

**GEOLOGIA DE LA VETA MULA MUERTA, YACIMIENTO EL INDIO, CHILE****Aquiles González Arenas**

El yacimiento El Indio ubicado en la región de Coquimbo constituye uno de los mayores hallazgos geológicos de las últimas décadas. Consiste en un complejo de vetas con mineralización de oro, plata y cobre. Entre las vetas de mayor productividad se encuentra la veta Mula Muerta, estructura de sulfuros macizos, con una mineralogía de enargita, pirita, tenantita y oro nativo, calcopirita, marcasita, bornita en cantidades menores. Las mayores concentraciones de oro aparecen en vetillas de cuarzo, principalmente en la parte central y yacente de la veta.

Las rocas de caja corresponden a tobas fluidales, en parte soldadas, brechas dacíticas y andesitas pertenecientes a las Formación Doña Ana de edad miocena. La alteración de estas rocas, en la parte central del yacimiento, es zonada en bandas subparalelas. Se determinó aquí una zona de alteración argílica avanzada (cuarzo-alunita-caolinita) próxima a la veta que grada a alteración sílico-argílica avanzada (cuarzo-sericita-pirofilita-diásporo). Externamente se reconoce una zona amplia de alteración propilítica (clorita-epidota-montmorillonita-calcita).

Las estructuras post-mineralización, correspondientes a tres sistemas de fallas, producen en la veta desplazamientos locales y constituyen los límites de la mineralización económica.

Los contenidos de oro, plata y cobre son espectaculares y se encuentran distribuidos en clavos ("oro shoots") irregulares dentro de la veta. Las razones de Au y Ag se incrementan en profundidad.

Depósitos de sulfuros macizos con alto contenido de enargita, similares a la veta Mula Muerta, con alteración argílica avanzada, desarrollada en rocas volcánicas, frecuentemente se ubican sobre o a lo largo de sistemas de pórfidos cupríferos. La enargita proporciona una valiosa pista en la explotación de ellos.

# GEOLOGIA, ALTERACION, MINERALIZACION Y CARACTERIZACION QUIMICA DE LA VETA INDIO SUR 3500, YACIMIENTO EL INDIO, IV REGION, COQUIMBO, CHILE

Raymond Jannas Runco

El Yacimiento El Indio, ubicado en la Cordillera de Los Andes, de la Cuarta Región, está conformado por una serie de vetas macizas de sulfuros y de cuarzo - oro, emplazadas en rocas volcánicas terciarias de composición intermedia a ácida. La estructura vetiforme aurífera más espectacular desde un punto de vista económico y mineralógico, corresponde a la veta Indio Sur 3500. Esta veta tiene una corrida máxima de 230 metros y un ancho medio de 4 metros. Su rumbo es noreste, con un manteo que varía entre 60° y 85° NW.

La roca huésped corresponde a tobas dacíticas de lapilli piritizadas, afectadas por una alteración argílica avanzada caracterizada por cuarzo, sericita, pirofilita, caolinita y diásporo.

Los minerales que caracterizan a esta veta, las estructuras y texturas que se observan en ella, indican que ocurrieron cuatro etapas principales de depositación. Las tres primeras son de carácter hipógeno:

- 1) Etapa Pirita - Enargita (alteración solfatárica?)
- 2) Etapa Complejo de Sulfuros (tenantita, calcopirita, blenda, galena y estromeyerita; alteración argílica inicial)
- 3) Etapa Cuarzo - Oro (oro nativo, telurios de oro y plata, telurio y pirita; alteración argílica avanzada).

Esta sucesión de episodios mineralizantes, presenta asociaciones mineralógicas que evidencian un aumento gradual del pH de las soluciones hidrotermales. Una etapa póstuma, representada por la presencia de oro cuprífero, emmonsita, beudantita y osarizawaita indica un proceso secundario de depositación de oro.

La distribución de elementos observados en esta estructura coincide plenamente con la compleja mineralogía y sus distintas etapas de depositación.

Se reconocen tres clavos de alta ley de oro controlados estructuralmente, con una extensión vertical total de 300 metros, lo cual distingue a esta veta de las otras estructuras tipo "bonanza" en yacimientos similares en el mundo.

El análisis de inclusiones fluídas señala que esta veta se encontró 160 metros bajo la superficie original.

# PROSPECCION Y EVALUACION DE YACIMIENTOS DE CAOLIN, CUARZO Y CALIZA EN EL SECTOR DE TILTIL, REGION METROPOLITANA

Enrique González Hewitt

En el área de estudio, ubicada a 7 km. al E de la localidad de Tilttil y a 65 km al N de la ciudad de Santiago, afloran dos unidades estratificadas de composición volcánica y sedimentaria, un cuerpo intrusivo de composición principalmente diorítica y depósitos no consolidados, fluviales y aluviales.

La unidad estratificada inferior corresponde a la formación Las Chilcas, del Cretácico Superior y comprende de abajo hacia arriba estratigráficamente, andesitas porfíricas con lavas brechosas, brechas volcánicas, andesitas porfíricas, conglomerados volcánicos, andesitas afanítica y brechas volcánicas con andesitas porfíricas. La unidad estratificada superior, denominada informalmente Secuencia de Tilttil en este estudio, está constituida, de abajo hacia arriba estratigráficamente, por areniscas y lutitas amarillas y calizas con intercalaciones de chert.

La formación Las Chilcas tiene una disposición de N10W a N30W y los manteos varían de 40° a 60° al E e infrayace en discordancia angular y de erosión a la Secuencia de Tilttil, de rumbo EW y manteos entre 10° y 20° al S. Los chert basales de los estratos de calizas de la Secuencia de Tilttil, contienen diatomeas del género *Surirella*, de edad miocena media a más joven.

Las rocas intrusivas de composición principalmente diorítica forman parte del Batolito Central, asignado fundamentalmente al Cretácico Superior y los sedimentos fluviales y aluviales pertenecen al Cuaternario.

Las rocas estratificadas y las intrusivas se encuentran afectadas por fallas normales y diaclasas, de direcciones preferenciales NS, NE y NW.

