

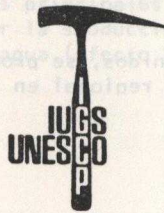
SIMPOSIO SI

METALOGENESIS MESOZOICA ANDINA

Organizado con la contribución de

Proyecto PICG 242 Cretácico de América Latina

Proyecto PICG 249 Magmatismo Andino y su Marco Tectónico



V CONGRESO GEOLOGICO CHILENO

Santiago, 8 al 12 de Agosto de 1988

TRIASSIC, TIN-BEARING GRANITES FROM CORDILLERA REAL, BOLIVIA(**)

Waldo Arturo Avila-Salinas *

* Academia Nacional de Ciencias de Bolivia; P.O. Box 5829, La Paz
 (**): Contribution to the Symposium of "Metalogénesis Mesozoica Andina" (S1)
 Proj. 242-249 IGCP.

The Cordillera Real of the eastern Andes of Bolivia (La Paz department) includes a granitoid suite consolidated during two magmatic pulses of Middle to Upper Triassic, and Late Oligocene to Early Miocene ages, respectively, along the southernward prolongation of the rift-controlled Inner Magmatic Arc of the southeastern Andes of Peru. The peraluminous chemistry, the high but restricted silica range, CaO and MgO depletions of those plutonic rocks suggest its fractional crystallization, followed by variable assimilation of supracrustal rocks in the melts of such "S-like" granitoids, characterized by remarkable tin contents. The usage of certain geochemical indicators for tin, such as TiO_2 ; Rb/Sr; Rb/Ba, and Mg/Li demonstrated the existence of inherited tin, assimilated during the late and/or postmagmatic stages of the plutons.

Pb- isotopic ratios of certain ores related to such cordilleran granitoids, denoted a direct mantle derivation for the melts, rather than in situ palinogenesis, or links to active subduction of oceanic tholeiites from Nazca plate.

The tin-tungsten ores commonly associated to base-metal sulfides and gold are correlated to metasomatic and/or hydrothermal systems developed in certain small cupolas and exo-contacts of the plutons, in which tin was transported in solution by agency of chloride complexes rather than tin-bearing fluorides, according to the available fluid inclusions studies. Furthermore, tin ores conform polymetallic deposits belonging to: greisen type (Chacaltaya, Chojlla), peri-batholithic veined lodes (Viloco, Suka), stratabound tin-bearing mantos (Kelluani, Huallatani), and exceptionally pegmatitic ores (Fabulosa mina). All of those tin ore deposits correspond to the triassic northernmost metalotect of the Bolivian Tin Belt.

EVOLUCION EN EL CONOCIMIENTO GEOLOGICO DEL YACIMIENTO CUPRIFERO DISEMINADO EL SOLDADO. 5ª REGION. CHILE.

Hugo G.L. Bassi*.

* CONICET-CIRGEO. R. de Velasco 847. 1414 Buenos Aires. Argentina.

En las minas vecinas El Soldado Viejo y Las Guñas, reunidas en la década del 30 como mina El Soldado, hasta 1919 se explotaron vetas y mantos de alta ley.

El primer intento de conocimiento geológico del mineral diseminado interpretó para Las Guñas una estructura de capa volcánica poco inclinada, uniformemente mineralizada con 2.9% Cu en 200 m de espesor. Pero la exploración de 1920 indicó una ley media de 1,3% Cu y reinterpretó el modelo precedente como una serie de 6 mantos ricos, de 1 a 2 m de espesor, en los 200 m de potencia.

En 1922 un intento similar permitió concluir, para El Soldado Viejo una estructura de columnas mineralizadas, adosadas al labio alto de una falla regional inversa, producidas por lixiviación de sulfuros alojados en techos porosos de coladas volcánicas, conducidos por soluciones secundarias descendentes y primarias ascendentes.

Entre las décadas del 20 al 50 se explotaron y reconocieron 6 columnas aflorantes subverticales, todas al oeste de la gran falla inversa, alcanzando la mina un ritmo máximo de explotación de 600 t/día, declinante en 1958.

Entre 1958 y 1960 se estudió geológicamente el yacimiento a escalamina. Se confirmó el ciclo efusivo y se descubrió la presencia de un ciclo hipabisal constituido por filones capa y diques de pórfido traquítico, controlando la mineralización cuprífera y similares andesíticos, desfavorables a dicha mineralización.

El mecanismo mineralogenético interpretado, base de la exploración futura, fué: intersección de lineamientos mineralizantes hidrotermales con los cuerpos de pórfidos traquítico. Previendo y ubicando en el espacio la posibilidad de 7 nuevos bloques, cuarto de ellos no aflorantes y algunos sobrepasando la falla inversa hacia el Este.

En la década del 60 dicho conocimiento geológico y la exploración consecuen- te aportó con 14 nuevos bloques, 8 de ellos no aflorantes. Además 10.000.000 ts. de mineral minable cubricadas, con lo que el ritmo de 600 ts/día, declinable, repuntó a 3.300 ts/día. A partir de 1978, un intenso programa de sondeos exploratorios, con 35.000 m perforados hasta el presente y un detallado control geológico, de los bloques conocidos, permitieron una explotación latamente eficaz, incrementándose considerablemente las reservas y elevándose el ritmo de explotación a 11.500 t/día.

V CONGRESO GEOLOGICO CHILENO
Santiago, 8 al 12 de Agosto de 1988

CRETACEOUS GOLD-MINING DISTRICTS IN NORTHERN CHILE. FIRST SYNTHESIS RELATIVE TO THE GEODYNAMIC EVOLUTION MODEL OF THE ANDES.

Karsten Berg*.

* División Minería, EPROM Ltda. Dr.M. Barros Borgoño 66, Casilla 104-T, SANTIAGO.

