

## “GEOLOGIA DEL COMPLEJO VOLCANICO CHOQUELIMPIE-AJOYA”

Emilio Germán Aguirre Miguel

El área estudiada se encuentra ubicada en la I Región de Chile en la Provincia de Parinacota.

Los principales aportes al Marco Geológico Regional del área en cuestión se hicieron en el volcanismo Terciario, donde se pudieron reconocer discordancias angulares y de erosión entre el Paleógeno y el Neógeno y entre el Mioceno Inferior y el Mioceno Superior, las cuales se relacionaron con fases tectónicas compresivas del Oligoceno Superior-Mioceno Inferior y del Mioceno Medio respectivamente. Además, se reinterpretaron las unidades volcánicas definiéndose los Complejos Volcánicos del Paleógeno, Complejos Volcánicos del Mioceno Superior, Complejos Volcánicos Plio-pleistocenos y unidades volcánicas del Mioceno Inferior, todas las cuales estaban consideradas como rocas del Cuaternario en actual Mapa Geológico de Chile (1980).

El Complejo Volcánico Choquelimpie-Ajoya de edad Mioceno Superior ( $\approx 7$  Ma) se ubica sobre la discordancia del Mioceno Medio, encima de unidades ignimbríticas (Ignimbritas de Condoriri, Ignimbritas de Chungará de  $19,6 \pm 0,6$  y andesitas basálticas (Estratos de Churiguaya) del Mioceno Inferior, y se habría emplazado controlado por una falla profunda de dirección  $N^{\circ} 35^{\circ} E$ .

En el Edificio Volcánico Choquelimpie se reconocen, de base a techo, brechas volcánicas dacíticas ( $11,8 \pm 3,9$  Ma), lavas y brechas andesíticas, lavas dacíticas porfídicas ( $7,3 \pm 0,5$  Ma), domos dacíticos ( $7,0 \pm 0,7$  Ma), diques andesíticos,

intrusiones silíceas y flujos de autobrechas de colapso de domos dacíticos. Este volcán presenta una caldera de erosión glaciaria en su centro y se encuentra afectado por gran cantidad de fallas y lineamientos, donde destaca la presencia de una gran falla interpretada como normal de rumbo  $N^{\circ} 50^{\circ} E$  (Falla Chungará) y una estructura circular interna a la caldera de erosión, circundada por domos y cuerpos silíceos.

Sobre las unidades basales del volcán Choquelimpie se emplaza en concordancia el Edificio Volcánico Ajoya de edad Mioceno Superior ( $\approx 7$ Ma), presentando principalmente unidades de lavas dacíticas subordinadas, autobrechas de colapso de domos tanto andesíticos como dacíticos y dos cuerpos de domos dacíticos ( $7,3 \pm 0,4$  Ma), uno endógeno (Domo Condoriri) y otro exógeno (Domo Ajoya).

Las rocas de este complejo volcánico se habrían formado durante un lapso aproximado de 1 Ma y corresponden a rocas calcoalcalinas sobresaturadas en sílice con valores normalizados entre 59,4% y 62,8% para las andesitas y entre 63,9% y 67,5% de  $SiO_2$  para las dacitas.

Se postula que los volcanes Choquelimpie y Ajoya provendrían de dos cámaras magmáticas ubicadas a diferentes cotas, no descartándose la posibilidad de que provengan de una cámara común, y que los mecanismos de zonación fueron causados por convección doblemente difusiva.

Prof. Guía: Sr. Hugo Moreno 23.01.90

# ESTUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO DEL AREA DE EMPLAZAMIENTO DEL SISTEMA DE CHANCADO PRIMARIO Y TUNEL DE CONDUCCION DE MINERAL, MINA LOS BRONCES

Felipe Celhay Schoelermann

El presente trabajo trata de la geología y geotecnia de una de las alternativas estudiadas durante la etapa de ingeniería conceptual, del Sistema de Chancado Primario, correspondiente al Proyecto Manejo de Materiales ubicado en la Mina Los Bronces.

Este proyecto comprende un chancador primario fijo y enterrado que fragmentará la roca proveniente de la mina. El material chancado será conducido mediante cintas transportadoras, las que circularán en su primera porción en un túnel, para luego hacerlo en superficie hasta un edificio de almacenamiento de mineral.

El reconocimiento geológico de la zona de estudio y de las propiedades geotécnicas de los materiales involucrados, se realizó a través de un mapeo geológico y estructural a escala 1:500, que fue complementado con una campaña de exploraciones consistente en sondajes geotécnicos, calicatas y perfiles sísmicos de refracción, además de ensayos geomecánicos de laboratorio.

El proyecto se sitúa en la periferia del Complejo de Brechas Los Bronces, donde éste se encuentra limitando, en contacto gradacional, con rocas cuarzomonzónicas del Plutón Río Blanco-San Francisco. Cubriendo a estas unidades en gran parte de la zona de estudio, existen depósitos sedimentarios y rellenos artificiales, de irregular distribución.

La cuarzomonzonita es una roca de resistencia a la compresión simple variable entre 1050 Kg/cm<sup>2</sup> y 1850 Kg/cm<sup>2</sup>, en cambio la brecha hidrotermal presenta una

resistencia a la compresión simple que oscila entre 590 Kg/cm<sup>2</sup> y 780 Kg/cm<sup>2</sup>. Ambas litologías se encuentran con un fracturamiento moderado, con un RQD de 60% a 80% y frecuencia de fracturas de 6 a 9 fracturas por metro.

El chancador primario quedará fundado en brechas hidrotermales y cuarzomonzonita. Salvo el tramo inicial, en que probablemente se encuentran brechas hidrotermales, el túnel atravesará rocas plutónicas cuarzomonzónicas, al igual que las obras anexas al proyecto, como son la zona de transferencia y el edificio de almacenamiento de mineral. La presencia de una estructura mayor, denominada falla Estanque de Agua, podría generar una amplia zona de roca muy fracturada y alterada al interceptar el túnel, además de provocar inestabilidad de la pared SE de la excavación del chancador primario.

Dada la actitud y características de los sistemas de discontinuidades del macizo rocoso, se espera que no existan problemas de inestabilidad importantes en los cortes en roca para la excavación del portal del túnel y plataforma de chancado. En los cortes para la fundación del chancador primario, eventuales inestabilidades podrían originarse por la verticalidad y gran altura de aquéllos. En la excavación subterránea del túnel de conducción de mineral, se prevé inestabilidad del techo por caída de bloques en cuña.

Se hizo una evaluación preliminar de la calidad geomecánica del macizo rocoso,

usando el método del C.S.I.R (modificado por Bienlawski, 1988), donde se obtuvo, para los cortes de fundación del futuro chancador primario, un 67% de roca de regular calidad (clase III) y un 33% de roca de mala calidad geomecánica (clase IV). Para los cortes en roca de plataforma de chancado, se espera la existencia de roca de buena calidad (clase II) y de regular calidad (clase III) en proporciones similares. El túnel de conducción de mineral se excavaría,

probablemente en un 36% de su longitud en roca de buena calidad (clase II), 41% en roca de regular calidad (clase III), 21% en roca de mala calidad (clase IV) y aproximadamente un 2% en roca de muy mala calidad (clase V). El corte en roca del portal del túnel encontraría presumiblemente roca de buena calidad geomecánica (clase II).

Prof. Guía:

Prof. Guía: Sr. Pablo Talloni 06.07.90

## GEOLOGIA DEL BATOLITO NORPATAGONICO Y ROCAS METAMORFICAS DE SU MARGEN OCCIDENTAL

(41°50' - 42°10')

José Miguel Cembrano Perasso

La presente Memoria de Título se efectuó en la provincia de Palena, X Región, entre los 41°50' y 42°10' de latitud sur.

Allí se definió -entre otras- un conjunto de unidades intrusivas y metamórficas pertenecientes, respectivamente, al Batolito Norpatagónico (BN) y a un complejo de acreción de Chile austral.

Dentro del BN se identificaron cuatro unidades plutónicas: Unidad Río Mariquita (URM), integrada por granodioritas y tonalitas cataclásticas de biotita y hornblenda; Unidad Isla Pelada (UIP), constituida por dioritas y dioritas cuarcíferas de hornblenda y biotita; Unidad Cholgo (UCh), consistente de tonalitas y granodioritas de biotita y hornblenda, y Unidad Pichicolo correspondiente a pórfidos dioríticos y dioríticos cuarcíferos de hornblenda y clinopiroxeno. Dataciones radiométricas  $Ar^{40}/Ar^{39}$  y una isócrona Rb-

Sr en roca total indican edades Mioceno Sup. para la URM y UIP, y Plioceno para la UCh. La baja razón inicial  $Sr^{87}/Sr^{86}$  (0.704) y las altas razones  $CaO/(Na_2O + K_2O)$  que caracterizan a estos granitoides son similares a aquellas encontradas en arcos calcoalcalinos inmaduros.

El BN intruye, en su margen occidental, a una secuencia estratificada epimetamórfica integrada por metasedimentitas y metabasitas de estructura almohadilla, agrupadas aquí dentro del Complejo Epimetamórfico Llancahué (CELL). Una aureola de contacto de 3-4 kms de ancho está representada, en su parte interna (2-3 km) por esquistos cuarzo-micáceos y hornfels de grado medio (Complejo Metamórfico Fiordo Comau (CMFC). En el extremo oeste del área, el pórfido Pichicolo intruye a una secuencia sedimentaria clástica marina de exposición restringida (Fm.

Ayacara) y a una serie volcánica dacítica situada inmediatamente al oriente (Complejo Ensenada Necul).

Análisis químicos de elementos mayores y elementos en traza practicados en metabasitas del CELL, señalan una afinidad con basaltos toleíticos de fondo oceánico.

Las características texturales y estructurales reconocidas en el BN y rocas encajantes, sugieren un emplazamiento sintectónico en una zona de cizalle dúctil asociada regionalmente con la Zona de Falla Liquiñe-Ofqui.

Prof. Guía: Sr. Francisco Hervé 28.03.90

## GEOQUIMICA DE LAS ROCAS DE CAJA Y DE LOS CUERPOS MINERALIZADOS DEL YACIMIENTO ALGARROBO, III REGION

Sandra González Canales

El presente trabajo de título tuvo como objetivo establecer el carácter geoquímico de las rocas de entorno, de caja y mena en el yacimiento de hierro El Algarrobo, con el propósito de contribuir al esclarecimiento de su origen. Con este fin se realizaron tres perfiles cuyas muestras fueron estudiadas al microscopio, y analizadas por elementos mayores, menores y trazas. Los datos geoquímicos sirvieron de base a la clasificación petroquímica de las rocas, y para estudios estadísticos y de pérdida y ganancia de masa.