La intrusión del batolito diorítico ha originado tanto rocas metamórficas como zonas de alteración hidrotermal, argílica y silíceas. La alteración argílica afecta con diferente intensidad a las andesitas porfíricas con lavas brechosas y a la diorita, desarrollándose alteración argílica intermedia, caracterizada por la presencia de muscovita, caolinita y cuarzo y alteración argílica avanzada, caracterizada por pirofilita, caolinita, muscovita, cuarzo y jarosita.

Los fenómenos de alteración argílica, han dado origen a la mineralización de caolín del área, con una ley entre 170/o y 260/o de  $Al_2O_3$  al natural. El caolín es explotado actualmente en cuatro minas a rajo abierto y utilizado como materia prima para la fabricación de ladrillos refractarios y cerámica blanca, como carga en pinturas, gomas y plásticos y como ligante

en moldes de fundición.

La alteración silíceá afecta a andesitas porfíricas con lavas brechosas y da origen a la mineralización de cuarzo, con una ley entre 920/o y 980/o de SiO<sub>2</sub>. En la actualidad el cuarzo es explotado en una sola mina a rajo abierto y utilizado como fundente en convertidores, en la metalurgia del cobre.

Existen además, depósitos de calizas, no explotados, con una ley de 480/o de CaCO<sub>3</sub> en común y de 870/o de CaCO<sub>3</sub> en muestras escogidas. De acuerdo a esta última propiedad química, algunos mantos calcáreos serían utilizables en la elaboración de cal hidráulica, cal de flotación, cemento portland y enmienda calcárea y como carga industrial.

Considerando las propiedades químicas y físicas de estos recursos, su amplia distribución y su ubicación con respecto a la ciudad de Santiago, principal centro de consumo regional, el área estudiada constituye una importante fuente de recursos no metálicos para las actividades productivas anteriormente señaladas.

Profesor Guía: Sr. Aníbal Gajardo

09.07.87

## **ELEMENTOS TRAZAS EN SULFUROS HIPOGENOS DEL YACIMIENTO EL TENIENTE**

**Karim Thiele Salvadores**

El Yacimiento El Teniente es un depósito tipo pórfido cuprífero, en el cual se han definido cinco eventos de alteración y mineralización denominados tardimagmático, hidrotermal principal, hidrotermal tardío, póstumo y supérgeno.

En este estudio, se analizaron por elementos trazas, muestras de molibdenita, pirita, calcopirita, bornita y cobre gris, correspondientes a las tres primeras etapas de alteración y mineralización hipógena.

La cuantificación de elementos en traza se realizó mediante la técnica de fluorescencia de Rayos X y fue posible debido a la fabricación de

patrones adecuados. Se utilizaron, además, las técnicas de activación neutrónica y absorción atómica cuando los resultados para un mismo elemento fueron semejantes, y se evaluaron ambos métodos.

Los resultados obtenidos permitieron establecer que la distribución de elementos trazas, en los sulfuros estudiados, no es sistemática. Así, el cobalto y el níquel se concentran en piritas de alta temperatura; el cromo y el manganeso se presentan en los sulfuros en concentraciones bajas y semejantes; la plata se concentra en sentido inverso al orden normal de cristalización de los sulfuros estudiados; el selenio se concentra en las muestras de bornita y de molibdenita; el zinc es abundante en sulfuros y sulfosales de las etapas hidrotermal tardía y principal y el molibdeno presenta una distribución errática.

La caracterización cuantitativa de los elementos trazas permitió realizar una interpretación genética somera de los minerales estudiados y su probable utilidad económica.

Finalmente, fue posible establecer, en base a la coexistencia de cobalto en las piritas y calcopiritas, las probables temperaturas a las que ocurrieron las etapas tardimagmática, hidrotermal principal e hidrotermal tardía. Estas temperaturas son  $618^{\circ} \pm 77^{\circ}\text{C}$ ,  $518^{\circ} \pm 65^{\circ}\text{C}$  y  $405^{\circ} \pm 51^{\circ}\text{C}$ , respectivamente.

Profesor Guía: Sr. Leopoldo López

07.07.87

## **ESTUDIO DE PALEOAMBIENTES JURASICOS Y SU POTENCIALIDAD COMO GENERADORES DE HIDROCARBUROS EN LA CORDILLERA DE DOMEYKO ( $25^{\circ}15'$ - $26^{\circ}45'$ LAT.S)**

**Julieta Sepúlveda Garese**

En la Cordillera de Domeyko, entre las regiones de Antofagasta y Atacama, se estudió la estratigrafía, con énfasis en microfacies, de algunas secuencias sedimentarias jurásicas, que se habrían depositado en una cuenca trasarco de orientación norte-sur.

La evolución paleogeográfica de esta cuenca, denota dos ciclos principales:

- 1) Desde el Lías inferior al Bajociano-Bathoniano?, de mayor profundidad y subsidencia y
- 2) Desde el Caloviano al Oxfordiano, de menor profundidad.

Las microfacies de tipo biomicritas y extramicritas finas definirían los ambientes más apropiados para la generación de hidrocarburos (medios Infralitoral Inferior, Circalitoral y Batial); su mejor desarrollo se habría situado durante el Pliensbachiano al Bajociano.

El tratamiento geoestadístico, tanto de secuencias sedimentarias como de microfacies, corroboró y amplió la información obtenida del estudio estratigráfico clásico.

La caracterización geoquímica de algunas muestras de horizontes favorables para la generación de hidrocarburos indica: 1) Riqueza orgánica buena a excelente en la totalidad de las muestras analizadas. 2) Valores en general bajos de potencial de generación de hidrocarburos. 3) Buen potencial de Roca Madre en algunos horizontes del área de Pedernales. 4) Buena calidad y madurez de la materia orgánica existente en esa área.

En el sector estudiado, la zona con mayor potencial de generación de hidrocarburos se desarrollaría desde Pedernales al norte, donde la cuenca trasarco jurásica presentaría las mejores condiciones de sedimentación, aporte orgánico y características químicas favorables.