Most of the North-Chilean gold-districts are directly related with magmatic events and thermal processes during the Cretaceous. Recent geochronological and geochemical research data from two far distant Andean transects of Northern Chile show a magmagenetic anomaly taking place in the same geological period. Changes in the geodynamic evolution of the active continental edge are related to plate-tectonic motions like velocity and dip angle of the subducted oceanic plate. The complex metalogenesis for the economically interesting gold-districts is shown to depend on these changes as well.

As a result of several studies carried out in the Andes (26 - 33 degrees South) an eastward migration of the magmatic foci, starting in the Jurassic, has been established. During the Cretaceous an abnormally high plate subduction rate with a steep dip angle took place. In the back-arc region of the continental crust an ensialic marginal basin was formed by a dilatation regime together with large volumes of tholeiitic melts coming from the upwelling mantle. Volcanic and plutonic rocks from that area have very similar isotopic and geochemical characteristics. For example their Sr-initial ratios are the lowest detected during the Andean evolution. Favorable conditions for a long stage hydrothermal alteration occurred in this area, namely, basic to intermediate rock composition in the enriched hot melts, high sulfide contents in these rocks and long cooling rates (between 1-3 Ma) after the plutonic emplacement.

To form these important gold-districts of Northern Chile the following processes are required:

- a) The ascent of hot mantle-material, enriched in volatile elements and poorly differentiated, into the uppermost crustal level to form an ensialic marginal basin.
- b) Long-time thermal alteration effects within a tectonic regime of dilatation.
- c) Existence of Roof pendants from volcanic and sedimentary sequences, permitting the development of sulfide-traps. An oxidization process with secondary gold enrichment could have taken place due to recent erosion levels.

CHERT MANGANESIFERO DE LA FORMACION CHACHIL (LIASICO) EN EL AREA DEL C° ATRAVESADA, PROV. DEL NEUQUEN, REPUBLICA ARGENTINA.

M.K. de Brodtkorb*; H.A. Leanza**; N. Pezzutti***; H. Puchelt****; y M. Barbieri*****.

- * Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. INGEA. Calle 47 N°522. La Plata.
- ** Dirección Nacional de Minería y Geología, y CONICET. Avda. Santa Fé 1548, Buenos Aires.
- *** Dirección Nacional de Minería y Geología. Av. Santa Fé 1548, Buenos Aires.
- **** Institut für Petrographie und Geochemie. Univ. Karlsruhe. Kaiserstr. 12. Karlsruhe. Rep. Fed. de Alemania.
- ***** Istituto di Geochimica. Univ. La Sapienza. Roma. Ple. A. Moro 5. Italia.

Se describe la presencia de niveles manganesíferos asociados a vulcanismo, hallados en la Formación Chachil en el área de C° Atravesada, prov. del Neuquén, Rep. Argentina. Según determinaciones de amonites asociados a estos niveles se asigna los mismos al Liásico medio (Pliensbachiano), edad en que se verifica en la Cuenca Neuquina una transgresión marina de procedencia pacífica.

Se dan a conocer las características petrográficas y mineralógicas del chert y de las rocas volcánicas asociadas, así como su composición química y las relaciones isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$.

GEOLOGIA, PETROGRAFIA Y ALTERACION DEL YACIMIENTO DE HIERRO OJOS DE AGUA VI REGION.

Michael Dobbs D.*; Fernando Henríquez B.*.

* Departamento de Ingeniería de Minas- Universidad de Santiago de Chile.

El yacimiento de hierro Ojos de Agua ubicado a 15 km. al NNE de Algarrobo se presenta en 5 cuerpos de forma tabular con rumbo general norte sur y manto subvertical, siendo el principal de 4 m. de potencia y 200m. de corrida. La roca de caja está constituida por andesitas asignadas al grupo Bandurrias, las que presentan distintos grados de metamorfismo y alteración hidrotermal. Rocas plutónicas de edad cretácica superior intruyen a las andesitas y ellas corresponden a leucogranito, leucomonzonita cuarcífera, melanogranodioritas, leucogranodioritas, granodioritas, tonalitas, monzodiorita cuarcífera y leucogranito sienítico, los cuales forman cuerpos alargados según una dirección paralela al contacto con las metaandesitas y al cuerpo principal del yacimiento.

Las estructuras presentes corresponden a fallas y diaclasas. Las primeras son fallas de rumbo norte sur, asimilables a las que se encuentran en el yacimiento de Algarrobo.

Los cuerpos de hierro están formados casi exclusivamente por magnetita en parte martitizada, apatita, actinolita-clorita, calcita, cuarzo y algunos minerales de arcilla. En estos cuerpos se han encontrado texturas dentrificadas de enfriamiento rápido que hacen sugerir un origen magmático para este yacimiento.

Las características del yacimiento son similares a otros de la franja ferrífera de la costa de Chile, que forman el tipo III de Espinoza (1978).

Los datos entregados más arriba, indican que ésta se originó a partir de soluciones hidrotermales que actuaron en un ambiente subvolcánico en las cercanías de cuerdas y cuerpos intrusivos con los cuales parece estar genéticamente relacionada. Esta presunción ubica el fenómeno mineralizador principal en un ambiente no muy alejado del emplazamiento de las rocas encajadoras, ya que la petrografía, quimismo y edad radiométrica de los intrusivos (150-15 ma) indica que son comagmáticos y contemporáneos de las rocas que intruyen (basaltos y andesitas, Fm. La Negra). La idea de un metamorfismo regional como agente mineralizador es por lo tanto rechazada, pero no se descarta una fase de alteración post volcánica de carácter regional, con probable participación de agua meteórica. El cobre removido de las rocas por esta fase fluida pudo ser luego concentrado en estructuras y zonas favorables mediante flujos convectivos por efecto de intrusivos volcánicos.