Las unidades litológicas reconocidas corresponden a rocas volcánicas andesíticas, intrusivas (Este y Oeste) de composición entre granito y granodiorita, metamórficas (metandesita, córnea, cataclasita, milonita de cuarzo) y diques dacíticos y andesíticos.

Las rocas volcánicas son básicas, de carácter calcoalcalino, y han sido afectadas por metamorfismo de carga, metamorfismo de contacto (alteración potásica), metamorfismo dinámico (texturas cataclásticas), alteración hidrotermal (cloritización y silicificación) y alteración

supérgena. Las intrusivas son granitoides calcoalcalinos tipo I, de tendencia metaluminosa a peraluminosa, con efectos de silicificación (Intrusivo Este) y metasomatismo sódico (Intrusivo Oeste). Las tendencias geoquímicas permiten interpretar ambos cuerpos intrusivos como provenientes de magmas diferentes.

La mineralización de hierro (magnetita y en parte martitización) se emplaza en metandesitas y rocas córneas formando cuatro cuerpos de mena. En ellos se reconocen efectos hidrotermales (cuarzo, apatito, pirlita, calcita, actinolita, feldespato potásico, clorita), metamorfismo dinámico, removilización y alteración supérgena.

El análisis de matrices de correlación en el total de muestras intrusivas y volcánicas refleja coeficientes altos entre  $Fe_2O_3$  total, MnO, MgO y  $SiO_2$ , pero al considerar por separado las diferentes unidades se observan otros pares de alta correlación: CaO/TiO<sub>2</sub>, MgO/TiO<sub>2</sub>, MnO/TiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O (en el intrusivo Este) y  $Fe_2O_3$  total/CaO, Na<sub>2</sub>O/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (en el Intrusivo Oeste). El análisis factorial refleja el proceso de diferenciación

magmática en rocas intrusivas y volcánicas, y también a la alteración que las afecta.

El estudio de pérdida y ganancia de masa realizado muestra a las rocas intrusivas con enriquecimiento en  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y empobrecidas en  $\text{FeO}$ , y a las rocas volcánicas enriquecidas en  $\text{FeO}$  y  $\text{MgO}$  pero empobrecidas en  $\text{P}_2\text{O}_5$  y  $\text{Na}_2\text{O}$ . Al considerar la oxidación del  $\text{Fe}$  como causante del empobrecimiento de  $\text{FeO}$  en las rocas plutónicas, es posible descartar que la

mineralización de hierro provenga desde estas mismas por un proceso de alteración deutérica o lixiviación.

Se sugiere un origen magmático para la mineralización de hierro, cuyo emplazamiento estaría relacionado al proceso que dio origen a las rocas volcánicas.

Prof.: Guía:

Sr. Fernando Henríquez 02.08.90

## GEOLOGIA PRE-CENOZOICA DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES ENTRE LAS QUEBRADAS AROMA Y JUAN DE MORALES I REGION

Salvador Harambour Palma

El presente trabajo pretende determinar la historia geológica de la Cordillera de los Andes entre las latitudes  $19^{\circ}30'$  y  $20^{\circ}15'$ . El objeto de este y otros estudios es fundamentar la historia depositacional y estructural de la Cuenca Tarapaqueña con el fin de establecer estrategias para exploración de hidrocarburos en la I Región del país.

Las rocas paleozoicas corresponden a volcanitas (**Fm. Quipisca**) y psamitas (**Fm. Juan de Morales**) del Carbonífero-Pérmico, y turbiditas (**Fm. Quebrada Aroma y Estratos de Paroma**) de probable edad Devónico. Estas unidades son el basamento de los depósitos del Ciclo Andino, que constituyen parte del relleno de la Cuenca Tarapaqueña.

Las rocas estratificadas mesozoicas presentan el desarrollo y la posterior exhumación del borde occidental de la Cuenca de tras arco señalada, pudiéndose reconocer tres etapas:

a) Una etapa de "Rift", en el Jurásico inferior, durante la cual se desarrollaron

cuenas extensionales. En ellas se depositaron sedimentos volcanoclásticos subaéreos (**Miembro inferior de la Fm. Quebrada Coscaya**) provenientes del arco volcánico activo, y siliciclásticos marinos (**Fm. Noasa**) provenientes de la erosión de altos de Paleozoico.

b) Una etapa de "Drift", del Bajociano al Oxfordiano inferior, caracterizada por subsidencia continua del borde occidental de la Cuenca Tarapaqueña, período en el cual alcanza su mayor extensión areal. Esta etapa está representada por depósitos transgresivos (**Fm. El Tranque**), secuencias deltaicas (**Miembro superior de la Fm. Quebrada Coscaya**) y unidades plataformales (**Fms. Duplijsa e Infiernillo**), que constituyen un sistema progradante hacia el oriente.

c) A partir del Oxfordiano superior se desarrolla la tercera etapa, de "Inversión Tectónica". Un cambio en el sentido de los esfuerzos regionales determina el inicio de alzamiento del borde oriental

de la cuenca de tras arco, produciéndose una caída relativa del nivel del mar, que da lugar a la depositación de facies regresivas (**parte alta de la Fm. Infiernillo**) y turbiditas (**Fm. Quebrada Honda**). Este alzamiento proporcionó durante el Neocomiano sedimentos fluviales (**Fm. Chusmiza**) depositados sintectónicamente y en discordancia de erosión sobre el Jurásico.

Durante el Cretácico superior el arco magmático se desplaza hacia el oriente y sus depósitos (**Fm. Panjuacha**) se disponen en discordancia angular sobre las rocas más antiguas.

Las estructuras generadas desde la etapa de inversión configuran una zona plegada y

fallada en la que es posible reconocer tres dominios estructurales de rumbo norte-sur. Los dominios oriental y occidental tienen vergencias convergentes y se caracterizan por fallas inversas de bajo ángulo y pliegues asociados. En conjunto representan un acortamiento de más de 20 km. en los 50 km. de sección E-W medida. El dominio central está representado por pliegues abiertos de longitud de onda kilométrica, asociados con la acomodación de movimientos inversos del Basamento.

Los depósitos y estructuras más antiguos, están intruidos por granitoides cenozoicos y cubiertos por ignimbritas del cenozoico superior.

Prof. Guía: Sr. John Davidson 09.08.90

## ANTECEDENTES ESTRATIGRAFICOS DE LA RIBERA SUR DEL SENO ALMIRANTAZGO

Carlos Johnson Nieto

En el sector sur occidental de la Precordillera de Tierra del Fuego, entre Seno Almirantazgo y Cordillera Darwin, aflora un basamento constituido por filitas y esquistos de edad pre-Jurásico, el cual está intruido por batolitos jurásicos sintectónicos en fiordos del canal Beagle y cretácicos-post tectónicos en el área de este estudio. Este conjunto de rocas sobreescurre en fiordo Brookes a la cobertura meso-cenozoica por medio de fallas inversas desarrolladas durante el período de mayor deformación, datado en el Terciario.

Las rocas de la cobertura, de edad Jurásico Superior-Maastrichtiano se encuentran plegadas. Su deformación se atenúa hacia el norte, a medida que se hacen más jóvenes estratigráficamente. Incluyen

de más antiguas a más jóvenes, las siguientes unidades: secuencias clásticas basales formadas por 80 m de conglomerados, areniscas y pelitas carbonosas con demostraciones de hidrocarburos (complejo Clástico basal), depositadas en cuencas extensionales probablemente asociadas a un rifting incipiente. Sobre estas secuencias basales se depositaron rocas volcánicas (Complejo Volcánico Sedimentario del Seno Almirantazgo-CVSSA) compuesto por rocas volcanoclásticas y efusivas de composición mayoritariamente ácida, de tendencia alcalina (cercana al campo toleítico), con participación subordinada de cuerpos hipabisales de carácter intermedio a básico. Este complejo muestra intercalaciones pelito-arenosas, de hasta 50 m de espesor, con

fauna de edad Jurásico Superior-Neocomiano. El ambiente de depositación y las características geoquímicas de las volcanitas es compatible con el de depósito en cuencas tectónicas extensionales.

Durante el desarrollo de una cuenca marginal al sur del área, el cual se inició en el Titoniano y continuó hasta el Cretácico superior temprano, se desarrolló un arco magmático, cuyas raíces estarían representadas por los actuales batolitos de esa edad de la Cordillera Darwin. Este arco estuvo separado del continente por una cuenca de tras arco, en la que se depositaron sobre el CVSSA aproximadamente 1000 m de rocas pelíticas de la Formación La Paciencia (Cretácico inferior) y espesores semejantes de sedimentitas arenosas pelíticas de la Formación Cerro Matrero (Albiano - Campaniano). Las rocas de esta última, están recubiertas por conglomerados polimícticos de probable edad Cenomaniano-Maastrichtiano (Conglome-

rados de Cabo Rowlet), sobre los cuales se reconocen aglomerados andesíticos de edad post-Maastrichtiano (Aglomerados de Isla Alta). Los espesores conservados de cada una de estas unidades no sobrepasan los 10 m.

Este cuadro estratigráfico permite reconocer dos períodos mayores en la evolución geológica mesozoica de los Andes Patagónicos.

A) Jurásico superior: en el cual se desarrolló un régimen extensional, asociado al desmembramiento de Gondwana con cuencas de rift, voluminoso volcanismo bimodal y sedimentación sintectónica sobre un basamento Paleozoico o más antiguo.

B) Neocomiano-Terciario: en el cual se estableció un complejo sistema de arco magmático y cuencas de tras arco asociado a un nuevo régimen convergente de placas.

Prof. Guía:  
Sr. Estanislao Godoy 23.03.90

## PROYECTO HIDROELECTRICO ACHIBUENO: ESTUDIOS GEOLOGICOS EXPLORATORIOS

### Mauricio Valdés Jorquera

En el área del proyecto se reconocieron las siguientes unidades geológicas:

**Unidad Andesítica.** Corresponde mayoritariamente a andesitas afaníticas y porfídicas y en menor cantidad a dacitas, riodacitas y tobas. Estratigráficamente se localiza en la parte inferior, infrayaciendo a la Unidad Tobácea, no conociéndose su base. Presenta un espesor máximo estimado en 700-900 m. Geotécnicamente presenta una resistencia a la compresión simple variable entre 280-1120 kg/cm<sup>2</sup>, presenta un

grado de fracturamiento alto y un predominio de fracturas planas y rugosas por sobre las sinuosas y lisas respectivamente.