Profesor Guía: Sr. John Davidson

30.07.87

## GEOLOGIA Y PETROLOGIA DE ISLA TERESA, ARCHIPIELAGO DE LOS CHONOS, AYSÉN. LA CRISTALINIDAD DE LA ILLITA COMO INDICADOR DE GRADO METAMORFICO

Iván Garrido de la Barra

Isla Teresa se ubica en la parte central del Archipiélago de los Chonos, en la región insular de Aysén. Está constituida principalmente por metamorfitas de bajo grado intruidas, en algunos islotes aledaños, por rocas graníticas de edad jurásico - terciario.

En las metamorfitas se distinguen tres unidades litodémicas dispuestas en fajas meridianas: (a) Metasedimentitas del Estero Lampazo (MEL), al oriente, compuesta por una alternancia plegada de pizarra y metarenisca

con intercalaciones de metachert y metabasitas y por franjas de mélanges de estas mismas rocas. (b) Filitas Bandeadas de Canal Ciriaco (FBCC), al occidente, una serie monótona de filitas con bandas cuarcíticas de origen tectónico - metamórfico y (c) Mélange de Isla Teresa (MIT), en el sector central constituida por fragmentos de metarenisca y cuarcita inmersos en una matriz filítica.

La estructura del área se caracteriza, al oriente, por pliegues (b1) que afectan la estratificación (So), un clivaje de plano axial (S1) y franjas de mélanges paralelas a los flancos de los pliegues b1. Una segunda deformación origina un microplegamiento (b2) acompañado de un clivaje de crenulación (S2), cuya penetratividad aumenta progresivamente hacia el oeste originando un bandeamiento textural y composicional en las rocas expuestas al occidente.

El estudio de cristalinidad relativa (CR) en illitas pertenecientes a las metamorfitas del área, indica que el grado metamórfico aumenta gradualmente de oriente a occidente. En las MEL, los valores de CR corresponden al campo anchimetamórfico sugiriendo una temperatura mayor que 200°C y menor que 350°C. En FBCC y MIT los valores de CR caen en el límite anchi-epimetamorfismo, indicando una temperatura mayor o igual a 350°C y menor que 400°C.

La depositación del protolito de las metamorfitas, habría ocurrido entre el talud continental y fosa oceánica de un margen continental. Este ambiente, unido al estilo de deformación de las rocas y a las características de su metamorfismo, sugieren que éstas formaron parte de un prisma de acreción. La construcción progresiva del prisma y el anchimetamorfismo asociado habría ocurrido durante el Paleozoico Superior. Dataciones Rb-Sr y K-Ar indican que el anchi-epimetamorfismo asociado a la deformación D2 habría ocurrido durante el Jurásico Medio, siendo el responsable de las diferencias litológicas actuales.

Profesor Guía: Sr. Francisco Hervé

29.07.87

## **GEOLOGIA Y PETROGENESIS DE LAS ROCAS PLUTONICAS DEL BATOLITO DE LA COSTA ENTRE ALGARROBO Y ROCAS DE SANTO DOMINGO (CHILE CENTRAL, 33°30'S), REGION DE VALPARAISO**

**Armando Siña Gardner**

En el sector costero comprendido entre Algarrobo y Rocas de Santo

Domingo afloran rocas graníticas, ortogneisses y ortoanfibolitas de protolito plutónico. Las rocas graníticas pertenecen al Batolito de la Costa de edad paleozoica superior, y comprenden principalmente tonalitas con inclusiones ígneas máficas y granitoides más félsicos con frecuentes megacristales de microclina. Todos estos granitoides presentan una moderada foliación, manifestada principalmente en las tonalitas por una orientación de las inclusiones máficas, la que se interpreta como resultado de una deformación sinplutónica; en cambio, la gneissosidad que caracteriza y define a las rocas metamórficas, es producto de una deformación posterior.

Los distintos tipos de granitoides muestran relaciones de terreno que parecen ser producto de interacciones entre magmas contemporáneos. Las inclusiones máficas corresponden a meladoritas, dioritas y dioritas cuarcíferas de hornblenda y biotita, con índice de color variable, denotando diversos grados de hibridación con las tonalitas albergantes. En los granitoides más félsicos, las texturas de los megacristales de microclina, evidencian que éstos se desarrollaron a través de un reemplazo de plagioclasa previamente cristalizada.

La geoquímica de roca total indica que las inclusiones de mayor índice de color tienen composición basáltica, mientras que las más félsicas y difusas son similares a las tonalitas. Los diagramas de variación de óxidos y de elementos trazas para las inclusiones y los granitoides con menos de 70% de  $\text{SiO}_2$  muestran tendencias cercanamente lineales, coherentes con un modelo de mezcla simple entre dos miembros extremos. En el caso de Rocas de Santo Domingo, los granitoides más félsicos conforman tendencias independientes que intersectan a las tendencias lineales y que pueden ser interpretadas como una diferenciación propia del miembro extremo ácido de la mezcla. Por su parte, los granitoides más ácidos del sector El Tabo-Algarrobo presentan cantidades variables de K, Ba y Rb, inherentes a la irregularidad con que se presentan en ellos los megacristales de microclina.

Un modelo consistente con la información geológica y geoquímica disponible, es aquel que considera a las tonalitas con inclusiones máficas como el resultado de una hibridación incompleta entre magmas básicos, representados por las inclusiones, y magmas silíceos relacionados con los granitoides más félsicos. Los volúmenes de magmas ácidos no contaminados por magma basáltico, evolucionaron independientemente a través de fraccionamiento líquido-cristales + /- microclinización tardimagmática, generándose así las variaciones composicionales observadas en los granitoides más félsicos.