OCURRENCIAS DE MINERALIZACION CUPRIFERA EN EL DISTRITO CAROLINA DE MICHILLA; II REGION DE ANTOFAGASTA

Hans Dreyer P.*; Raúl Venegas C.*; Manuel Vergara T.*; Jorge Artal C.*

* Compañía Minera Carolina de Michilla S.A., Sucre 220 Of. 606 Antofagasta

El Distrito Carolina de Michilla, ubicado en la Cordillera de la Costa, entre las ciudades Tocopilla y Antofagasta, se caracteriza por presentar variadas formas de mineralización de cobre, emplazada tanto en volcanitas andesíticas jurásicas de la Formación La Negra, como en rocas intrusivas pertenecientes al Batolito Costero.

Los resultados de la exploración sostenida a partir de 1980 en adelante, han permitido configurar varios modelos de ocurrencias de mineralización, alcanzando algunos, como en el caso de la brechas subverticales, ribetes de yacimientos prototipos dentro de la franja cuprífera costera.

De acuerdo a su morfología, los depósitos minerales reconocidos son divididos en 3 tipos:

- Vetas
- Cuerpos estratoligados
- Brechas subverticales

Se hace una descripción de cada tipo de ocurrencia, citando los yacimientos más importantes, analizándose además, algunas ideas metalogenéticas distriales y regionales, dentro del contexto del Arco Magmático de La Negra.

EL YACIMIENTO DE COBRE BUENA ESPERANZA, GEOLOGIA Y ALTERACION EN ZONA DE SUPERFICIE. NUEVAS EVIDENCIAS SOBRE EDAD Y GENESIS.

Sergio Espinoza Reyes*; Walter Orquera Vargas **.

* Depto. Geociencias, Universidad del Norte.

** Cía. Minera RAY-ROCK, Chile.

Buena Esperanza, 10 km al sur de Tocopilla, es un yacimiento de sulfuros de cobre diseminado en lavas del Jurásico (FM. La Negra), que no aflora en superficie y ha sido explotado desde el acantilado costero. Varios autores (KLOHN In RUIZ 1965, ALFARO 1974, LOSERT 1974, PALACIOS y DEFINIS 1981) se han referido a este yacimiento proponiendo distintos mecanismos de mineralización tales como volcánico singenético, epigenético metamórfico y epigenético subvolcánico.

Sobre la base de un estudio geológico y geoquímico de la zona de superficie se establece una conexión entre ésta y la mineralización en profundidad, encontrándose algunos indicios interesantes en términos de guías de prospección, tales como vetillas de calcita, cuarzo y hematita; una alteración de clorita y sericita, y un aumento de la razón Rb/Sr.

En profundidad, determinaciones de especies minerales de mena por difracción y estudios de cortes pulidos, muestran una etapa de mineralización piritosa y otra cuprífera con Cpy y Br reemplazada sucesivamente por Cv, Cc (ex y ort) Dig (ex y ps-cub) y Dj. La mineralización cuprífera importante habría ocurrido en el intervalo de temperatura 250-100°C aunque pudo tener en un comienzo temperaturas mayores (trazas de idaita). La profundidad de emplazamiento de mineralización se estima del orden de los 1500 m y no podría ser superior a los 4000 m. Estas estimaciones están en conformidad con las obtenidas por otros autores a partir de isotopía de azufre y estudio de inclusiones fluidas. La forma de mineralización, vista en el terreno y bajo el microscopio, y los datos entregados más arriba, indican que ésta ocurrió a partir de soluciones hidrotermales que actuaron en un ambiente subvolcánico en las cercanías de cuellos y cuerpos intrusivos con los cuales parece estar genéticamente relacionada. Esta presunción ubica el fenómeno mineralizador principal en un momento no muy alejado del emplazamiento de las rocas encajadoras, ya que la petrografía, quimismo y edad radiométrica de los intrusivos (150 ± 5 ma) indica que son comagmáticos y contemporáneos de las rocas que intruyen (basaltos y andesitas, Fm. La Negra). La idea de un metamorfismo regional como agente mineralizador es por lo tanto rechazada, pero no se descarta una fase de alteración post volcánica de carácter regional, con probable participación de agua meteórica. El cobre removido de las rocas por esta fase fluida pudo ser luego concentrado en estructuras y zonas favorables mediante flujos convectivos por efecto de intrusivos volcánicos.

YACIMIENTOS ESTRATOLIGADOS EN LOS ANDES CENTRALES: REVISIÓN EN EL MARCO DE LA EVOLUCIÓN GEOTECTÓNICA DEL CICLO ANDINO.

Lluís Fontboté*.

* Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität. Postfach 104040. D 6900 Heidelberg. Alemania Federal.

En los Andes están representados algunos de los tipos más característicos de yacimientos estratoligados incluyendo sulfuros masivos en rocas sedimentarias y en volcánicas, diversos tipos volcanogénicos no masivos, del tipo Mississippi Valley, del tipo "red-bed", etc. Los yacimientos estratoligados, que del punto de vista económico constituyen en los Andes el segundo grupo en importancia después de los pórfiros cupríferos, pueden clasificarse en tres "Etapas Metalogenéticas" de acuerdo con la posición geotectónica en que se encuentran.

ETAPA I (TRIASICO-LIASICO) - Yacimientos en una plataforma calcárea sin relación aparente a un par arco magmático - cuenca tras-arco (Perú).

Ia. Yacimientos en la base de la secuencia transgresiva con intercalaciones volcánicas y volcanoclásticas importantes (Pucará central) (Zn-Pb-Cu-Ag)

Ib. y Ic. Yacimientos en rocas calcáreas respectivamente en la base y dentro de la secuencia (Pucará central y oriental) (Zn-Pb-(Ba-F))

ETAPA II (LIASICO-ALBIANO) - Yacimientos en el par ensiálico arco magmático - cuenca tras-arco, y en el borde del continente emergido.