**Unidad Tobácea.** Esta unidad se compone principalmente de tobas de lapilli y en menor cantidad de brechas, andesitas y areniscas. Estratigráficamente se localiza sobre la unidad anterior, de manera transicional en apariencia, sin descartarse un contacto discordante, su techo lo constituye el actual relieve. Geotécnicamente presenta una resistencia a la compresión simple principal-

mente en el rango 280-1120 kg/cm<sup>2</sup>, un grado de fracturamiento regular a alto (menor que la unidad anterior) y predominan las fracturas planas y rugosas por sobre las sinuosas y lisas respectivamente.

**Unidad Las Animas.** Corresponde a un cuerpo plutónico básico a intermedio, compuesto de dioritas, dioritas cuarcíferas, monzonitas y monzonitas cuarcíferas. Se localiza en los cerros Las Animas y Los Maquis. Estratigráficamente corta a las unidades anteriores, siendo el responsable de varias zonas de alteración argílica encontradas en las rocas que intruye. Geotécnicamente presenta una resistencia a la compresión simple en el rango 280-560 kg/cm<sup>2</sup>, un grado de fracturamiento variable desde poco a muy fracturada y un predominio de fracturas planas y rugosas por sobre las sinuosas y lisas respectivamente.

**Depósitos Laháricos.** Corresponde a material volcánico en una matriz de ceniza de mediana consolidación. Se localizan en la desembocadura de la Quebrada Los Perros en el Río Achibueno. Su origen se encuentra asociado a las últimas etapas eruptivas del volcán Nevado de Longaví.

**Depósitos Fluvioglaciales.** Corresponde a acumulaciones de fragmentos rocosos de regular a mala esfericidad y redondeamiento y por una mala selección. Se localizan en el fondo del valle del Río Achibueno. Su origen se remonta al término de la última glaciación, la cual dio origen al actual relieve.

**Depósitos Fluviales.** Corresponden a gravas, arenas y menor cantidad de limos y arcillas. Se localizan en el fondo del valle del Río Achibueno en el sector más occidental. Su origen se asocia entre otros factores a la acción fluvial que actúa sobre los depósitos fluvioglaciales.

**Depósitos coluviales.** Estos se localizan en las faldas de los cerros y lo constitu-

yen fragmentos de roca provenientes de las rocas localizadas inmediatamente encima.

El proyecto de túnel de la Central Castillo (alternativa B) se estima se encontrará roca de regular a buena en un 61%, un 82% y un 75% según los métodos Barton et al, Bieniawski y Laubscher respectivamente. En el trazado de este túnel se encontrarán cuatro zonas de dificultades, producto de fallas, zonas de alteración o falta de consolidación de los depósitos por los cuales se pretende construir el túnel. Estas corresponden a la zona de bocatoma y a los tramos ubicados bajo el sector de Chapa Verde, bajo la Quebrada Los Guindos y bajo la Quebrada Los Maquis. La suma de estos tramos de problemas se estima en un total de 1450 m, lo cual representa un 18% de la longitud del túnel, pudiendo llegar al 25% en la eventualidad de ocurrir explosiones de roca, según Barton et al.

La zona de Embalse y en especial el lugar de construcción del muro se presenta de una calidad geotécnica de regular de buena.

En el proyecto de túnel de la Central Las Animas se estima encontrar roca de regular a buena calidad geotécnica en un 70,4%, 100% o un 89,4%, según las clasificaciones de Barton et al, Bieniawski y Laubscher respectivamente. En este túnel y según las proyecciones geológicas-geotécnicas, sólo se espera un sector o tramo con dificultades; corresponde al tramo ubicado bajo la Quebrada Los Hualles de una longitud de 700 m, lo que representa un 5% del total de trazado. Otro tramo menor y más localizado lo constituye el lugar de emergencia del trazado del túnel, en el metraje 11680 a 12180 m.

El riesgo sísmico del área se considera comparativamente bajo, pues la región comprendida entre los 35° y 37° lat. sur presenta una baja concentración de focos sísmicos.

El riesgo volcánico se considera medio a bajo, esperándose sólo un riesgo asociado a eventuales lahares del volcán Nevado de Longaví.

El riesgo asociado a procesos de remoción en masa tales como deslizamientos, caída de rocas y flujos de detritos, tierra y barro, se incrementa fuertemente hacia los sectores altos de la hoya hidrográfica del

Río Achibueno, en particular los esteros tributarios Las Animas, La Gloria, Potrero Grande, Las Mulas, Los Patos y Nacimiento.

Prof. Guía:

Sres. Cedomir Marangunic 05.04.90

Ricardo Thiele

## CARACTERIZACION GEOQUIMICA Y CRISTALOGRAFICA DE LAS PIRITAS DE LOS YACIMIENTOS DE HIERRO EL ALGARROBO Y EL ROMERAL

Gladys Irene Lorca Pérez

El Trabajo de Investigación que aquí se presenta, corresponde al estudio de las piritas de los yacimientos El Algarrobo y El Romeral, ubicados en la III y IV Región de Chile, respectivamente.

Las piritas contienen como elementos traza Co, Ni, As, Se, Cr, Cu, Au, Ag, Pt, Pd, Si, Ca, Al, y Cl. Mediante barridos de microsonda electrónica y mediciones de la celda unidad de las piritas, se detectó que el Co, Ni, As, Se, Cr, Cu, Au, Ag, Pt, y Pd se encuentran homogéneamente distribuidos dentro de ellas formando parte de su estructura interna. El Si, Ca, Al y Cl, mostraron claras evidencias de que correspondían a impurezas incluidas dentro de los cristales de pirita.

Los contenidos de Co y Ni determinados en las piritas, así como los valores obtenidos para los isótopos de azufre de ambos yacimientos, indican una procedencia magmática-hidrotermal para las piritas de El Algarrobo y El Romeral. Los análisis de

correlación y el estudio estadístico de los elementos contenidos en las piritas, evidencian algunas diferencias entre los depósitos. En El Algarrobo se observan altos valores de Co y Ag, mientras que en El Romeral de Au, Pt y Pd, lo que indicaría distintas fuentes generadoras de los fluidos mineralizadores. En consecuencia, se puede deducir que las piritas de El Algarrobo se habrían formado a partir de un magma más diferenciado que el que generó a las de El Romeral.

Todos los antecedentes señalan un origen magmático para los yacimientos de hierro, desde donde provienen las piritas estudiadas. La presencia de Pt y Pd, evidencian un magma de composición muy básica, lo que apoyaría la hipótesis que durante el Cretácido pudo existir una cuenca de tras arco con expansión ensialica, que permitió aportes desde el manto superior.

Entre los elementos traza detectados, el Co, Ni y Se, se encuentran en cantidades

económicamente atractivas, (Co: 3.000-11.000 ppm; Ni: 400-500 ppm; Se: 20-35 ppm), de acuerdo al análisis de mercado realizado. También se ha reconocido cantidades significativas de Au (0,85 ppm), Ag (2,60 ppm), Pt (0,6 ppm) y Pd (2,87 ppm). Sin embargo, para determinar si ellos po-

drían constituir un subproducto económico, es necesario realizar un estudio más detallado para estos elementos.

Prof. Guía:

Sr. Fernando Henríquez 08.01.90

## **ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA HOYA DEL RIO MAPOCHO PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DE AGUAS SUBTERRANEAS EXCEDENTES EN SERVICIOS DE AGUA POTABLE**

**Mónica María Pardo Pardo**

Este estudio corresponde al análisis hidrogeológico de la hoya del río Mapocho, entendiéndose por ésta, el área que abarca desde las nacientes cordilleranas, pasando por la Depresión Intermedia hasta confluir con el río Maipo en la Cordillera de la Costa.

Se reconocieron 6 tipos de unidades hidrogeológicas:

- Unidades ubicadas dentro de los sedimentos fluviales recientes.
- Unidades ubicadas en depósitos lacustres finos y en fluviales gruesos, que se encuentran confinados bajo depósitos de pumicita.
- Unidades ligadas a depósitos finos lacustres, con formaciones acuíferas lenticulares, en parte confinadas.

- Unidades definidas en depósitos fluviales y fluvio-glaciales asociados a los principales cursos superficiales.
- Unidades desarrolladas en sedimentos de transición entre los depósitos finos lacustres y los fluvio-glaciales gruesos.

El balance de las recargas y descargas del sistema estudiado, arroja un valor positivo del orden de los 254,3 Mm<sup>3</sup>/año.

La mayor parte de estos recursos excedentes se concentran en la franja de alto rendimiento ubicada entre Maipú y Talagante. La parte sur de la cuenca Colina-Batuco también presenta la posibilidad de captar recursos adicionales. En el resto del área de estudio no se recomiendan nuevas captaciones, excepto para uso potable.

Prof. Guía: Sr. Juan Karzulovic 26.01.90

# GEOLOGIA Y GEOQUIMICA DEL YACIMIENTO DE ORO Y PLATA CHOQUELIMPIE, I REGION - CHILE

Claudio Bisso Barrera

El yacimiento de oro y plata Choquelimpie está localizado en el Altiplano de la I Región del país, a unos 115 km al Este de Arica, a una altitud entre 4600 y 4800 msnm.

Se ubica al interior de un estratovolcán de edad mioceno superior, compuesto en su mayoría por lavas y brechas andesítico-dacíticas, el cual presenta una forma de caldera de probable origen erosivo glaciario.

Los principales cuerpos mineralizados consisten en vetas argentíferas, antiguamente explotadas, y brechas hidrotermales, actualmente en explotación.

Las rocas alteradas comprenden variedades de pórfidos feldespáticos de textura primaria obliterada, y brechas hidrotermales de composición tanto silícica como argílica.

Se postulan cuatro etapas generales para los eventos de alteración y mineralización: la primera se relaciona con la formación de las alteraciones sericitica y propilítica; luego se desarrolla una intensa vetillación de sulfuros, esencialmente piritita, formándose además las vetas argentíferas; la tercera no está fehacientemente comprobada, pero se

relacionaría a la formación de cuerpos de sílice residual y con el desarrollo de argilización hipógena; la última etapa se relaciona con la formación de las brechas hidrotermales, en la cual se produce intensa mineralización de oro y plata.

Un posterior proceso de oxidación supérgena generó una intensa argilización, la cual se superpone al resto de las litologías, generando por sectores algunos enriquecimientos en plata.

Análisis de inclusiones fluidas primarias de brechas hidrotermales silíceas indican temperaturas de homogeneización entre 213° y 305° C, con salinidades de hasta 4.5% de NaCl, lo que indicaría un gran aporte de aguas meteóricas al sistema. La paleoprofundidad estimada es de 305 m.