## ESTUDIO DE INCLUSIONES FLUIDAS EN VETILLAS DE LA ETAPA HIDROTHERMAL TEMPRANA Y PRINCIPAL DEL SECTOR NOR-OESTE DEL YACIMIENTO EL TENIENTE

Lan Yen Ip Zagal

Las vetillas de la etapa hidrotermal temprana del sector nor-oeste del yacimiento El Teniente presentan variaciones en su mineralogía, distribución y espesor, lo que permite diferenciarlas en 5 tipos (VA, VB, VC, VD, VE). Todas ellas carecen de halo de alteración, lo que se debería a que la circulación de los fluidos hidrotermales fue a través de una roca de caja fría, produciéndose la depositación rápida de los minerales en las fracturas.

Las inclusiones fluidas analizadas en estas vetillas son de tipo multifásico (líquido + vapor + sólido) y bifásico (líquido + vapor). Las primeras contienen halita y son altamente salinas (34-37% de NaCl en peso equivalente); las segundas en cambio, sin cristales hijos de halita, tienen baja salinidad (1-5% de NaCl en peso equivalente).

El estudio microtermométrico indica que los fluidos hidrotermales atrapados en ésta etapa presentan temperaturas de homogenización entre 330-410°C. Estos valores de temperatura y la presencia de fluidos de baja salinidad se explicarían suponiendo la incorporación de fluidos de origen meteórico al sistema.

Las vetillas de la etapa hidrotermal principal del sector nor-oeste del yacimiento El Teniente se caracterizan por presentar halos de alteración. Estos se habrían formado por la reacción de los fluidos hidrotermales con la roca de caja, recalentada. En base a sus asociaciones mineralógicas y texturales, se han distinguido cinco tipos de vetillas (A1, B1, C1, D1, E1) y cuatro tipos de halos de alteración (cuarzo-serítico, moteado, clorítico, bandeado).

Las inclusiones fluidas observadas en estas vetillas son principalmente de tipo bifásico (líquido + vapor) y, en su mayoría son de baja salinidad (1-5% de NaCl en peso equivalente); sólo ocasionalmente se observan inclusiones fluidas de tipo multifásico y en las cuales los sólidos comúnmente corresponden a opacos.

El estudio microtermométrico revela temperaturas de homogenización entre 290-380°C, lo que junto con la baja salinidad de las inclusiones fluidas indicaría una mayor participación de fluidos de origen meteórico en el sistema, con respecto a los fluidos que actuaron en la etapa hidrotermal temprana.

La coexistencia de inclusiones fluidas ricas y pobres en vapor en vetillas tanto de la etapa hidrotermal temprana como de la etapa hidrotermal

principal, revela que los fluidos hidrotermales estuvieron en ebullición permanente bajo una presión estimada de 160 bar.

El proceso de alteración y mineralización en el sector nor-oeste del yacimiento estuvo caracterizado por un sistema de convección de los fluidos hidrotermales, el cual persistió durante la cristalización y enfriamiento de una intrusión ígnea epizonal (pórfido dacítico). Esta intrusión, que se emplazó en rocas volcánicas altamente fracturadas de la Formación Farellones, aportó fluidos magmáticos mineralizados ascendentes que se mezclaron con fluidos meteóricos fríos descendentes.

La participación de los fluidos magmáticos involucrados en este sistema hidrotermal sería menos importante que la de los fluidos meteóricos.

Prof. Guía: Sr. Francisco Hervé

13.10.87

## **GEOLOGIA Y ANALISIS ESTRUCTURAL DEL BASAMENTO METAMORFICO DEL AREA PUNTA CLADITAS; REGION DE COQUIMBO, CHILE**

**Sofía Rebolledo Lemus**

El estudio geológico y estructural del sector de Bahía Claditas, IV Región, permitió reconocer un complejo metamórfico y secuencias sedimentarias paleozoicas y triásicas. El Complejo Metamórfico del Choapa (CMCh) agrupa a: a) Esquistos Grises de Punta Claditas que son cuarzo micáceos y contienen porfiroblastos de albita. Su foliación S3, determinada por la orientación de minerales micáceos, bandas y lentes de cuarzo y charnelas isoclinales B1 y B2, forma los flancos de pliegues isoclinales macroscópicos B4. Esta deformación desarrolló una foliación S4 de crenulación y pliegues chevrón B4\*; b) Esquistos Verdes, con una foliación principal S1 determinada por el crecimiento syntectónico de anfíbola, zoicita, clorita y, en menor proporción, albita y cuarzo. Se reconoció, además, una foliación S2 de plano axial de mesopliegues. S1 se habría generado durante el mismo evento que desarrolló S4 en los esquistos grises y filitas. Este evento fue datado en  $359 \pm 36$  Ma.; c) Esquistos Grises de La Gruta, esquistos cuarzo-muscovíticos y de grano medio. Su esquistosidad principal S3, de crenulación, transpone a una laminación metamórfica S2 y forma pliegues chevrón B4 localmente desarraigados. Se reconoció, además, un clivaje de crenulación S5; d) Filitas de Quebrada El Poleo que son de grano fino y compo-

sición similar a los Esquistos de La Gruta. La foliación principal S3, de crenulación, corresponde a un clivaje muy plano y regular, con desarrollo de muscovita. S3 forma pliegues similares B4 sin desarrollo de foliación de plano axial y e) Unidad Metasedimentaria que corresponde a una secuencia rítmica turbidítica, proximal a media que presenta evidencias de 3 deformaciones. S1 está asociado, en algunos lugares, a un metamorfismo de bajo grado que desarrolló pliegues isoclinales. La segunda deformación generó pliegues chevrón de hasta 1m de longitud de onda. Localmente pasa a una formación tectónicamente desmembrada en el sentido de Raymond (1984). Consideraciones petrográficas y estructurales, permiten sugerir que S1 de esta unidad fue originado por el mismo evento que generó S3 en los esquistos grises y filitas del Complejo Metamórfico. La cuarta deformación de los esquistos grises y filitas corresponde al segundo evento de la Unidad Metasedimentaria y al evento principal de los Esquistos Verdes, datado en  $359 \pm 36$  Ma., (Devónico Medio).