IIa. Yacimientos en el arco magmático (Chile) (Cu)

IIb. Yacimientos en cuencas volcanoclásticas, fundamentalmente continentales, cerca del arco magmático (en parte desarrolladas como cuencas intra-arco) (Chile) (Cu, Mn, Fe)

IIc. Yacimientos en secuencias volcano-sedimentarias en cuencas tras-arco (en parte cuencas marginales) (Perú, Chile) (Cu, Zn-Cu, Ba)

IId. Yacimientos en secuencias marinas en posición tipo tras-arco (Chile) (Fe, Ba, Zn, Pb, Ag)

IIe. Yacimientos en sedimentos de plataforma al borde del continente emergido (Perú, Chile, Argentina) (Zn-Pb-Cu, Zn-Pb, Ba-Sr)

ETAPA III (CRETACICO SUPERIOR-CENOZOICO) - En cuencas intra-arco continentales.

IIIa. Yacimientos argentíferos polimetálicos en cuencas fluvio-lacustres asociados espacialmente a volcanismo intermedio y ácido calcoalcalino (Perú, Chile)

IIIb. Tipo red-bed en secuencias molásicas en cuencas intramontañosas (Cu y Cu-(U-V)) (Perú, Bolivia, Chile, Argentina)

IIIc. Asociadas a volcanismo alcalino cenozoico, especialmente en flujos ignimbriáticos y en tobos (U) (Perú, Bolivia, Argentina)

CUENCAS SUBANDINAS (CRETACICO INFERIOR-EOCENO) - En rocas calcáreas someras y en sedimentos clásticos (Argentina) (Cu-(U,V), Pb-Zn).

THE CARACOLES SILVER DISTRICT (NORTHERN CHILE) - GEOLOGIC AND GENETIC ASPECTS.

Lluís Fontobé*; Susanne Th. Schmidt*; Steve Flint**.

* Mineralogisch-Petrographisches Institut der Universität. Postfach 104040. D 6900 Heidelberg. Alemania Federal.

** Koninklijke/Shell Exploratie en Productie Laboratorium, Postbus 60, 2280 AB Rijswijk Z-H. Holanda.

The geology of the Caracoles silver district is characterized by a Jura - ssic clastic/carbonate back-arc basin sequence intruded by Cretaceous grano dioritic, dioritic and gabbroic rocks. The silver ore is mainly associated to a Lower Cretaceous hornblende-bearing granodiorite, the Caracoles Porphy ry. The Caracoles Porphyry is a laccolithic, subvolcanic intrusion which has local sill-like field relations, low grade to absent contact metamor phism, and various degrees of alteration. Ore occurs in NE-SW to NW-SE trend ing veins and in subsidiary tabular bodies at the lower contact of the Ca racoles Porphyry with Bajocian-Calloviaian bituminous silstones and limesto nes.

The richest ores occur in supergenic enrichment zones of the veins, at the junction between veins and bituminous sediments, and, in certain areas, at the lower contact of the laccolithic intrusion with the bituminous sedi ments, where tabular ore bodies roughly parallel to bedding develop. Vein ore mineralogy is dominated by silver sulphosalts, native silver and argen tite, as well as pyrite and arsenopyrite. Calcite and barite are the main gangue minerals. In the tabular bodies in bituminous sediments sphalerite, galena, and fahlore are the main ore minerals.

Geological, geochemical and isotopic (S, Pb, K/Ar) data are presented to elucidate the relative roles of intrusion and sediments in the genesis of these complex high grade deposits.

LOS PIROXENOS VOLCANICOS PRIMARIOS Y LAS CLORITAS DE ALTERACION DEL YACIMIENTO EL SOLDADO.

Iván Garrido*; Carmen Holmgren**; Mario Vergara N***.

* Cía. Minera Las Cenizas, Coronel 2354, Santiago.

** Cía. Minera Disputada de Las Condes S.A., Av. Pedro de Valdivia 291, Santiago.

*** Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile, Santiago.

El estudio geoquímico de los piroxenos volcánicos relictos en las rocas del Yacimiento El Soldado ha permitido determinar que corresponden a 1. augitas, en las andesitas de la Formación Veta Negra y 2. Augita Diopsídica, en las andesitas de la Formación Lo Prado. Las cloritas relacionadas con la alteración del piroxeno corresponden a 1. Pinoclorita, 2. Diabantita y 3. Brunsvigita. El piroxeno contiene en general, bastante menos Cu que la clorita que la reemplaza.

Las cloritas que reemplazan parcial o totalmente a los piroxenos presentan una variación composicional independiente de la composición química del piroxeno. La composición química de las cloritas sugiere dos procesos independientes de la alteración: una "cloritización" rica en hierro, posiblemente relacionada con el proceso hidrotermal de mineralización de Cu y una "cloritización" rica en magnesio, posiblemente asociada a los procesos de metamorfismo regional de bajo grado (metamorfismo de carga).

Los análisis de difracción de rayos x permiten reconocer en forma expedita las variaciones químicas que presentan las cloritas: la clorita rica en hierro presenta un espaciamiento $d(001)$ y $(C \text{ sen } \beta)$ de 14.029 \AA y la clorita rica en magnesio 14.480 \AA . Estos antecedentes permitirían usar a las cloritas como una guía de exploración.

(Fe, Ba, Zn, Pb, Ag)

Yacimientos en sedimentos de plataforma al borde del continente (Perú, Chile, Argentina) (Zn-Pb-Cu, Zn-Pb, Ba-Sr)

ETAPA III (CRETACICO SUPERIOR-CENOZOICO) - En cuencas intra-arco continentales.

IIIa. Yacimientos argentíferos polimetálicos en cuencas fluvio-lacustres asociadas espacialmente a volcanismo intermedio y ácido calcálico (Perú, Chile)

IIIb. Tipo red-bed en secuencias molásicas en cuencas intramontañosas (Cu, U, V) (Perú, Bolivia, Chile, Argentina)

IIIc. Asociadas a volcanismo alcalino cenozoico, especialmente en flujos lávicos y en tobas (U) (Perú, Bolivia, Argentina)

CUENCAS SUBANDINAS (CRETACICO INFERIOR-EGENO) - En rocas calcáreas someras y en sedimentos clásticos (Argentina) (Cu-U,V), Pb-Zn).

