillas. La edad de mineralización está representada por el yacimiento de Antapite.

Epitermales de Au-Ag (Pb- Zn) del Mioceno Superior

Esta franja se distribuye ampliamente en toda la zona de estudio. La mineralización es principalmente de Au-Ag y está alojada en rocas volcánicas del Mioceno; localmente en la latitud 8° S se encuentra en rocas sedimentarias del Cretácico inferior como es el caso de los yacimientos Alto Chicama (Lagunas Norte), Santa Rosa y La Virgen. La franja está controlada por tres grandes sistemas de fallas regionales: SFSCC, SFCBSM y SFPCCH. Estos sistemas forman un gran corredor estructural NO-SE de 90 a 10 Kms de ancho, donde se mas estrecho hacia el NO, cambiando a una dirección N-S. Los yacimientos más importantes entre los 11° 30' y 14° S corresponden a Jatun Orco (17.26 Ma; Noble, 2002), Corihuani y Tamboraque. La mineralización es más importante hacia el NO, a partir de los 09° 30' donde los principales yacimientos corresponden a Pierina, Rosario de Belén, Alto Chicama (Lagunas Norte), Santa Rosa y La Virgen. Otros yacimientos y prospectos importantes son: Culebrilla, Diçomedes, Rumicruz, Machala, San Pedro, entre otros. Sin embargo, en la zona de estudio edad de mineralización de la edad de mineralización de esta franja se encuentra entre 17 y 14.5 Ma. Sin embargo, hacia el SE, entre los 14° y 18°30' S, la edad de mineralización se encuentra entre 13 y 18 Ma.

Franja de pórfidos-skarn de Cu- Mo-Au del Mioceno superior

Esta franja esta constituida por dos sub provincias ubicadas entre las latitudes 8° y 9°30' S. La primera está controlada por un ramal NNO-SSE del SFCBSM y la segunda por el SFPCCH. La primera se caracteriza por tener rocas hospedantes de los volcánicos del Gpo. Calipuy y secuencias calcáreas cretácicas de las Fms Inca, Chulec y Pariatambo. El magmatismo en esta franja esta asociada a pequeños stocks intrusivos granodioríticos del Mioceno. Entre los principales depósitos minerales tenemos El Extraño y Pashpap. La segunda subprovincia es una franja estrecha de 10 Km de ancho, donde el SFPCCH cambia de dirección

NO-SE a N-S. La mineralización esta asociada a cuerpos subvolcánicos e intrusivos del Batolito de la Cordillera Blanca de edad miocénica. El proyecto más relevante es Magistral (15.3-14.7 Ma). Más al norte, fuera de la zona de estudio se encuentra Michiquillay (19.77 Ma), El Toro (18.1 Ma) y El Galeno (17.5 Ma). La edad de mineralización de esta franja fluctúa entre 15 y 20 Ma.

Franja de pórfidos de Cu-W del Mioceno superior

Es una franja estrecha de 20 Km de ancho que se extiende a lo largo del Batolito de la Cordillera Blanca que corta la secuencia lutácea del Jurásico de la Fm Chicama. Esta franja tiene un control litológico-estructural y está controlada por el SFCBSM. Entre los principales yacimientos destacan Lacabamba y Pasto Bueno (9.5 Ma).

CONCLUSIONES

La zona de estudio está formada por tres elementos morfoestructurales: la Zona Costera, el Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental y La cordillera Occidental.

La mineralización y el magmatismo está controlada por 4 sistemas regionales de fallas NO-SE: Sistema de Fallas Nazca-Ocoña (SFNO), Sistema de Fallas Santa-Conchao-Cocachacra (SFSCC), Sistema de Fallas de la Cordillera Blanca-San Mateo (SFCBSM) y el Sistema de Fallas Punre-Canchis-Chonta (SFPCCH).

En la Zona costera y Flanco Pacífico de la Cordillera Occidental se ha reconocido 5 eventos magmáticos intrusivos desde 140 a 53 Ma: Valangiano, Barremiano, Aptiano, Albiano y Cenomaniano-Eoceno inferior. Estos intrusivos están relacionados al origen de yacimientos sulfuros masivos vulcanogénicos, óxidos de Fe-Cu-Au y pórfidos de Cu-Mo.