Las rocas metamórficas fueron afectadas por procesos sucesivos de metamorfismo regional con gradientes P/T bajos a medios que alcanzaron condiciones de facies de esquistos verdes. Cristales de granate cloritizados en los Esquistos de Punta Claditas indicarían un metamorfismo retrógrado asociado a los últimos eventos deformativos. El protolito más probable para los esquistos y filitas grises serían grauwacas y/o arcosas, probablemente similares a las rocas de la Unidad Metasedimentaria. El de los Esquistos Verdes serían basaltos oceánicos.

Las secuencias sedimentarias paleozoicas son: a) Brechas de Punta Tomás, depósito que se interpreta como syntectónico, ligeramente posterior a la disrupción de la Unidad Metasedimentaria y su edad tentativa devónica media; b) Formación Puerto Manso, devónica y/o carbonífera, compuesta por una alternancia de areniscas y pelitas, plegada según pliegues amplios y suaves B1 a los que se sobreimpone una segunda deformación que onduló los planos axiales S1'; c) Formación Huentelauquén, carbonífera a pérmica, predominantemente pelítica, con intercalaciones arenosas y calcáreas, presenta un marcado clivaje de pizarra S1. Franjas de rocas cataclásticas que cortan a las unidades paleozoicas, en algunos casos separando rocas de la misma unidad y, en otros, unidades diferentes. Se interpretan como zonas de cizalle de un margen convergente con subducción.

Las asociaciones petrotectónicas paleozoicas son similares a las de otros prismas de acreción descritas en la literatura. Se concluye que formaron parte de un prisma de acreción, desarrollado en el borde occidental de Gondwana.

# GRAVIMETRIA DEL AREA DE PRESA DEL RIO MELADO, CENTRAL PEHUENCHE, VII REGION, Y SU INTERPRETACION GEOLOGICA

Alfredo García Riccomini

El estudio realizado en esta memoria consistió en el levantamiento gravimétrico del área donde se construirá la presa del río Melado y sus zonas adyacentes, conjuntamente con el levantamiento geológico de superficie y subsuperficie de dicha zona, para tratar por esos medios de localizar la forma y profundidad del basamento rocoso bajo la cubierta sedimentaria, información fundamental para la construcción del embalse de la Central Hidroeléctrica Pehuenche. Para este estudio se procedió a implementar programas computacionales para el tratamiento de los datos gravimétricos, así como el cálculo adecuado de los parámetros físicos (densidad, porosidad y permeabilidad) de las rocas y sedimentos presentes en el área. Los resultados obtenidos son los siguientes:

El estudio sedimentológico y los sondajes han permitido establecer que la densidad promedio del relleno sedimentario es de 2,1 a 2,3 (gr/cc). La correlación entre la gravimetría y los sondajes permiten establecer que casi el 90% del área estudiada presenta valores de densidad más bien cercanos a 2,1 (gr/cc).

El estudio gravimétrico y los sondajes han permitido establecer la presencia de un canal subterráneo en el basamento rocoso que comienza cerca del eje de presa y continua aguas arriba. Este canalón alcanza una cota de profundidad máxima de 440m s.n.m., la cual corresponde a una profundidad de 120 a 130 m desde el nivel medio del río. Hacia el norte éstas profundidades disminuyen a 70 y 80 m y hacia el sur tiende a suavizar sus laderas. En algunos sectores al norte del eje de presa, dicho canalón se bifurca en dos.

Entre 50 a 100 m al sur del eje de presa se observa la presencia de un cuerpo rocoso sepultado de grandes dimensiones. Dicho bloque ejerce una anomalía gravimétrica adicional cuyo efecto es restado a la anomalía de Bouguer, para así poder calcular correctamente la profundidad del basamento. Existe la posibilidad, a partir de la geología de superficie, de la presencia de otros cuerpos enterrados a lo largo del lecho del río, los cuales sin una malla fina de sondajes es imposible de localizar.

Se supone que muchas anomalías gravimétricas, producto de accidentes topográficos en el basamento, estarían ligadas a procesos de tectónica local y al contacto entre el Batolito Melado y la Formación Abanico.

En este estudio se implementó un método computacional para calcular la corrección topográfica. Este método consiste en modelar por medio

de prismas la topografía existente y calcular así el efecto gravimétrico de cada prisma. Su aplicación en zonas de abrupta topografía ha entregado resultados más satisfactorios que los correspondientes al método de Hammer.

Los resultados dados por el método gravimétrico y por sondajes son concordantes en cuanto a forma. Sin embargo, la concordancia de la profundidad dependió de la densidad de los materiales, encontrándose que el valor de  $\rho_s = 2,1$  (gr/cc) fue el que dió resultados más cercanos a los dados por sondajes, con diferencias entre uno y otro método que en promedio no sobrepasan los 15 m.

Se puede resumir que para la satisfactoria solución de problemas geológicos a través de gravimetría en zonas de abrupta topografía se debe tener un buen conocimiento de las densidades de las rocas involucradas, un acucioso cálculo de la corrección topográfica y una malla de sondajes planificados geológicamente, con el fin de optimizar los resultados.

Profesor Guía: Sr. Manuel Araneda

05.11.87

## **GEOLOGIA Y GENESIS DEL MANTO DE CINCO ROSILLO, BASAMENTO METAMORFICO DE AYSÉN, LAGO GENERAL CARRERA, XI REGION, CHILE**

**Regina Toloza Herrera**

En rocas del Basamento Metamórfico de Aysén (Paleozoico superior), en la ribera norte del Lago General Carrera, a 72°24' long. W y 46°34' lat. S, se ha reconocido un cuerpo mantiforme de blenda y pirita maciza que se denomina Manto Rosillo.

El Manto Rosillo se encuentra afectado por sistemas de fallas NW y NE que lo brechizan y desplazan. Por lo general se emplaza en el contacto entre filitas negras y mármoles presentándose curvado. Su espesor medio es de 2 m.

El manto está constituido por las siguientes especies mineralógicas; mena: blenda, pirita, digenita, freibergita; ganga: cuarzo y calcita.

Además se ha reconocido en áreas adyacentes al yacimiento, unidades granitoides tipo stock (Jurásico superior-Cretácico inferior), rocas volcánicas (Jurásico superior), filones porfídicos y depósitos no consolidados.