ORIGEN DE LOS YACIMIENTOS DE LA FRANJA FERRIFERA CRETACICA: REVI -
SION DE HIPOTESIS

Fernando Henríquez B.

Departamento de Ingeniería de Minas - USACH, Casilla 10233, Santiago.

La franja ferrífera cretácica se ubica en la cordillera de la costa entre los paralelos 26° y 32° S, con una extensión de aproximadamente 600 Km de largo y 25 Km de ancho. En ella se encuentran seis yacimientos con recursos mayores a 100 millones de toneladas, de alta ley y aproximadamente 40 yacimientos medianos a pequeños, todos ellos con una mena compuesta esencialmente de magnetita, con cantidades variables de apatita y anfíbola.

Estos yacimientos se emplazan principalmente en lavas andesíticas y en granitoides. De acuerdo al carácter de su roca de caja y la morfología que ellos presentan Espinoza (1979) los ha clasificado en 4 grupos.

El origen de ellos ha sido motivo de controversia por muchos años y se ha propuesto un gran número de hipótesis genéticas, las cuales se pueden agrupar en un origen a partir de un magma de mena o de fluidos hidrotermales. Los mecanismos de formación de un magma de mena incluyen diferenciación magmática, inmiscibilidad de líquidos, movilización de antiguas formaciones de hierro e hidratación de magma máfico seco por agua. Las hipótesis hidrotermales consideran una alteración deutérica de rocas ígneas de composición intermedia como fuente de fluidos formadores de mena y fase hidrotermal magmática.

ZONACION MINERALOGICO - METALURGICA DEL YACIMIENTO EL SOLDADO, V REGION.

Carmen Holmgren*; Fernando González*.

* Compañía Minera Disputada de Las Condes S.A.; Pedro de Valdivia 291, Santiago, Chile.

El yacimiento cuprífero El soldado ha duplicado su producción a partir de 1987, alcanzando 11.500 toneladas por día, lo que ha hecho necesario estudios geológicos-metalúrgicos para respaldar la planificación minera.

La mineralización está emplazada en una secuencia de rocas volcánicas pertenecientes a la formación Lo Prado (Cretácico Inferior), con un marcado control litológico y estructural.

La mena es primaria y consiste básicamente en pirita, calcopirita, bornita y calcosina, en orden paragénetico. Se dispone principalmente en vetillas y muy finamente diseminada. Existe una zonación mineralógica a nivel de cuerpo mineralizado con bornita (calcosina) en el centro, asociada a silicificación y hematitización luego calcopirita (bornita) asociada a carbonatización y un halo externo pirítico con alteración propilítica. A nivel de yacimiento existe un aumento de bornita-calcosina y disminución de calcopirita de norte a sur.

Se ha definido una zonación metalúrgica muy ligada a la zonación mineralógica, compuesta por cinco tipos de bloques que consideran los parámetros: leyes de alimentación de cobre y plata, leyes de concentrado de cobre, plata, fierro, sílice y azufre, porcentaje de recuperación y razones de sulfuros.

Este estudio permite mejorar la planificación minera al predecir rangos de resultados metalúrgicos de la operación, y es una buena herramienta de exploración al considerar la distribución espacial de la mineralización.

ESTUDIO DE LA MINERALIZACION Y TEXTURAS ASOCIADAS EN EL YACIMIENTO MANTOS BLANCOS, II REGION

Lan-Yen Ip Zagal*

* Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile

El yacimiento de cobre estratoligado Mantos Blancos, ubicado en la II Región, se encuentra emplazado en una secuencia de rocas volcánicas pertenecientes a la Formación La Negra, de edad jurásica. La mineralización se presenta en forma diseminada, en vetillas y también como relleno de vesículas junto con cuarzo, clorita y calcita.

El estudio calcográfico de la mineralización y texturas asociadas en muestras proporcionadas por el yacimiento Mantos Blancos, reveló texturas de exsolución y reemplazo y, manifiesta la presencia de un proceso de oxidación hipógena. Este habría producido minerales tales como hematita y/o especularita, que se presentan en forma de anillos en torno a los minerales sulfurados de cobre. El mismo fenómeno ha sido observado en muestras provenientes del yacimiento estratoligado El Soldado, ubicado en la V Región.

The study of the mineralization and associated textures in samples provided by the Mantos Blancos deposit, revealed textures of exsolution and replacement and, manifest the presence of a hypogene oxidation process. This would have produced minerals such as hematite and/or specularite, which are present in the form of rings around the copper sulfide minerals. The same phenomenon has been observed in samples from the stratoligado El Soldado deposit, located in the V Region.

Two opposite genetic interpretations can be drawn. It can be envisaged that leaching of the semi-massive sulfides, probably related with one or more thermal events, has contributed, in addition to other sources, to the ore matter of the Chafarçillo veins. This would be supported by the close spatial relationship between occurrence of sulfides in the wallrock and the richest parts of the vein mineralization, as well by similar metal contents and ratios. However, the possibility that the sulfide layers have acted just as geochemical traps should be also considered. The problem of the origin of the metal content of the Chafarçillo veins can, therefore, be compared to that of the "Fahlband"-related veins in Kongsberg (Sweden).

STRATABOUND DEPOSITS IN THE VOLCANIC SEQUENCES OF THE ANDES A PRODUCT OF LOW GRADE REGIONAL METAMORPHISM?

Carmen Holmgren*, Fernando González*,
B. Levi*.