De acuerdo a sus características generales, este yacimiento epitermal se clasifica como del tipo sulfato-ácido, presentando además en sus márgenes mineralización del tipo adularia-sericitita, asociada especialmente a cuerpos vetiformes.

Prof. Guía: Sr. Hugo Moreno 12.08.91

# GEOLOGIA DEL RELLENO CUATERNARIO DE LAS HOYAS DE LOS RIOS VOLCAN, YESO Y MAIPO, ESTE ULTIMO ENTRE LAS LOCALIDADES DE GUAYACAN Y LOS QUELTEHUES, REGION METROPOLITANA

Dalia Chiu Stange

El presente estudio tuvo como objetivo definir las unidades de relleno cuaternarias presentes en las hoyas de los ríos Volcán y Yeso y parte del curso superior del río Maipo. Esta información contribuye a los estudios llevados a cabo en la cuenca del río Maipo, dentro del proyecto de investigación titulado: "Caracterización geológica-sedimentológica de cuencas andinas y su relación con la producción y transportes de sedimentos fluviales" (Proyecto N° 0129-86 FONDECYT).

La roca fundamental de la zona está formada por unidades volcánicas y sedimentarias, continentales y marinas, cuyas edades varían desde el Jurásico Superior al Terciario Inferior (Formación Río Colina, Río Damas, Lo Valdés, Colimapu, Abanico y Farellones), intruidas por cuerpos plutónicos de edad oligo-miocénica. Los edificios volcánicos de la zona corresponden a estratovolcanes de edad pleistocénica a holocénica. Las estructuras mayores muestran un rumbo aproximado norte sur, siendo la parte oriental la más afectada por pliegues, sinclinales, anticlinales y sobreescurremientos con vergencia al este.

Las unidades de relleno cuaternario reconocidas en diferentes sectores del área son las siguientes (de más antigua a más

nueva): depósitos de ignimbritas pumicíticas (Mindel); depósitos morrénicos antiguos (Riss (?) - Würm); depósitos fluviales y fluvio-glaciarios antiguos (Riss (?) - Würm); depósitos fluviales finipleistocénicos a holocénicos; depósitos de remoción en masa (Pleistoceno Superior a Holoceno); depósitos morrénicos recientes; depósitos fluvio-glaciarios recientes; depósitos aluvionales y depósitos coluviales.

Los depósitos de ignimbritas fueron originados a partir de una erupción pliniana en el área de la Caldera del Diamante - Volcán Maipo, hace  $450.00 \pm 60.000$  años, durante la época glacial Mindel. A continuación, las glaciaciones del Pleistoceno Superior (Riss (?) - Würm) habrían alcanzado la localidad de Los Queltehues, formándose conjuntamente durante ese período las terrazas fluviales situadas en las partes alta y baja de la localidad de San José de Maipo. Desde el Pleistoceno Superior (?) al Holoceno, sobre un relieve abrupto y erosionado, se desarrollan importantes fenómenos de remoción en masa los cuales caracterizan a esta región. En la actualidad, los principales modeladores del relieve son los procesos fluviales y de remoción en masa, junto con procesos glaciarios en la alta cordillera.

Prof. Guía: Sr. Juan Varela B. 27.06.91

# **GEOQUIMICA DE LAS ROCAS IGNEAS ALTERADAS Y MINERALIZADAS DEL DISTRITO EPITERMAL AURIFERO INCA DE ORO, REGION DE ATACAMA**

**Francisco Javier Eggers Reuss**

Se presentan los resultados de los análisis químicos de elementos mayores y traza realizados en rocas intrusivas y volcánicas, con distintos tipos de alteración y mineralización, del distrito minero Inca de Oro, III Región de Atacama.

El sector superior del sistema epitermal, se caracteriza por el desarrollo de una cobertura silíceica, la que aparece enriquecida en Mo y Ag. El Au permanece inmóvil y las rocas se empobrecen en Ba, Sr, Rb, Zn y Cu.

Entre 150 y 200 metros de profundidad, y afectando a rocas intrusivas se desarrolla una alteración sericita-clorita asociada a mineralización diseminada. Ocurre un enriquecimiento de Si, Fe, K, Au, Cu, Mo, As, Pb y Rb en las rocas durante la alteración; Al, P y Zn no varían. Por el contrario, se reconoce un empobrecimiento de Ti, Mn, Mg, Ca, Na, Ba, Ag y Sr en las rocas intrusivas.

Alrededor de los 400 metros de profundidad se encuentra una zona con mineralización tipo stockwork que afecta tanto a rocas volcánicas como intrusivas. Se

forman cuerpos de gran volumen -baja ley con valores promedio de Au de 1,5 ppm y 0,5% de Cu. La alteración hidrotermal en estos cuerpos corresponde a adularia-illita-clorita. En general durante la alteración Au, Ag, Cu, Zn y Mo son adicionados a las rocas y, por el contrario Al, Ba y Sr fueron lixiviados.

En la parte inferior del sistema epitermal, se desarrollan vetas de alta ley en Au y Cu, las que son interpretadas como sus alimentadores.

Los estudios geoquímicos permiten sugerir que al menos los metales preciosos y de base, concentrados en los sectores mineralizados, tendrían un origen magmático.

Finalmente, tanto la mineralización como la alteración y la geoquímica indican que el distrito minero Inca de Oro constituye un modelo clásico de yacimientos epitermales de sulfidización baja.

Prof. Guía:

Sr. Carlos Palacios

20.11.91

# **GEOLOGIA DEL SECTOR DE QUEBRADA DEL TENIENTE, REGION DE COQUIMBO**

**Carlos C. L. García Numann**

El estudio del sector de Quebrada del Teniente, ubicado a unos 65 km al sur de Ovalle, permitió reconocer en él rocas metamórficas, intrusivas y sedimentarias.

Las rocas metamórficas se separan en

dos unidades: Esquistos La Cebada (esquistos verdes y metaultramáficos) y Esquistos Punta Talquilla (esquistos de cuarzo-muscovita). En ambas unidades se encuentran evidencias de tres eventos

deformativos, el más reciente fechado entre 150 y 200 Ma.

Análisis de elementos trazas indican que el protolito de los Esquistos La Cebada corresponde a basaltos de intraplaca, esto es, de una isla oceánica que se acrecionó al continente previamente al paleozoico superior. Entre estos esquistos se interfolian rocas oscuras, muy ricas en cuarzo, cuyo protolito puede corresponder a sedimentos finos depositados en un ambiente de baja energía. El protolito de los Esquistos Punta Talquilla, en cambio, corresponde a sedimentos de granulometría media a gruesa, asociados a un ambiente de mayor energía.

Al sur de Playa La Cebada aflora la unidad Sedimentitas La Corvina, formada principalmente por una secuencia de lutitas y areniscas, con escasas intercalaciones de calizas y conglomerados. Presenta un plegamiento suave y evidencia de un solo evento deformativo. Fósiles en regular estado de conservación permiten asignarle una edad paleozoica superior.

La Falla El Teniente pone en contacto a las unidades mencionadas anteriormente, al lado oeste de la falla, con rocas intrusivas,

pertenecientes a la Superunidad Mincha. Un dique máfico que corta a la Falla El Teniente dio una edad K-Ar de  $122 \pm 6$  Ma, limitando a ese valor la edad mínima para un movimiento de la falla con una componente en el rumbo. Al oeste de dicha estructura se explotan varios yacimientos auríferos en que predominan vetas de dirección EO.

Los cuerpos intrusivos que afloran al este de la Falla El Teniente presentan un carácter bimodal, en que cuerpos félsicos (granitos, granodioritas) intruyen a cuerpos máficos (monzodioritas, dioritas y gabros). Dataciones radiométricas indican una edad de intrusión de aproximadamente 200 Ma. para ambos grupos.

Durante el Plioceno se desarrolla la morfología actual del sector de Quebrada del Teniente. Se producen intrusiones marinas con la consecuente formación de terrazas, depositación de sedimentos marinos y posteriormente se levanta el horst que corresponde actualmente a los Altos de Talinay.

Prof. Guía:

Sr. Francisco Hervé

03.05.91

## **GEOLOGIA Y MINERALIZACION DE LA MINA SAN ANTONIO, DISTRITO MINERO EL TOQUI, XI REGION, CHILE**

**Fernando González Briones**

El presente trabajo caracteriza petrográficamente las unidades pertenecientes a la Formación Coyhaique y describe la calcografía de la mineralización que ocurre en la Mina San Antonio, Distrito El Toqui, XI Región, sector ubicado aproximadamente 120 km al NE de la ciudad de Coyhaique.

La Formación Coyhaique, en el área, ha sido subdividida en cuatro unidades, las que corresponden a: Unidad Coquinoídea (formada por el Manto Principal), Unidad Volcanoclástica (formada por las subunidades Tobas Bandeadas y Brechas Volcánicas) Unidad Arenosa (constituida por el Manto Superior, Areniscas Lamina-

das Grises, Hialoclastitas, Tobas y Areniscas y Manto Alto) y Unidad Lutítica.

Mediante el estudio de detalle del interior de las Minas San Antonio y sondajes de diamantina ubicados al sur de ésta, se obtuvieron muestras semi-sistemáticas de las unidades antes mencionadas, otorgando especial énfasis en reconocer la roca albergadora de la mineralización (Manto Principal).

Dentro del distrito se reconocen total o parcialmente rocas pertenecientes a las siguientes formaciones:

— Formación Ibáñez

(Jurásico Medio a Superior), constituida por rocas volcanoclásticas.

— Formación Coyhaique

(Neocomiano), compuesta por rocas sedimentarias marinas y volcánicas.

— Formación Divisadero

(Cretácico Medio), formada por rocas volcanoclásticas ácidas a intermedias.

En la Mina San Antonio afloran rocas calcáreas marinas y volcanoclásticas pertenecientes a la Formación Coyhaique. Esta secuencia está intruida por un pórfido cuarzo-feldespático que genera en las rocas calcáreas un metamorfismo, el que provoca la transformación a una roca tipo skarn.

La mineralización desarrollada es del tipo estratiforme, y se presenta en tres niveles diferentes de rocas calcáreas, que en orden

estratigráfico, de abajo hacia arriba, corresponden a: Manto Principal, Manto Superior y Manto Alto. El desarrollo de rocas tipo skarn queda bien evidenciado en el Manto Principal, portador también del mayor volumen mineralizado, a través del abundante desarrollo de texturas y minerales metamórficos, tales como: granates, tremolina-actinolita, clinopiroxeno, epidota, wollastonita, ilvaíta, cuarzo y calcita de recristalización.