El origen del Manto Rosillo es aún incierto, si bien existen ciertas características que indicarían una probable depositación volcánica exhalativa en un ambiente submarino, también hay otras que inducirían a pensar en una depositación hidrotermal vinculada a una actividad plutónica. Faltan argumentos que prueben estos orígenes.

Profesores Guías: Srs. Federico Peebles y Francisco Hervé 18.11.87.

## GEOLOGIA DEL CUADRANGULO TERMAS DEL FLACO, PROVINCIA DE COLCHAGUA, VI REGION, CHILE

Rodrigo Arcos Rojas

El área estudiada se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera Principal, al este de la ciudad de San Fernando, entre  $34^{\circ} 45'$  y  $35^{\circ}$  L.S. y entre el límite con Argentina y los  $70^{\circ} 30'$  L.W.

El registro geológico abarca desde el Kimmeridgiano al Reciente y consta de las siguientes unidades, de más antigua a más joven:

- Formación Río Damas (Kimmeridgiano): 5000 a 5200 m de depósitos clásticos gruesos, continentales con niveles de piro y epiclastitas acumulados al oriente de un cordón volcánico activo, de carácter intermedio. Estos depósitos corresponden a abanicos aluviales coalescentes relacionados con sistemas de ríos trezados.
- Formación Baños del Flaco (Titoniano - Berriasiano (?)): 390 m de calcarenitas y calcilutitas con areniscas y conglomerados subordinados y abundantes fósiles marinos en su parte inferior. El análisis de microfacies permitió reconocer 8 zonas de facies (WILSON, 1975) dentro de una plataforma calcárea. Esta plataforma, también según el modelo de WILSON (1975), tendría un perfil costero del tipo I: "Acumulación de barro calcáreo pendiente abajo". La distribución de estas zonas de facies en los 6 miembros diferenciados permite indicar: el inicio de la transgresión en el Titoniano Inferior (Miembro 1); progresiva profundización, pasando por una zona de acumulación orgánica hasta llegar al nivel mas profundo, bajo el nivel de oxigenación en el lapso Titoniano Medio a Superior (Miembro 2 a parte inferior Miembro 5); finalmente, el inicio de la regresión y su progresivo desarrollo, en el Titoniano Superior - Berriasiano (parte superior Miembro 5 y el Miembro 6).

- Formación Colimapu (Neocomiano (?) - Aptiano - Albiano); secuencia de unos 2170 m constituida por un miembro inferior de areniscas y conglomerados rojos, un miembro de andesitas porfíricas y tobas y un miembro superior de areniscas, conglomerados y brechas conglomerádicas gris verde. El área de aporte de estos depósitos habría correspondido también a un cordón volcánico activo, cuyos detritos se habrían acumulado en un área de llanuras intermareales, tal vez en zonas distales de abanicos aluviales y/o sectores fluviales lacustres.
- Formación Coya-Machalí (Oligoceno-Mioceno): secuencia esencialmente volcánica de unos 1 100-1 700 m, constituida por diversas variedades de tobas y brechas volcánicas con algunas andesitas porfíricas intercaladas. Estas rocas son el producto de una intensa y prolongada actividad volcánica.
- Volcanismo Andino Joven (Pleistoceno-Holoceno): ésta unidad tiene una amplia extensión y está constituida por los conos volcánicos, lavas y depósitos de piroclásticos, asociados al Grupo Volcánico Tinguiririca y a los cerros Altos del Padre y Sordo Lucas. Se reconocieron dos unidades sin erosión glacial y asignables al Holoceno: el flujo piroclástico del Potrero de la Loma y los conos actuales de los volcanes Tinguiririca y Fray Carlos. Otras ocho secuencias volcánicas junto con las de los cerros Altos del Padre y Sordo Lucas se han agrupado en base a estratigrafía relativa y absoluta en unidades "Antiguas", "Intermedias" y "Reciente", que abarcan desde la parte alta del Pleistoceno Inferior a la parte alta del Pleistoceno Superior. El volcanismo es de carácter calcoalcalino. Pertenece fundamentalmente a la serie calcoalcalina rica en Potasio. Los tipos litológicos predominantes son: andesitas y dacitas con piroxeno como máfico principal y olivino subordinado. No existe Hornblenda y la fase más abundante es la plagioclasa. La ausencia de hornblenda permite incluir a esta área en la zona de transición hacia la Provincia II como es considerado el sector entre 36°-37°. El amplio rango en el contenido de sílice y de razones K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O no permiten deducir un control de la composición química que sea una función de la latitud.
- Depósitos no consolidados: los principales depósitos reconocidos en el área son de carácter fluvial, lacustre, morrénico y gravitacional. En la parte N-NE del área los cuerpos plutónicos abarcan una superficie de unos 50 Km<sup>2</sup> y comprenden los plutones granodioríticos de la sierra San Hilario y del cajón de Pincheira. Dataciones efectuadas más al norte en el batolito Universidad, indican edades del Mioceno. Los intrusivos hipabisales corresponden a filones manto, diques y pequeños stocks, en general, con un alto grado de alteración. Principalmente, corresponden a pórfidos andesíticos y dacitas con piroxeno y biotita subordinada.

Este estudio ha permitido diferenciar tres unidades tectónicas superpuestas, que se corresponden con las unidades estratigráficas separadas por discordancias y de más joven a más antiguo son:

- I Volcanismo Andino Joven y Depósitos No Consolidados.
- II Formación Coya-Machalí, y
- III Formaciones Río Damas, Baños del Flaco y Colimapu.

En el área estudiada no existe actividad en minería metálica. Los principales recursos no metálicos son carbonato y azufre. Se describen, además, cinco zonas de alteración hidrotermal, aunque ninguna presenta una mineralización significativa.