* Department of Geology, University of Stockholm, S-10691 Stockholm, Sweden

It is now about 25 years since the first suggestion of low-grade non-deformational regional metamorphism in South America was presented. It has been followed by detailed work that has greatly extended the knowledge about this type of metamorphism which seems to be a characteristic feature of the Mesozoic and Tertiary Andean sequences. The metamorphism was related to episodic extension, taking place closely after the extrusion of lavas and depositions of sediments in successively overlapping basins. The episodic development has resulted in several facies series, with mineralogical breaks at regional unconformities.

The initial study 25 years ago envisaged that knowledge about evolution of the low-grade metamorphism could contribute to the interpretation of the genesis of ore deposits in the Andes. It has been proposed that stratabound copper ores here are the result of chemical redistribution during the metamorphism. However, only now are stratabound deposits becoming the subject of detailed investigations by petrologists, and economic geologists are extending their alteration studies far enough outside the mineralizations in order to understand the relationship between low-grade and ore formation.

gica, compuesta por cinco tipos de bloques que consideran los parámetros leyes de alimentación de cobre y plata, leyes de concentrado de cobre, plata, fierro, sílice y azufre, porcentaje de recuperación y razones de enriquecimiento.

Este estudio permite mejorar la planificación minera al predecir rangos de resultados metalúrgicos de la operación, y es una buena herramienta de exploración al considerar la distribución espacial de la mineralización.

SEMI-MASSIVE SULFIDE LAYERS IN THE HOST ROCK OF THE Ag-(Co-Ni-As) VEINS IN CHAÑARCILLO (N-CHILE): SOURCE OF METALS OR GEOCHEMICAL TRAP?

C.K. Mayer*; L. Fontboté*.

* University of Heidelberg, W-Germany

The famous silver district of Chañarcillo, 55 km S of Copiapó (N-Chile) occurs in the transition zone between volcanic rocks of the Bandurrias Formation and shallow marine sediments of the Nantoco Formation (Neocomian) deposited in back-arc position. Its rich Ag-(Co-Ni-As-) vein mineralization has been interpreted as the product of the activity of telethermal ore solutions related to granitoid intrusions of the coastal batholite (WHITEHEAD, 1918; SEGERSTROM, 1962). Surface and underground mapping and petrographic and geochemical investigations have been undertaken recently (MAYER, 1988). The vein mineralization in the Chañarcillo district is controlled by: a) mainly NW to NE trending fault zones which have been cut and displaced by andesitic dykes; b) by a low pressure high temperature metamorphic zone (andalusite-hornfels); c) by the host rock lithology; and d) by supergene enrichment. This paper is focused on stratiform semi-massive pyritic sulfide occurrences in andesitic pyroclastic and volcanoclastic rocks. The sulfide layers (up to 1 m thick and 200 m long) have been first recognized as the result of a systematic litho-geochemical investigation (Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mn and Fe) of the host rock at the contact to the veins. The semi-massive sulfide layers contain pyrite, marcasite (as a product of retrograde alteration of pyrrhotite), pyrrhotite, sphalerite, chalcopyrite, galena, arsenopyrite, scutterudite, acantite (finely dispersed in pyrite), prustite-pyrargyrite and graphite. The sulfides are intimately intergrown with tremolite, diopside, titanite, celadonite, chlorite, quartz, albite, potassic feldspar and apatite. Anomalies of Ag, Cu, Co, Ni, Pb, Zn and Mn have been detected. Two opposite genetic interpretations can be drawn. It can be envisaged that leaching of the semi-massive sulfides, probably related with one or more thermal events, has contributed, in addition to other sources, to the ore matter of the Chañarcillo veins. This would be supported by the close spatial relationship between occurrence of sulfides in the wallrock and the richest parts of the vein mineralization, as well by similar metal contents and ratios. However, the possibility that the sulfide layers have acted just as geochemical traps should be also considered. The problem of the origin of the metal content of the Chañarcillo veins can, therefore, be compared to that of the "Fahlband"-related veins in Kongsberg (Sweden).

STRATIFORM AG-CU-(AS-HG-) ORES IN THE EL JARDIN DISTRICT (N-CHILE) AND THEIR RELATIONSHIP TO RHYOLITIC PYROCLASTIC FLOW

C.K. Mayer* and L. Fontboté*

* University of Heidelberg, West Germany

The El Jardín district, 47 km SSE of Copiapó (N-Chile) belongs to a belt of stratabound Cu-, Ag-Cu- and Ag-(Hg-) deposits in the lower part of the Hornitos-Formation (Upper Cretaceous?, Paleocene?). The mainly disseminated Ag-Cu-(As-Hg-) ores are hosted in limnic volcanoclastic in part bituminous and coal-bearing sediments which cover an up to 90 m thick rhyolitic ignimbrite. The uppermost 1-3 m of the unwelded top to the pyroclastic flow are locally also ore-bearing. The main ore body is about 1-6 m thick and can be followed discontinuously up to 3 km parallel to bedding (about 1,8% Cu and 100 g/t Ag). A second ore horizon shows no direct relationship to the ignimbrite and occurs 40 m stratigraphically above the main orebody. Widespread argillic alteration and carbonization in the unwelded top of the ignimbrite and the sediments can be ascribed to diagenetic processes. The main constituents of the ore are chalcocite (djurleite and anillite), digenite, tennantite (up to 1% An and 7% Hg), bornite, covellite, chalcopyrite, pyrite, sphalerite (up to 1,5% Cd and up to 0,8% Fe) and galena. Native silver, secondary Cu-minerals and baryte occur also frequently. In the main orebody the following bottom to top zonation is recognized: chalcocite/bornite/chalcopyrite - chalcocite/tennantite - chalcocite/pyrite/sphalerite/galena. Ore textures and the stratiform geometry indicate that sulfide formation started during early diagenesis. Sulfur isotopes (LORTIE and CLARK, 1987), vitrinite reflectivity and Cu-Fe-S phase relationships are consistent with temperatures in general below 100°C. As possible source of the metals the volcanic rocks of the underlying Cerrillos-Formation and/or the ignimbrite itself have to be taken into account. Meteoric waters are supposed to be the most important factor in ore transport and deposition.