La mineralización consiste en sulfuros de Zn, Fe, Pb, Cu y en menor grado, Ag. Los minerales de mena presente corresponden en orden de abundancia a: Esfalerita, Pirrotina, Pirita, Calcopirita, Galena y Arsenopirita.

Los datos disponibles a la fecha no permiten discriminar con seguridad acerca del verdadero origen de este depósito. Por un lado podría corresponder, según autores anteriores, a un yacimiento tipo volcanoexhalativo (Kuroko), y por otra parte, tratarse de un depósito tipo skarn de Zn-Pb. No se descarta la posibilidad de que se haya producido una combinación de ambos procesos, de tal forma que el metamorfismo haya contribuido a una reconcentración de la mineralización.

Prof. Guía:

Sres. Estanislao Godoy 10.04.91

Francisco Franquesa

## **ALTERACION Y MINERALIZACION DE LOS PORFIDOS DIORITICOS DEL SECTOR CENTRAL, YACIMIENTO EL TENIENTE.**

**Carlos Guzmán Drago**

En el Sector Central del yacimiento se estudiaron tres cuerpos de Pórfido Diorítico, dos de ellos ubicados al Este de la Chimenea

de Brechas (Area Central) y el otro emplazado al Nor-Este de la misma (Area Norte). El estudio se basó en el mapeo interior de

mina y de sondajes de siete secciones, análisis de cortes transparentes y pulidos, de geoquímica de roca total y de leyes de cobre y molibdeno.

Estos cuerpos presentan aspecto macizo, con formas relativamente tabulares, orientados en dirección NS y que en profundidad aumentan su potencia. Las texturas asociadas son porfídicas hipidiomórficas inequigranulares con un promedio de 50% de fenocristales, compuestos principalmente por plagioclasas, pertitas de reemplazo y biotita subordinada. La presencia de fenocristales de cuarzo primario en el Pórfido Diorítico del Area Norte marca la diferencia con los del Area Central. Las masas fundamentales presentan textura característica finamente fina.

Se han reconocido tres de los cuatro eventos de alteración y mineralización presentes en el yacimiento: tardimagmático, hidrotermal principal e hidrotermal tardío. El primero de ellos se asocia directamente con la alteración potásica penetrativa persistente en profundidad. Las plagioclasas se encuentran albitizadas, con reemplazo por feldespato potásico, sericita, calcita y anhidrita; además de dicha mineralogía, también se encuentra en la masa fundamental biotita y/o clorita, turmalina, cuarzo, rutilo, zircón y apatito. Calcopirita, molibdenita y, en forma restringida y localizada, bornita ocurren tanto diseminada como en vetillas.

A dicho evento se superpone una alteración de carácter filico, generada a partir de los halos de vetillas de los eventos de

mineralización y alteración principal y tardía, con predominio de sericita-cuarzo-clorita en el Area Central y de sericita-clorita-cuarzo en el Area Norte, que ocultan las texturas originales de la roca. La mineralogía sulfurada asociada a las vetillas hidrotermales principales corresponde esencialmente a calcopirita con molibdenita subordinada, acompañadas por cuarzo, anhidrita, sericita y/o clorita. Por otra parte, en las vetillas hidrotermales tardías ocurren calcopirita, sulfosales de cobre, bornita en forma ocasional y molibdenita, y, como ganga asociada, anhidrita, yeso, cuarzo, turmalina, sericita, piritita, clorita, carbonatos.

La geoquímica de elementos mayores, volátiles y cobre refleja la presencia de alteración potásica y mineralización en los cuerpos en estudio, con valores mayores en los cuerpos de Pórfido Diorítico del Area Central que en el del Area Norte.

De la comparación realizada entre los cuerpos intrusivos estudiados y la Diorita Sewell se desprenden diferencias texturales, de alteración y mineralización.

Se postula como hipótesis que el evento de alteración y mineralización tardimagmático de estos cuerpos se generaría a partir del mismo evento magmático, probablemente relacionados con un proceso de intrusión resurgente de los pórfidos a partir de una cámara magmática remanente emplazada en la Diorita Sewell.

Prof. Guía: Sr. Enrique Tidy 28.05.91

# GEOLOGIA DEL BASAMENTO METAMORFICO DEL GRUPO ISLOTE SMITH E ISLAS ALEDAÑAS, ENTRE LOS 45° Y 45° 15' LATITUD SUR, AYSÉN, CHILE

Luis Hormazábal Fuentes

En el basamento metamórfico que aflora en el área estudiada, inserta en el Archipiélago de Los Chonos, fueron diferenciadas 4 unidades litodémicas: metasedimentitas de Isla Patranca (MIP), compuesta por metaareniscas con intercalaciones de filitas; mélange de Isla Caniglia (MIC), formada por boudines de metaareniscas sostenidos en una matriz filítica; esquistos pelíticos de Isla Rivero (EPIR), que contiene esquistos pelíticos con nódulos de cuarzo-metaareniscas y metabasitas de Isla Italia (MII), en parte con estructuras de almohadillas. Además, se reconoció el complejo volcanosedimentario Canal Vicuña (CVCV), compuesto por rocas volcánicas andesíticas y metaareniscas con intercalaciones filíticas y una franja de rocas intrusivas tonalíticas y granodioríticas en el sector oriental del área.

De acuerdo a los escasos datos paleontológicos y radiométricos el protolito de las rocas metamórficas sería Devónico, el del CVCV tendría edad Cretácico. Los intrusivos se habrían emplazado en el Cretácico Superior-Terciario Inferior.

La geoquímica de elementos mayores y trazas de las metabasitas de MII indica un protolito de tipo basalto toleítico y un ambiente oceánico de depositación. Posteriormente, los basaltos fueron incorporados a un prisma de acreción junto con abanicos turbidíticos, el cual experimentó períodos

de deformación y de metamorfismo entre el Paleozoico Superior y el Mesozoico Inferior.

El estudio de la cristalinidad de la illita en rocas de las unidades MIP, MIC y EPIR revela un aumento del grado metamórfico de Este a Oeste. En el sector oriental se determinó un grado anchimetamórfico y en el occidental epimetamórfico. El estudio de la cristalinidad del grafito en las mismas unidades entregó resultados concordantes con los obtenidos con la illita.

En el sector oriental, un primer evento de deformación generó pliegues que afectan la estratificación, originando un clivaje de plano axial y localmente mélange. Una segunda deformación originó microplegamientos que originan un clivaje de crenulación, con una penetratividad creciente hacia el oeste. Un tercer evento deformacional asociado a pliegues originó un clivaje de restringida distribución y escasa penetratividad en toda el área.

La litología y condiciones del metamorfismo aquí definidas son similares a las observadas en el área de Isla Teresa, por lo que se propone una continuidad de los procesos entre ambas áreas, que serían características de la evolución de este complejo de subducción.

Prof. Guía: Sr. Francisco Hervé 22.04.91

# **EL YACIMIENTO EPITERMAL DE ORO Y PLATA EL GUANACO, ANTOFAGASTA: UN DEPOSITO DE SULFIDIZACION ALTA, TERCARIO INFERIOR**

**Daniel Marcelo López Bermedo**

El yacimiento aurífero El Guanaco se encuentra emplazado en rocas volcánicas de la Formación Chile-Alemania del Terciario Inferior. La roca de caja corresponde a tobos de lapilli.

La alteración hidrotermal y la mineralización, de edad Eoceno, están controladas por estructuras de orientación general E-W, las que corresponden a fallas centrales de la Caldera Guanaco, y que constituyen los alimentadores del sistema.

Se describen tres tipos de alteración hidrotermal: una extensa propilitización inicial, una argilización y una silicificación pervasiva.

La mineralización de oro (baritina-oro-jarosita-hematita), está ligada a la alteración silícica.

## **ANTECEDENTES GEOLOGICOS Y PETROGRAFICOS DEL AREA DE LA MINA EL SAUCE: UN SKARN CALCICO DE COBRE. CABILDO, REGION DE ACONCAGUA**

**Raúl Núñez Escobar**

Este estudio tuvo por objetivo caracterizar mineralógica y químicamente las rocas encajadoras del yacimiento El Sauce y postular un modelo sobre la génesis del yacimiento.

El depósito es un exoskarn cálcico de cobre que se emplaza en rocas metamorfozadas de la Formación Lo Prado de edad neocomiana.

Se postula aquí la existencia de un apófisis intrusivo en profundidad, que ha-

bría producido los fenómenos de metamorfismo metasomatismo y de mineralización metálica en el área y que probablemente se asocie al Botolito de Cabildo, ubicado a unos 3 Km al Este del área estudiada.

Los cuerpos mineralizados son de formas lenticulares en planta, y en sección adoptan formas de pipas. Unas brechas silícicas evidencian etapas tardías de alteración hidrotermal, producidas por autosellamiento de los conductos alimentadores. Las leyes más altas de oro se asocian a estas etapas tardías de alteración hidrotermal.

Los antecedentes presentados en este estudio permiten clasificar el yacimiento como epitermal del tipo "Sulfidización Alta".

Prof. Guía: Sr. Carlos Palacios 23.12.91

Se presenta una zonación litológica que consiste en una zona exterior de metamorfismo (Zona de Mármoles) y una zona interior metasomática (Zona de Skarn y Rocas Córneas), ambas zonas están sepa-

radas por una superficie estructural llamada "Tapa de Caliza".

La Zona de Mármoles contiene una zona mineralógica de tremolita escapolita, perteneciente a las facies de rocas córneas de albita-epidota.

La Zona de Skarn y Rocas Córneas contiene las siguientes zonas mineralógicas: tremolita-epidota, tremolita-epidota-granate, granate-clinopiroxeno y granate-clinopiroxeno-feldspato potásico. La primera zona pertenece a las facies de rocas córneas de albita-epidota y las tres restantes a las facies de rocas córneas de hornblenda.

En este trabajo se reconocen y describen las siguientes etapas en la génesis de este yacimiento:

Metamorfismo de contacto de la Formación Lo Prado (700-500 °C).

Metasomatismo y crecimiento del skarn (600-400 °C).

Formación de granates y clinopiroxenos.

## **ESTRATIGRAFIA Y ESTRUCTURA DE LA FORMACION COLIMAPU ENTRE EL ESTERO DEL DIABLO Y EL CORDON LOS LUNES, REGION METROPOLITANA**

**Waldo Palma Papic**

En el alto río Maipo, entre Estero del Diablo y Quebrada Los Lunes (33°54'-34°3'S), se ha reconocido secuencias litológicas que se asignan a las siguientes formaciones:

Formación Río Damas (Kimmeridgiense), areniscas y conglomerados de espesor no reconocido, depositada en ambiente continental.