Profesor Guía: Sr. Reynaldo Charrier

30.12.87

## **GEOLOGIA DE LOS SECTORES SUR-SUR Y DON LUIS DEL YACIMIENTO RIO BLANCO. DIVISION ANDINA. CODELCO CHILE**

**Cristian Sprohnlé McKenzie**

En el yacimiento cuprífero Río Blanco, ubicado en la Alta Cordillera de Chile Central, se estudió un complejo de brechas que aparece en el extremo sur del yacimiento en los sectores Sur-Sur y Don Luis. Dichas brechas están implantadas en el pórfido cuprífero Río Blanco-Los Bronces.

En este complejo se reconocieron cinco variedades de brechas, de edad Plioceno Inferior, que en orden cronológico son las siguientes: Brecha de Turmalina, Brecha Monolito, Chimenea Subvolcánica Central (Brecha de Polvo de Roca y Brecha de Polvo de roca y clorita) y Filones de Brecha de Turmalina.

La Brecha de Turmalina, cuyos clastos están principalmente cloritizados, presenta en planta una forma elongada NS en cuyos extremos existen dos núcleos (donde los clastos tienen alteración silíceo y probable sericitica en lugar de cloritica) con un mayor contenido de matriz que el común del cuerpo y en ellos se concentra la mineralización económica de Cu y Mo.

La Brecha de Turmalina en Sur-Sur es el cuerpo mineralizado que junto con Río Blanco, proporcionan el total de la mineralización de la División Andina de Codelco - Chile.

En esta brecha se determinó la siguiente paragénesis de los minerales presentes en la matriz: turmalina, cuarzo, especularita, magnetita, pirita,



calcopirita y molibdenita. En las partes altas de la brecha se observa además chalcantita, ferrimolibdita y calcosina secundarias.

La Brecha Monolito, que no aflora en superficie se distribuye en profundidad en el flanco oeste del sector Sur-Sur, se caracteriza por la presencia de clastos de granodiorita y andesita y por una matriz ígnea de composición andesítica-dacítica. En esta brecha existe una zona externa cloritizada con piritita asociada y un núcleo con alteración destructiva de feldspatos (probable sericitización junto a silicificación) asociada con mineralización de calcopirita.

Intruyendo las unidades anteriores se dispone un extenso cuerpo longitudinal de brechas designado como Chimenea Subvolcánica Central, que incluso ha cercenado al cuerpo mineralizado Sur-Sur por el oeste. Tales brechas se caracterizan por clastos pequeños subredondeados inmersos en una matriz (50<sup>o</sup>/o en vol.) de polvo de roca y clorita. La mineralización de piritita y calcopirita se restringe exclusivamente a los clastos, siendo esta última escasa.

Un conjunto de filones subverticales de brecha de turmalina con polvo de roca en la matriz y clastos correspondientes a todas las unidades de rocas antes descritas, constituyen la unidad más joven del complejo.

Profesor Guía: Sr. Carlos Ruiz

06.01.88

## **GEOLOGIA, ALTERACION Y EXPLORACION GEOQUIMICA DEL PROSPECTO SILICA 1 AL 4 CHUQUICAMATA, II REGION**

**Jaime Leiva Quezada**

El área estudiada se ubica en la II Región de Antofagasta, Provincia de El Loa, entre las coordenadas geográficas de 22° 00' a 22° 07' latitud Sur y 69° 01' a 68° 54' longitud oeste, donde afloran 8,5 Km<sup>2</sup> de rocas alteradas.

El objetivo de este trabajo corresponde al estudio geológico del prospecto Sílica 1 al 4 contemplado en plan de exploraciones de áreas de interés próximas al yacimiento de Chuquicamata.

El marco geológico regional, incluye rocas cuyas edades van desde el

Paleozoico hasta el Cuaternario. Las rocas estratificadas sedimentarias y volcánicas, tienen edades que van del Triásico al Cretácico, mientras que las rocas plutónicas tienen edades que van del Paleozoico al Terciario Medio. Por último, los depósitos no consolidados están restringidos al Cuaternario.

Las rocas volcánicas y volcanoclásticas que afloran en el área, pertenecen a la Formación Arca del Cretácico Inferior, la alteración que las afecta es del tipo silíceo y arcilloso. Estas rocas alteradas tienen una gran distribución areal, distribuyéndose en tres cordones de cerros. Los cuerpos de rocas silicificadas tienen formas topográficas sobresalientes respecto al resto del terreno. Los afloramientos se presentan como cuerpos irregulares y vetiformes. Las rocas arcillizadas presentan afloramientos irregulares de escasa dimensión semeando "Roof Pendant" en la roca silicificada.

La litología está constituida por andesitas y brechas andesíticas inalteradas, arcillizadas y silicificadas. En el borde oriental de Sierra San Lorenzo, se dispone una secuencia silicificada y arcillizada que comprende rocas silíceas masivas y brechosas, rocas volcánicas y volcanoclásticas fuerte y débilmente silicificadas, además de las andesitas y brechas arcillizadas y andesitas inalteradas. Los sistemas de fallas principales son de dirección noroeste y noreste, los cuales controlan el emplazamiento del área de alteración, así como los afloramientos vetiformes de las rocas silíceas masivas y brechosas.

La alteración hidrotermal genera asociaciones mineralógicas características, distinguiéndose dos zonas de alteración, siendo la de mayor desarrollo e importancia la zona de alteración silícea, la cual presenta dos subzonas en función de la intensidad de la alteración silícea y la ocurrencia de minerales arcillosos; ellos son: subzona de alteración silícea fuerte, con una mineralogía de alteración constituida por cuarzo - pirofilita - alunita - (caolín); subzona de alteración silícea débil constituida por cuarzo-alunita-pirofilita-caolín; y la zona de alteración arcillosa con alunita-caolín, pirofilita-cuarzo.

Tanto la litología como la alteración presentan una zonación lateral, con centro silicificados que corresponden litológicamente a las rocas silíceas masivas y brechosas, rodeadas por una subzona de alteración silícea con rocas volcánicas y volcanoclásticas fuertemente silicificadas; una subzona de alteración silícea débil con las rocas volcánicas y volcanoclásticas débilmente silicificadas y una zona de alteración arcillosa con rocas volcánicas y volcanoclásticas arcillizadas y por último las rocas volcánicas inalteradas.