Characteristics veins. This would be supported by the close spatial relation ship between occurrence of sulfides in the wallrock and the richest parts of the vein mineralization, as well by similar metal contents and ratios. However, the possibility that the sulfide layers have acted just as geochemical traps should be also considered. The problem of the origin of the metal content of the characteristic veins can, therefore, be compared to that of the "strand"-related veins in Kongsberg (Sweden).

ROCAS ALCALINAS VERSUS METASOMATISMO ALCALINO EN LA ZONA AURIFERA DE CHURRUMATA, DISTRITO DE ANDACOLLO, CHILE.

Müller, R.*; Helle, S.**y Oyarzún, J.***

* Universität Clausthal, R.F.A.

** Universidad de Concepción, Chile

*** Universidad de La Serena, Chile

En la periferia del yacimiento cuprífero porfírico de Andacollo ($31^{\circ}15' S - 71^{\circ} 00' W$) existe mineralización aurífera. Esta se localiza preferentemente en las rocas volcánicas de su periferia occidental (Churrumata) y es de carácter vetiforme. Sin embargo, donde las vetas atraviesan determinados horizontes de la Formación Quebrada Marquesa, la mineralización se extiende horizontalmente, dando lugar a cuerpos estratoligados de forma irregular.

El trabajo pionero de Kaiser (1942) determinó elevados contenidos de K_2O (11.7 a 13.4%) en uno de dichos horizontes mineralizados: el Manto Socorro. Kaiser supuso que la composición original del Manto era andesítica (petrografía dominante entre las rocas menos alteradas) y atribuyó su alto contenido de potasio a la alteración hidrotermal. Sin embargo, un estudio posterior de Llaumett (1983, inéd.) reconoció el carácter petrográfico original más félsico de las rocas del Manto, y consideró su alto contenido de potasio como un rasgo primario.

El presente trabajo, basado en un estudio distrital de Müller (1986, inéd.) entrega el análisis de SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , Ba , Sr y Rb de 65 muestras del Manto Socorro. La discusión de los datos obtenidos confirma tanto el aporte hidrotermal de K_2O postulados por Kaiser, como el carácter petrográfico diferente de las rocas del Manto, señalado por Llaumet. La interrelación de ambos factores se explica considerando que las rocas más ácidas de una secuencia volcánica son favorables para un mayor fracturamiento, alteración hidrotermal y mineralización. Ello puede elevar fuertemente el contenido de álcalis de dichas rocas, originalmente "normal", pero mayor que el de otras rocas de la secuencia.

GEOCRONOLOGIA DE LOS YACIMIENTOS DE COBRE EL SOLDADO Y LO AGUIRRE, CHILE CENTRAL.

Francisco Munizaga*; Carmen Holmgren**; Carlos Huete***; Koji Kawashita****

* Departamento de Geología y Geofísica, Universidad de Chile.

** Compañía Minera Disputada de Las Condes.

*** Sociedad Minera Pudahuel.

**** Instituto de Geociencias, Universidad de Sao Paulo.

Como parte de un proyecto que busca contribuir al estudio de la génesis de los yacimientos de cobre El Soldado y Lo Aguirre, se hicieron análisis isotópicos de Sr en roca total, en aquellas rocas con alteración pervasiva y que representan los distintos tipos de alteración hidrotermal en esos yacimientos (albitica, silícea, carbonática, clorítica).

Los valores isotópicos de Sr proyectados en un diagrama de evolución de Sr^{87} vs Rb^{87} en ambos yacimientos, se alinearon según rectas que pueden ser consideradas isócronas indicando una edad de 109 ± 4 Ma para el Soldado y 113 ± 3 Ma para Lo Aguirre. Las edades K-Ar obtenidas son semejantes a las Rb-Sr y algunas son más jóvenes.

Las razones iniciales Sr^{87}/Sr^{86} de estos yacimientos están en torno de 0.7047, siendo ligeramente mayores que los valores encontrados para diferentes alteraciones hidrotermales asociadas a pórfidos cupríferos de la Cordillera de la Costa, esto permite interpretar en principio que los fluidos hidrotermales que actuaron en estos yacimientos podrían ser de origen magmático pero con una mayor contaminación cortical.

Estos datos radioisotópicos corresponden al primer intento de datación de este tipo de yacimiento y la edad obtenida es similar o levemente más joven que las formaciones volcánicas en que se dispone la mineralización de mena. La semejanza entre las edades Rb-Sr y K-Ar permite afirmar que ellas estarían representando el episodio de alteración hidrotermal. Aparentemente de acuerdo a las dataciones obtenidas, el lapso de alteración hidrotermal parece ser mayor en el yacimiento El Soldado que en Lo Aguirre, pero esto debe ser abordado con una mayor información geocronológica.

ALGUNOS TEMAS PRINCIPALES DE LA METALOGENESIS CRETACICA EN EL NORTE Y CENTRO DE CHILE

Jorge Oyarzún M.*

* Departamento de Minas, Universidad de la Serena, Casilla 554, La Serena, Chile.

La metalogénesis cretácica del norte y centro de Chile aparece como una transición entre la limitada mineralización cuprífera jurásica y la "culminación" de depósitos porfíricos y epitermales, alcanzada en el Terciario. Durante el Cretácico se registra un notable aumento en el número de yacimientos así como en su variedad tipológica. Por otra parte, casi todos los yacimientos de hierro y todos los yacimientos importantes de manganeso de Chile pertenecen a este Período.