Formación Lo Valdés (Titoniano-Neocomiano), lutitas con intercalaciones

Los granates son miembros extremos de la serie de solución sólida andradita-grossularita-espessartita con un rango de 40 a 63% en mol para la andradita, 36 a 51% en mol para la grossularita y 1% para la espessartita.

Los clinopiroxenos pertenecen a la serie de solución sólida diópsido-hedenbergita-johannsenita con un rango de 63 a 75% en mol para el diópsido, 23 a 34% en mol para la hedenbergita y un rango de 2 a 4% en mol para la johannsenita.

Alteración Hidrotermal del Skarn y depositación principal de sulfuros (400-200 °C).

Esta etapa se caracteriza por el reemplazo de clinopiroxenos por anfíboles del tipo hornblenda actinolítica y depositación principal de calcopirita y piritita.

Prof. Guía:

Sr. Francisco Hervé A. 26.04.91

calcáreas (250 m) y calizas (150 m), depositada en ambiente marino y edad probable titoniana-valanginiana. La secuencia no incluye al miembro volcánico marino lenticular de su localidad tipo.

Formación Colimapu (Hauteriviense-Oligoceno ?), limolitas y areniscas tobáceas rojas, lavas andesíticas y tobas con lentes carbonatados de hasta 55 m de espesor, en el tramo inferior del Estero del Diablo. Se reconoce en uno de estos niveles

carbonatados *Crioceratites sp. cf. C. diamantense Gerth*, de edad hauteriviana superior. El espesor mínimo reconocido en la zona alcanza los 1.100 m. Se depositó en ambientes continental a marino somero.

El Miembro I-A de la Formación Colimapu muestra un acuífamiento completo hacia el norte del área y posee una litología comparable a la descrita en la vertiente sur del valle del río Volcán. El Miembro volcánico I-B, en oposición a la sección expuesta en la localidad típica de ríos Blanco-Barroso, muestra un predominio de depósitos volcánicos proximales, en vez de un desarrollo persistente de facies marinas. El miembro II está compuesto principalmente por areniscas tobáceas y lavas, con escasas intercalaciones carbonatadas de carácter lenticular de edad hauteriviana superior. Estos corresponden a las microfacies 10 y 12 dentro del sistema de Wilson, las cuales reflejan ambientes de plataforma muy somera, sobre el nivel base de las olas.

Dentro de la secuencia carbonatada del Estero del Diablo Inferior, asignada aquí al miembro III de la formación, se reconoce las microfacies 7, 8 y 9, las cuales señalan ambientes de plataforma de circulación abierta y/o restringida, bajo el nivel base del oleaje. Representa en consecuencia, una profundidad mayor que la de las facies carbonatada hauteriviana superior de la quebrada Los Lunes, y se le asigna aquí tentativamente una edad semejante a la anterior.

Capas de los miembros volcanogénicos superiores de la Formación Colimapu (Formación Abanico) se encuentran en la confluencia de los ríos Maipo y El Volcán, Cordón de cerro La Cruzada, donde el presente estudio descarta la existencia de la discordante Formación Farellones sobre

dichos depósitos, como en la mayor parte de los Andes de la Región Metropolitana.

Se sugiere que la regresión en la zona de estudio ocurre con anterioridad al Hauteriviano Superior, probablemente coincidente con un bajo nivel del mar valanginiano a los 126 Ma -así como con un incremento de la actividad volcánica en la Cordillera de la Costa- y vinculada a somerización por efecto de los depósitos volcánicos presentes. En tal caso aquí, al igual que en los valles del Tinguiririca y Teno, la Formación Colimapu tiene un desarrollo más temprano que el fijado en el valle del río Volcán (post-Hauteriviano).

Los rasgos preponderantes de la estructura permiten dividir el sector en cuatro bloques separados por fallas o lineamientos. Los ejes de los pliegues del Cordón y Quebrada Los Lunes son de rumbos N-NE y buzamientos NE crecientes en su prolongación sur, y en el sinclinal más amplio del Cordón Los Lunes se insinúa una inversión moderada del buzamiento hacia el sur.

Dicha configuración se interpreta como una propagación por plegamiento hacia el norte, de la falla del río Blanco. Esta, a su vez, se considera la extensión norte del Corrimiento del Fierro, estructura que más al sur, en el alto Cahapoal, es acompañada por retroestructuras en el bloque colgante, y por exposición de un nivel más profundo en los ríos Tinguiririca y Teno. Este corrimiento se ha considerado con anterioridad a esta interpretación, como una discordancia asignada al Senoniano, y la cual probablemente con posterioridad fue aprovechada por un accidente inverso.

Prof. Guía:  
Sr. Estanislao Godoy 07.11.91

# ESTUDIO DE LOS LAHARES DEL VOLCAN LLAIMA IX REGION DE LA ARAUCANIA

Claudia Quinteros Maturana

La zona estudiada está limitada por los meridianos 71°30' y 72°00' long. Oeste y los paralelos 38°30' y 39°00' lat. Sur aproximadamente.

El objetivo del trabajo fue caracterizar textural y estructuralmente los lahares del volcán Llaima, sus mecanismos de transporte y depositación, y compararlos con otros depósitos similares.

Se denomina lahar a un gran volumen de sedimentos volcánicos transportados por agua. Los depósitos laháricos presentan características texturales y estructurales bien definidas, ligadas a los mecanismos de transporte que le son característicos. Los lahares de la zona se distribuyen en cauces de ríos o quebradas y presentan una distribución radial alrededor del volcán. Según su distancia a la fuente, presentan **facies proximales**, en donde el depósito muestra mayor tamaño de grano, menor selección, mayor espesor y gradación inversa-normal incipiente; **facies de transición o intermedias**, en donde se produce una transformación desde un flujo de detritos (flujos proximales) a un fluido hiperconcentrado (flujos distales) y finalmente, **facies distales**, en las cuales se entremezclan las características de los depósitos fluviales y las de los depósitos laháricos. Transversalmente, en la zona inundada por un lahar, se pueden distinguir las **facies canal**, de mayor energía, y por lo tanto, de mayor grado de erosión; **facies de inundación**, que corresponde a las terrazas inundadas por el flujo lahárico cuando éste sobrepasa el nivel de su cauce y las **facies laterales**, con características intermedias entre las dos facies

mencionadas anteriormente, las que se ubican dentro del cauce y se exponen mejor donde éste es más ancho y de menor pendiente.

Las superficies de los lahares son levemente combadas, cubiertas de bloques dispersos aleatoriamente.

Los lahares se producen cuando un gran volumen de agua es liberado repentinamente, erosionando e incorporando detritos, pudiendo alcanzar un volumen pic 3 veces el contenido inicial de agua. Un flujo lahárico se puede dividir en cabeza y cola, la primera compuesta de una mezcla turbulenta hiperconcentrada; y la segunda por material más fino. La gradación inversa-normal se produce debido al movimiento tipo oruga del flujo que deposita primero el material más concentrado y fino, y sobre éste, el resto de los detritos en forma normal.

Algunos de los elementos que permiten distinguir los depósitos laháricos son, por ejemplo, la ausencia de vegetales carbonizados, (común en flujos y oleadas piroclásticas): la superficie plana con bloques los distingue de las avalanchas que presentan superficies con cerrillos de tamaños variables. La gradación inversa-normal diferencia a los lahares de los depósitos fluviales y flujos de barro; a la vez, su porcentaje de matriz (que no supera el 25%) los diferencia de los depósitos de morrenas y de flujos de barro que presentan alrededor de un 80% de matriz.

Prof. Guía: Sr. Hugo Moreno 22.07.91

# DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA COMPUTACIONAL PARA MANEJO DE DATOS GEOLOGICOS EN EL YACIMIENTO MANTOS BLANCOS

Rubén Ramírez Rodríguez

El yacimiento Mantos Blancos ubicado a 45 km. al Noreste de la ciudad de Antofagasta, Segunda Región de Chile, se encuentra emplazado en una secuencia de rocas volcánicas ácidas de probable edad triásica, de rumbo N40°W y manteo de 25°SW, intruidas por un cuerpo subvolcánico y diques andesíticos de edad Jurásico Inferior. La mineralización post-triásica corresponde a cuerpos irregulares de óxidos y sulfuros de cobre con contenidos importantes de plata. Fallas normales, de rumbos preferentes Norte-Sur, producen desplazamientos verticales y laterales que afectan a los cuerpos mineralizados y generan bloques tectónicos definidos.

Las características especiales del complejo minero de Mantos Blancos; dos tipos de mineral, dos plantas de tratamiento, irregularidad de los cuerpos mineralizados, variedad de métodos de explotación y la creciente necesidad de entregar en forma rápida y confiable la información geológica para el diseño de proyectos mineros, hizo necesario desarrollar e implementar un sistema computacional con el objeto de facilitar el manejo de los datos geológicos.

Se presentan aquí las etapas de diseño, construcción e implementación del sistema de manejo computacional de datos geológicos, desarrollado para el yacimiento con recursos internos de la empresa.

Las ideas básicas del diseño fueron no introducir cambios en las rutinas de trabajo y que el procesamiento de la información permitiera a los usuarios controlar las diferentes etapas del proceso. De esta manera, a partir de un desglose funcional de la

metodología de trabajo, se confeccionaron programas con módulos de procesos independientes para proyectar, visualizar y manejar la información geológica, siguiendo el mismo esquema de actividades que se realizaba manualmente.

La base de datos, se diseñó con una estructura de catálogos y archivos separados para cada variable geológica, optimizando así el uso de memoria y el acceso a los datos. Esto permite a la vez, disponer de una gran cantidad de datos de terreno sin elaboración previa, sobre los cuales se pueden realizar análisis cualitativos y cuantitativos y estudiar las relaciones existentes entre ellos. El uso rutinario de este sistema, ha demostrado que es posible, y operativamente eficiente, el desarrollo interno de los sistemas computacionales aplicados a geología.

A la vez el sistema ha probado, a través de la flexibilidad de adaptación a los cambios, la ventaja de haberlo desarrollado con profesionales de la empresa. El trabajo interdisciplinario de geólogos, analistas de sistemas y programadores, generó, desde sus distintos puntos de vista, un continuo aporte de nuevas ideas en las diversas fases del diseño.

Con el propósito de mostrar la aplicación del sistema de datos geológicos diseñado, se describe un caso práctico con la evaluación de reservas del cuerpo mineralizado Quinta III, que incluye una actualización de la geología del yacimiento.