En la Cordillera Occidental se ha indentificado 5 eventos magmáticos intrusivos entre 50 y 3 Ma: Lutetiano-Bartoniano, Priaboniano-Rupeliano, Chatiano, Aquitaniano-Burdigaliano y Langhiano-Piacenziano. De estos eventos, sólo tres están

relacionados a la génesis de depósitos epitermales de Au-Ag, pórfidos de Cu-Mo y Au y yacimientos cordilleranos de metales base.

Se reconocieron 12 doce franjas metalogénicas que van desde el Jurásico medio superior al Plioceno e involucran principales mineralizaciones de hierro, cobre, oro y polimetálicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta J., 2006. Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú. Informe Técnico DGEPM. INGEMMET. Pags. 21
- Acosta J., 2006. Características metalogénicas de los yacimientos asociados a los arcos magmáticos mesozoicos y cenozoicos del sur del Perú (Latitudes 14° - 16°S) Informe Técnico DGEPM. INGEMMET. Pags. 17
- 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. Tesis MSc Internacional. Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. Pags 97.
- Chiaradia, M., Banks, D., Cliff, R., eMarschik, R. and de Haller, A. (2006) Origin of fluids in iron oxide–copper–gold deposits: constraints from $\delta^{37}\text{Cl}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and Cl/Br . *Mineralium Deposita*, v. 41: p. 565-573
- Injoque, J. 2000. Distribución de los yacimientos de sulfuros masivos (VMS) y de cobre tipo manto (CuTM) en el arco volcánico Cretácico de los Andes peruanos y sudamericanos. *Bol. SGP* V. 90 (2000). P.19-34. Injoque j. & Aranda A. 2005. Metalogenia de la costa - Visión actualizada. Volumen Especial No.6 Alberto Giesecke Matto. SGP. 2005. Pp. 149-166
- Polliand, M., Schaltegger, U., Frank, M. & Fontboté., L. 2005 Formation of intra-arc volcanosedimentary basins in the western flank of the central Peruvian Andes during Late Cretaceous oblique subduction: field evidence and constraints from U–Pb ages and Hf isotopes *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)* (2005) 94: 231–242

- Polliand, M. (2006) Genesis, evolution, and tectonic setting of the Upper Cretaceous Perubar Ba-Pb-Zn volcanic-hosted massive sulfide deposit, Central Peru. *Terre & Environnement, University of Geneva*, v. 60, 141 p.
- Orbegozo O., 1973. Estudio geológico del yacimiento minero Aguas Verdes (Ayacucho). *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*. Tomo 43. Págs. 69-86.
- Quispe J., 2004. Petrografía, geoquímica e implicancias metalogenéticas de los volcánicos cenozoicos del sureste del Perú: zona de Mazo Cruz (Puno)” Tesis Pregrado – UNI. Pags 59.
- Quispe J., 2006. “Características estructurales e isótopos de Plomo de las mineralizaciones auríferas de la Franja Huaytará-Tantará, Huancavelica (Perú)” Red DESIR Red DESIR-ALFA. Tesis MSc Internacional. Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales. Pags 88..
- Romero, D. 2007. La cuenca Cretácica-Paleocena del Perú Central: Un metalotecto para la exploración de SMV, Ejemplo: La Mina Santa Teresa. Tesis MSc. Universidad Politécnica de Madrid – Alfa-Desir. Pgs. 99.
- Rubén Valer R., & Remigio F. 2006. Prospección por depósitos tipo IOCG asociados al volcanismo Jurásico submarino del norte del Perú Chiclayo-Lambayeque. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú
- Vidal, C. 1987. Kuroko-Type Deposits in the Middle Cretaceous Marginal Basin of Central Peru. *Economic geology*, v. 82, pp 1409-1930
- Vidal, C., Injoque, J., Sidder, G., Mukasa S. 1990. Amphibolitic Cu-Fe skarn deposits in the central coast of Peru *Economic Geology*. Vol. 85, 1990, pp. 1447-1461.

ANEXOS

- Mapa geológico y estructural
- Mapa de intrusivos y edades de roca
- Mapa de distribución de depósitos metálicos
- Mapa de Distribución de depósitos
- Mapas metalogenético