El presente trabajo expone y discute los temas que a continuación se indican, proponiendo algunas investigaciones que aparecen prioritarias para el avance de la metalogénesis cretácica:

- Evolución tectónica y magmática del Cretácico en el norte y centro de Chile. Rocas alcalinas, alcalinización y metalogénesis en formaciones-cretácicas.
- La franja ferrífera. Relaciones geocronológicas y genéticas con las mineralizaciones cupríferas vetiformes y porfíricas. Controles geológicos de la franja. El techo y la base de los depósitos ferríferos.
- Las mineralizaciones argentíferas y polimetálicas en rocas cretácicas. Edad de los yacimientos y rol de la peleogeografía cretácica.
- El Cretácico como etapa transicional en la evolución metalífera del territorio chileno. Mineralizaciones expuestas y niveles de erosión regional. Comparación con modelos de evolución geológico - metalogénica de arcos de islas.

COMPORTAMIENTO DE TIERRAS RARAS EN PLAGIOCLASAS Y CLINOPIROXENOS DURANTE ALTERACION HIDROTHERMAL (PROLITIZATION) EN EL YACIMIENTO DE COBRE- PLATA BUENA ESPERANZA, II REGION.

C.M. Palacios*; U.F. Hein** y P. Dulski***

- * Depto. Minas, Universidad de Atacama, Avda. Copayapu 485, Casilla 240, Copiapó (Chile).
- ** Institut für Angewandte Geologie, Freie Universität Berlin, Wichernstr. 16, D-1000 Berlin 33 (R.F.A.).
- *** Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung gmbH, Arge Geochemie, Glienickestr. 100, D-1000 Berlin 39 (R.F.A.).

Se presenta un estudio sobre el comportamiento de Tierras Raras durante albitización y sericitización de plagioclasas ricas en Ca, y cloritización de clinopiroxenos en rocas subvolcánicas gábricas afectadas por alteración hidrotermal (prolilitización).

Durante el proceso progresivo de albitización-sericitización de plagioclasa ocurre un moderado decrecimiento de densidad. Cuando el proceso de alteración está completa, los cristales de albita sericitizada muestran, en comparación con los cristales no alterados, un crecimiento en la concentración de Tierras Raras Livianas y Pesadas, y desaparece la anomalía positiva originada en Eu. Probablemente sericita ha desempeñado un rol fundamental en el control de este patrón, fijando las Tierras Raras disponibles en el fluido al momento de ocurrir esta alteración.

Durante la cloritización de piroxenos ocurre un empobrecimiento en Tierras Raras Livianas, Sm, y Eu en los cristales, enriqueciendo el fluido hidrotermal de estos elementos. A pesar del decrecimiento en densidad envuelto durante la cloritización de piroxenos (alrededor de un 26%), las Tierras Raras Pesadas en los cristales de clorita se comportan siguiendo la tendencia y concentración de sus precursores. Así los datos disponibles indican que clorita ha incorporado cierta cantidad de Tierras Raras Pesadas disponibles en el fluido hidrotermal.

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA - UNIVERSIDAD DE CHILE
 CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS Y GEOQUÍMICAS DE ALGUNOS YACIMIENTOS DE HIERRO DEL NORTE DE CHILE.

Yoshihide Shiga*; Sergio Espinoza**; José Frutos***; Guillermo Alfaro***

* Departament of Geology, University of Kagoshima, Kagoshima, Japón.

** Departamento de Geociencias, Universidad del Norte, Antofagasta, Chile

*** Departamento de Geociencias, Universidad de Concepción, Chile.

El presente trabajo se refiere a algunas características mineralógicas y geoquímicas de los yacimientos de hierro Adrianitas, Bandurrias, Bolaco, Cerro Imán, Carmen, Cerro Luis, Cerro Negro, Chañar Quemado, Cristales, El Algarrobo, El Romeral, La Suerte, Los Colorados, Penoso y Pleito, ubicados entre Coquimbo y Antofagasta, Chile.

El análisis microscópico y mediante microsonda electrónica permite concluir lo siguiente:

- La mayoría de los minerales de ganga son silicatos de Ca, tales como actinolita, apatita y calcita. La apatita se caracteriza por su alto contenido de Cl, sugiriendo una temperatura de formación alta.

- Como minerales accesorios en los depósitos de hierro ocurren minerales portadores de Ti, p.ej. esfeno, óxido de Ti (rutilo), óxido de Ti-Fe (pseudobrookita), óxido de Ti-Fe-Mn, óxido de Ti-Fe-Mn-Zn y óxido de Ti-Ca (perouskita). Esta asociación mineralógica indica formación bajo condiciones de alta $f(O_2)$. También como accesorios aparecen varios sulfuros tales como pirita, calcopirita, pirrotina, cubanita, mackinawita, pentlandita, covelina y vallerita, los cuales indican condiciones de formación de baja $f(S_2)$.

Como minerales supergenos se identificaron hematita, maghemita, goethita, covelina y delafossita.

El principal mineral de mena es magnetita que ocurre fuertemente brechizada. Minerales formados a alta temperatura tales como actinolita, calcita, pirita, esfeno, hematita formada a alta temperatura, etc. constituyen el cemento de la brecha. Este hecho parece indicar que la magnetita fue brechizada o deformada en un estado temprano, posiblemente a continuación de la fase de mineralización principal. La magnetita contiene trazas de V con la excepción de las muestras provenientes de yacimientos estrato-ligados (p.ej. Bandurrias, Chañar Quemado, Manoleta). Cuando la magnetita contiene V, también está presente en la maghemita y en la hematita, este fenómeno permite usar el V como elemento traza, útil para la tipificación de los yacimientos de Fe. Por otra parte, el V es raro en el esfeno y en la hematita, cuando está presente en este último mineral se considera derivado de la magnetita parental. La hematita presenta dos estados de formación: a) reemplazo supergeno de la magnetita, generalmente asociada a goethita, limonita y maghemita y b) hematita reemplazando maghemita a alta temperatura, caracterizada por cristales euhedrales (lath-shaped crystals).