Prof. Guía: Sr. Hugo Henríquez 09.01.91

# GEOLOGIA DEL PORFIDO LATITICO DEL SECTOR SUR DEL YACIMIENTO EL TENIENTE

Mariano Riveros Ibarra

En el sector sur del yacimiento El Teniente, se estudiaron diques latíticos reconocidos en tres áreas productivas de éste.

Estos diques, denominados latíticos, corresponden a diques subvolcánicos con escasa mineralización, de potencia variable entre 2 y 15 m y textura porfídica doble, con fenocristales de plagioclasa, biotita y cuarzo en una masa fundamental muy fina, compuesta por albita anhedral, cuarzo y microlitos de plagioclasa.

La alteración presente en los diques ubicados en el área productiva Ten-3 Isla, corresponde a biotita-cuarzo-clorita (pórfido latítico negro), sericita-clorita-cuarzo (pórfido latítico verde) y calcita-sericita-cuarzo (pórfido latítico blanco). Sericita-calcita-clorita para el pórfido latítico del sector Ten-4 Regimiento y calcita-sericita-cuarzo para el pórfido latítico del área productiva Ten-4 Central. Esta diferencia en la alteración hidrotermal se refleja en cambios en la composición química actual de estos diques, como es el caso del pórfido latítico negro que se caracteriza por altos contenidos de álcalis, de igual modo que aquellos afectados por alteración sericitica.

Estos antecedentes, sumados a las características de emplazamiento y temporalidad, permiten asociar estos diques a un evento intrusivo que se inicia con el emplazamiento del pórfido latítico del Sector Isla, en un tiempo anterior a la etapa de Hidrotermal Principal de alteración. Este evento continúa con el emplazamiento de los diques latíticos de los sectores Regimiento y Central respectivamente, desarrollándose durante la mayor parte del tiempo en que ocurren las etapas de alteración y mineralización reconocidas en el yacimiento.

Finalmente, las características de emplazamiento y temporalidad relativa de los diques latíticos, indican que éstos no necesariamente se emplazan por estructuras concéntricas asociadas a la intrusión de la brecha Braden, sino que estarían controlados por patrones estructurales de actitud noreste y noroeste.

Prof. Guía:

Sra. Lan Yen Ip Zagal

18.11.91

AÑO 1989 (Adenda)  
930 VALENZUELA, L., Varela, J. y Velasco,

935 OZGÜR, N. y Palacios, C. M. 1990. Exploración geoquímica de yacimientos volcánogénicos de cobre en el sector NE Turquía. Aplicación en el yacimiento Murgul. MTA Dergisi, Ankara, Turquía, 111, 119-132 (En idioma turco).

936 OZGÜR, N. y Palacios, C. M. 1990. Geochemical proximity indicators of the

Murgul volcanogenic copper deposit, East Anatolitec NE Turkey. Mineral Res. Expl. Bull. 111, 53-64.

941 BECK, M. E. Jr., García, A., Bufnester, R., Munitaga, F., Hervé, F., & Drake, R., 1991. Paleomagnetism and geochronology of late Paleozoic granitic rocks from the Lake District of Southern Chile: implications for secretory tectonics. Geology 19, 332-335.

942 BROWN, E., Varela, J., 1991. Estudio de marcas de crecidas extremas antiguas en la región de Chile comprendida entre las latitudes 28°30' y 32°30' Lat. S. Reso-



## AÑO 1989 (Adenda)

930 VALENZUELA, L.; Varela, J. y Velasco, L. 1989. Derrumbe y corriente de barro del Alfalfal, Chile. Actas I Simp. Sudamericano de deslizamiento, 7-8 Agosto, 1989, Paipa-Colombia. 2, 61-79.

931 VERGARA, M., Padilla, H., Levi, B. y Castelli, J. C., 1989. Metamorfismo de Carga de la Formación Abanico: áreas de los ríos Aconcagua y Mapocho, Andes de Chile Central. Rev. Ass. Geol. Argentina, 43, N° 3 y 4, 431-436.

932 VILLARROEL, R. y Vergara, M., 1989. La avalancha de detritos del volcán Marmolejo, Andes de Chile Central. Rev. Ass. Geol. Argentina, 43, N° 3 y 4, 437-441.

## AÑO 1990 (Adenda)

933 AGUIRRE-URETA, B. y Charrier, R., 1990. Estratigrafía y amonites del Tithoniano-Derivasiano en las nacientes del río Maipo, Cordillera Principal de Chile Central. Aneghianiana, 27, 3-4, 263-271.

934 HERVE, F., Pankhurst, R. J., Alfaro, G., Frutos, J., Miller, H., Schirra, W. & G. C. Amstutz, 1990. Rb-Sr and Sm-Nd Data from Some Massive Sulfide Occurrences in the Metamorphic Basement of South-Central Chile, In: Stratabound Ore Deposits in the Andes, L. Fontabé, G. C. Amstutz, M. Cardozo, E. Cedillo, J. Frutos (Eds.), 221-228.

935 OZGÜR, N. y Palacios, C. M. 1990. Exploración geoquímica de yacimientos volcanogénicos de cobre en el sector NE Turquía. Aplicación en el yacimiento Murgul. MTA Dergisi, Ankara, Turquía, 111, 119-132 (En idioma turco).

936 OZGÜR, N. y Palacios, C. M. 1990. Geochemical proximity indicators of the

Murgul volcanogenic copper deposit, East Pontic Metallotect NE Turkey. Mineral Res. Expl. Bull. 111, 53-64.

937 PALACIOS, C. M., 1990. Geology of the Buena Esperanza copper-silver deposit, northern Chile. In Stratabound Ore Deposits in the Andes, L. Fontabé, G. C. Amstutz, M. Cardozo, E. Cedillo, J. Frutos (Eds.), 313-318.

938 PALACIOS, C. M.; Lahsen A. and Sylvester, H. 1990. Inca de Oro, a fossil epithermal system. N. Chile. Proc. 12 Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquim. München, November 1990. 53.

939 SYLVESTER, H. and Palacios, C. M. 1990. Transpressional structures in the Andes between the Atacama fault zone and the West Fissure system at 27°S. III Región, Chile. Proc. 12 Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. München, November 1990. 70.

## AÑO 1991

940 BARBIERI, M., Godoy, E., Haller, M., Stanzione, D., Ghiara, M. y Trudu, C., 1991. Cristalización fraccionada y contaminación cortical en el Batolito Patagónico (43°-46°S). Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 626-630.

941 BECK, M. E. Jr., García, A., Burmester, R., Munizaga, F., Hervé, F., & Drake, R., 1991. Paleomagnetism and geochronology of late Paleozoic granitic rocks from the Lake District of Southern Chile: implications for accretionary tectonics. Geology 19, 332-335.

942 BROWN, E., Varela, J., 1991. Estudio de marcas de crecidas extremas antiguas en la región de Chile comprendida entre las latitudes 28°30' y 32°30' Lat. S. Resu-

- men en Informe Final y Memorias de I Congr. Latinoamericano. Manejo de Ciencias Hidrográficas. Concepción, Chile, 22-26 Oct. 1990, Of. Reg. de la FAO para América Latina y el Caribe. Marzo 1991, Santiago, Chile. p. 187.
- 943 BROWN, E., Varela, J., 1991. Proyecto de detección de señales de crecidas ocurridas durante el Holoceno, Norte Chico de Chile. Resumen 6° Congr. Geol. Chileno, Viña del Mar, Chile, Agosto. Poster Sesión. 285.
- 944 BROWN, E., Varela, J., 1991. Prospección de crecidas antiguas en los Valles de la III y IV Región de Chile. Actas X Congr. Nac. de Ingeniería Hidráulica. Valparaíso, Chile. 350-361.
- 945 BUTLER, R., Hervé, F., Munizaga, F., Beck, M. Jr., Burmester, R. & Oviedo, V., 1991. Paleomagnetism of the Patagonian Plateau Basalts, Southern Chile and Argentina. *Jour. of Geophys. Res.* 96, 6023-2034.
- 946 CANCINO, A., Vergara, M., Levi, B., López-Escobar, L., 1991. Formaciones Ajial y Horqueta: Características geoquímicas y geotectónicas del volcanismo en Chile Central". Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 611-614.
- 947 CARRASCO, V., Parada, M. A., López-Escobar, L., 1991. Nuevos antecedentes del Batolito Nor-Patagónico asociado a la zona de Falla Liquiñe-Ofqui a los 41°30'S, Región de Los Lagos, Chile. Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 565-568.
- 948 CHARRIER, R., Godoy, E., Rebolledo, S. y Hervé, F., 1991. Is early Paleozoic accretion of the Choapa Metamorphic Complex in Central Chile compatible with the Precordillera terrain? Comunicaciones, 42, 44-48.
- 949 CHARRIER, R., Godoy, E., Bertens, A. y Larraguibel, J., 1991. La Falla de la Silla del Gobernador, Quimarí, Región de Coquimbo, Chile: Antecedentes cinemáticos y significado geológico. Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 548-551.
- 950 CINGOLANI, C., Dalla Salda, L., Hervé, F., Munizaga, F., Pankhurst, R. J., Parada, M. A. & Rapela, C. W. 1991. Evolution of the North Patagonian Andes and the adjacent continental massif: new impressions of Andean and Pre-Andean Tectonics. *Geol. Soc. America, Special paper 265.*, 29-44.
- 951 DUNGAN, M. A., Ferguson, K. M., Colucci, M. T., Davidson, J. P., Drake, R. E., Turner, D., Sánchez, G., López-Escobar, L., 1991. Geologic and petrologic evolution of the San Pedro-Pellado Volcanic Complex, 36°S, Chilean Andes", Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 382-385.
- 952 DRAKE, R., Hervé, F., Munizaga, F. & Beck, M., 1991. Magmatism and the Liquiñe-Ofqui Fault Zone, Southern Chile (40°-46° Lat.). Vth International Terrane Conference, Comunicaciones 42, 69-74.
- 953 GEBEYEHU, M. and Vivallo, W., 1991. Sulfide ore genesis and related dolomitization of limestone in the Garpenberg district, south central Sweden, Geochemical and C-O isotopical evidences. In M. Pagel and J. L. Leroy (ed.) *Source, Transport and deposition of metals.* Balkema Rotterdam, 281-283.
- 954 GEBEYEHU, M. and Vivallo, W., 1991. Ore lead isotopical composition of Lower Proterozoic Volcanogenic sulfide ores at Garpenberg, south central Sweden *Geol. Foren. Stockholm Forh.* 113, 7-14.
- 955 GODOY, E., 1991. El corrimiento del Fierro reemplaza a la discordancia intrasenoniana en el río Cachapoal, Chile Central. Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 635-639.
- 956 GODOY, E. y Charrier, R., 1991. Antecedentes mineralógicos para el origen de las metabasitas y metacherts del Com-

- plejo Metamórfico del Choapa (Región de Coquimbo, Chile): Un prisma de acreción paleozoico inferior. *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 410-414.
- 957 GONZALEZ, I., 1991. Sedimentología y Mineralogía de Placeres Auríferos y su relación con Yacimientos Hidrotermales. *Actas Symp. Intern. Sur les Gisements alluviaux d' or. Bolivia*. 61-73.
- 958 GONZALEZ, I., 1991. Sedimentología y Mineralogía de Placeres Auríferos y su relación con Yacimientos Hidrotermales. *Actas Symp. Intern. Sur les Gisements alluviaux d' or. Bolivia*. 61-64.
- 959 HERVE, F., Loske, W., Miller, H. & R. Pankhurst, 1991. Chronology of provenance, deposition and metamorphism of deformed fore-arc sequences, southern Scotia Arc. In: *Geological Evolution of Antarctica*, M.R.A., Thomson, J. A. Crame & O J. V. Thomson, Eds. Cambridge Univ. Press. 429-435.
- 960 HERVE, F., Greene, F. & R. J. Pankhurst, 1991. The Isla Italia-Isla Dring metabasites fragments of oceanic crust in the Late Paleozoic Chonos accretionary complex. Vth International Circumpacific Terrane Conference. *Comunicaciones* 42, 93-95.
- 961 HERVE, F., Ugalde, I. y Lobato, J., 1991. Geología del Cabo Doubouzet, extremo Norte de la Península Antártica. *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 261-264.
- 962 HERVE, F., Ugalde, L. & Lobato, J., 1991. Geology of Cape Dubpuzet, northern Antarctic Peninsula. Sixth International Symposium on Antarctic Earth Sciences, Japan, Abstracts. 223-226.
- 963 HILDRETH, W., Drake, R., Godoy, E. y Munizaga, F., Bobadilla, 1991. Caldera and 1.1 Ma ignimbrite at Laguna del Maule, Central Chile. *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 62-63.
- 964 LEAL, J., Varela, J., 1991. Geología del Cuaternario Superior en el área de confluencia de los ríos Limari y Punitaqui (Región de Coquimbo, Chile) y su relación con la determinación de crecidas extremas holocénicas. *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 162-165.
- 965 LOPEZ, L., Parada, M. A., 1991. Diferencias Geoquímicas y Petrológicas entre los volcanes vecinos Calbuco y Osorno, y centros eruptivos menores, Andes del Sur, 41°-42°S. *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 27-29.
- 966 LOPEZ, L., McMillan, N., Harmon, R., Moorbath, S., Davidson, J., Parada, M. A., Worner, G., 1991. Rol de la corteza continental en el volcanismo andino: Caso de los centros volcánicos nevados de Payachata (18°S) y Mocho-Choshuenco (40°S). *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 48-50.
- 967 LOPEZ, L., Tagiri, M. y Vergara, M., 1991. Geochemical features of Southern Andes Quaternary Volcanics between 41°-50°-43°00'S. *Geol. Soc. Am. Bull. Special Paper*, 265, 45-78.
- 968 MARTINEZ-PARDO, R. & Martínez-Guzmán, R., 1991. About the age of the Caleta Herradura Diatomite, Mejillones Peninsula, Antofagasta, Chile, Abs. V Int. Congr. Pacific Neogene Strat. and IGCP Project 246 Shizuoka, Japan, 76-77.
- 969 MUNIZAGA, F., Ramírez, R., Drake, R., Tassinari, C & M. Zentilli, 1991. Nuevos antecedentes geocronológicos del yacimiento Mantos Blancos, región de Antofagasta. *Actas 6° Congr. Geol. Chileno*, 221-224.
- 970 PALACIOS, C. M., Lahsen, A. and Sylvester, H. 1991. The Inca de Oro district, a fossil epithermal System. Northern Chile. *Zentralblatt für Geologie und Paläont.* 6, 1861-1870.

- 971 PARADA, M. A., 1991. Granitoides Jurásicos y Paleozoicos de Chile Central entre Viña del Mar y Papudo. Guía Excursión Geológica, 6° Congr. Geol. Chileno, 8 p.
- 972 PARADA, M. A., Levi, B., Nystrom J. O. 1991. Geochemistry of the Triassic to Jurassic plutonism of central Chile (30°-35°S): petrogenetic implications and a tectonic discussion. Geol. Soc. of America Special Paper 265, 99.112.
- 973 PARADA, M. A., Orsini, J. B., 1991. Field and whole rock geochemical constraints on the origin of the compositional variations of the Half Moon island plutonic complex, South Shetland Islands. Mem. Soc. Geol. Ital. 46, 7-15.
- 974 PARADA, M. A., Orsini, J. B., Ardila, R., Guerra, R., 1991. Transverse variations in the Gerlache Strat plutonic rocks: effects of the Aluk Ridge-Trench collision in the northern Antarctic Peninsula, 6th International Symposium on Antarctic Earth Sciences. Razan Japón. 477-482.
- 975 PEEBLES, F. y González, I., 1991. Placeres Auríferos del Litoral Central de Chile. Actas Symp. Intern. sur les Gisements alluviaux d'or. Bolivia. 133-137.
- 976 PEEBLES, F. y González, I., 1991. Placeres Auríferos del Litoral Central de Chile. Actas Symp. Intern. sur les Gisements alluviaux d'or. Bolivia. 53-60.
- 977 PEEBLES, F., Ruiz, C., 1991. Yacimientos de manganeso cretácicos en Chile Central. Comunicaciones 41, 25-26.
- 978 RAMOS, V., Godoy, E., Lo Forte, G. y Aguirre-Ureta, M. B., 1991. La faja plegada y corrida del norte del río Colorado, región Metropolitana, Chile central. Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 323-327.
- 979 RAMOS, V., Munizaga, F. and Kay, K., 1991. El magmatismo Cenozoico a los 33° S de latitud; geocronología y realizaciones tectónicas. Actas 6° Congr. Geol. 892-896.
- 980 THIELE, R., Beccar, I., Levi, B., Nystrom, J. O. y Vergara, M., 1991. Tertiary Andean Volcanism in a Caldera-Graben Setting. Geologische Rundschau 80/1, 179-186.
- 981 TORMEY, D., Schuller, P., López, L., Frey, F., 1991. Uranium-Thorium activities and disequilibrium in volcanic rocks from the Andes (33-46°S): Petrogenetic constraints and environmental consequences. Rev. Geol. de Chile, 18, 165-175.
- 982 SEGUEL, J. E., Lahsen, A. y Vergara, M., 1991. Contribución al conocimiento del Complejo Volcánico Guaichane-Mamuta, pre-cordillera de Iquique: un complejo volcánico del Mioceno Medio o Superior, Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 368-372.
- 983 STANZIONE, D., Barbieri, M., Godoy, E., Haller, M., Ghiara, M. y Trudu, C., 1991. Geoquímica del Estroncio y de tierras raras en el Batolito Patagónico (43°-46°S). Actas 6° Congr. Geol. Chileno. 679-683.
- 984 SYLVESTER, H. y Palacios, C. M. 1991. Transpressional structures in the Andes between the Atacama fault zone and the West Fissure System at 27°S. Chile. Zentralblatt für Geologie und Palaont., 6, 1645-1658.
- 985 VALENZUELA, L. y Varela, J., 1991. El Alfalfal rock fall and debris flow in Chilean Andean Mountains. IX Congr. Panamericano de Mecánica de Suelo e Ingeniería de Fundaciones, Viña del Mar, Chile. 357.373.
- 986 VARELA, J., 1991. Geología del Cuaternario de la Depresión Central de Chile en la zona de la Cuenca de Santiago, Región Metropolitana. Actas 6° Congr. Geol. Chileno. 593-596.

## AÑO 1992

- 987 VARELA, J., Leal, J., 1991. Estudios geológicos del área Salada-Oro (Provincia de Ovalle, IV Región) en relación al estudio de crecidas extremas holocénicas. X Congr. Nac. de Ingeniería Hidráulica, 363-377.
- 988 VENEGAS, R., Munizaga, F., Tassinari, C., 1991. Los yacimientos de Cu-Ag del Distrito de Carolina de Michilla, Región de Antofagasta, Chile; nuevos antecedentes geocronológicos. Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 452-455.
- 989 VERGARA, M., López, L., Cancino, A. y Levi, B., 1991. The Pichidangui Formation: some geochemical characteristics and tectonic implications of the Triassic marine volcanism in Central Chile (31°-55'-32°20'S). Geol. Soc. Am. Special Paper, 265, 93-98.
- 990 VERGARA, M., Levi, B. y Villarroel, R., 1991. Regional and Geothermal field type alteration of zeolite facies in the Andes of Central Chile Int. Symp. Low Temperature Metamorphic Processes in contrasting geodynamic setting, IGCP 294. Auckland, New Zealand. Abstract, 54.
- 991 VIVALLO, W., Henríquez, F. y Espinoza, S., 1991. Alteración hidrotermal en el complejo volcánico El Laco, Norte de Chile. Actas 6° Congr. Geol. Chileno, 44-47.
- 992 CEMBRANO, P., J., 1992. The liquiñe-Ofqui fault (LOFZ) in the Province of Palena: Microstructural evidence of a ductile-Grittle dextral shear zone. Comunicaciones, 43, 3-27.
- 993 PALACIOS, C.M. y Lahsen A., 1992. Geología y Mineralización en el distrito argentífero Chimbero, Atacama, Chile. Comunicaciones, 43, 28-35.
- 994 REBOLLEDO, L.S., 1992. Durability of Sandstones. Comunicaciones, 43, 36-48.
- 995 PALACIOS, C.M. y Lahsen, A., 1992. Mineralización de Cu-Mo-Au en chimeneas de brechas en la franja Inca de Oro, Atacama, Chile. Comunicaciones, 43, 49-56.
- 996 TOWNLEY, C., B., 1992. Evolution and zoning of Au/Ag mineralization in the Can Can epithermal system, Maricunga belt: Fluid inclusion evidence. Comunicaciones, 43, 57-71.
- 997 SYLVESTER, H., 1992. Indicaciones de neotectonismo en la región al Sur de Inca de Oro, III Región, Chile. Comunicaciones, 43, 72,76.
- 998 VALENZUELA, E., 1992. Desplazamientos tectónicos y eustáticos de la costa central de Chile durante el Neógeno. Comunicaciones, 43, 77-88.

c/Puentenueva s/n, 18002. Granada,  
España.

Fono: 34 58 293114 - Fax: 34 58 243368.