La mineralización de las rocas silicificadas en superficie es sumamente escasa, reconociéndose minerales de la zona de oxidación como jarosita, limonita, goethita y hematita especular, en vetillas y diseminadas. También se reconoce como sulfuros relíctos minerales de la zona de enriquecimiento

to, calcosina y covelina, y minerales de la zona primaria, piritita y calcopiritita.

Las concentraciones de sílice y alúmina, hacen de esta área un potencial yacimiento no metálico, en el cual habría que continuar los estudios con una etapa de evaluación y cubicación de los sectores susceptibles a explotar.

La geoquímica de rocas para el As, Au, Ag indica, en general, concentraciones relativamente bajas de estos elementos en las rocas silicificadas reconociéndose sólo tres sectores donde se obtuvieran concentraciones anómalas.

La geoquímica de rocas para el Cu, Mo, Zn, Pb, indican concentraciones no significativas de estos elementos.

Se elaboró un esquema genético epitermal, en el cual el área de alteración con sus rocas silíceas masivas y brechosas están representando los conductos alimentadores de líquidos silíceos que generan las zonas de silicificación y arcillización pudiendo encontrarse zonas de mayor interés económico en profundidad.

Profesor Guía: Sr. Miguel Angel Parada

06.06.88

## **GEOLOGIA DEL AREA COMBARBALA- SAN LORENZO (31° 00' – 31° 15' LAT. SUR). REGION DE COQUIMBO**

**Graciela Rosales Hernández**

En el levantamiento geológico a escala 1:50.000 del área Combarbalá-San Lorenzo, se ha reconocido un espesor de 2.500 metros de rocas sedimentarias, volcanoclásticas y volcánicas pertenecientes a las formaciones Quebrada Marquesa (Cretácico Inferior) (1.155 metros); Viñita (Cretácico Superior) (1.260 metros) y Los Elquinos (Terciario Inferior) (100 metros).

Estas unidades caracterizan dos períodos paleogeográficos mayores. El primero de ellos corresponde a la colmatación de una cuenca tras arco representado por los depósitos volcanoclásticos de la Formación Quebrada Marquesa, que sugieren un ambiente continental subaéreo, con volcanismo intermitente y fuerte erosión.

El segundo período paleogeográfico, del Cretácico Superior (Formación Viñita) al Terciario Inferior (Formación Los Elquinos), se caracteriza por una migración al este del volcanismo y el desarrollo de cuencas intra-

montañas continentales.

Las rocas producto de este volcanismo tienen carácter subalcalino, con tendencia calcoalcalina peraluminosa, observándose un aumento sistemático del potasio y una disminución del sodio de oeste a este (de rocas más antiguas a más nuevas).

Relacionada a la actividad magmática efusiva se verificó una actividad magmática intrusiva, reconociéndose tres unidades principales:

- Dioritas Cuarzóferas de Soruco-Combarbalá (134-85 Ma), con variaciones desde granodiaritas a tonalitas.
- Pórfidos Andesíticos de San Lorenzo-Loma Blanca (65 Ma), la componen una serie de cuerpos porfídicos andesíticos.
- Granodioritas del Cerro La Tranca-Chapecillo (47-35 Ma), incluye en menor proporción a sienogranitos y dioritas.

Estos cuerpos intrusivos cretácicos y terciarios, se consideran las raíces del arco volcánico y su actual ubicación relativa refleja asimismo la migración al este del eje volcánico en el tiempo.

La geoquímica de estas unidades indica una naturaleza calcoalcalina peraluminosa, normal en potasio y con enriquecimiento progresivo en sílice.

Estructuralmente se reconoce un claro dominio de carácter distensivo, el cual de manera general muestra un plegamiento suave, hectométrico a kilométrico, y fallas normales como características esenciales.

Los recursos minerales del área consisten en la existencia de pequeños yacimientos de cobre, plata, oro, plomo, zinc, caolín, baritina y combarbalita, material que corresponde a una asociación de minerales de alteración.

Fenómenos de alteración hidrotermal han afectado a prácticamente todas las rocas aflorantes, reconociéndose asociaciones tipo propilítica, cuarzo-sericítica, argílica y silicificación, manifestándose en diferentes grados de intensidad en distintos lugares del área.

Profesor Guía: Sr. Mario Vergara 19.07.88

## **LOS PLACERES AURIFEROS DE MADRE DE DIOS Y EL AMBIENTE METAMORFICO CIRCUNDANTE**

**Alvio Zuccone Kother**

En la región de Valdivia entre las localidades de Lanco y San José de la Mariquina, afloran rocas pertenecientes al Basamento Metamórfico. Co-

rresponden a esquistos pelíticos, esquistos verdes actinolíticos, cuarcitas y a dos pequeños cuerpos ultramáficos serpentinizados.

Los esquistos pelíticos al igual que los aflorantes en sectores costeros de Valdivia, tienen protolitos que fluctúan entre argillitas y grauvacas. La composición química de elementos mayores en los esquistos verdes presenta afinidad con la de toleítas abisales.

Se reconocieron tres fases deformativas que han obliterado totalmente la estratificación original. La primera foliación es penetrativa y se reconoce sólo a escala microscópica. La segunda corresponde a la foliación principal, la cual varía en su rumbo de NE a NW, con un manteo predominantemente suave hacia el Este. El tercer evento se expresa en la aparición esporádica de pliegues chevrón, bandas de encarrujamiento y pliegues amplios.

Las asociaciones mineralógicas presentes, indican condiciones de metamorfismo en la facies esquistos verdes. El estudio del "grado de grafitización" de la materia carbonosa presente en las metapelitas permite, por otra parte, sugerir un rango de temperaturas comprendido entre los 300°C y 500°C y una presión de 4 a 7 kb para el metamorfismo principal. Los tipos petrográficos presentes corresponden a una asociación petrotectónica de fosa-antefosa, acrecionada a márgenes continentales.

En rocas cercanas al área de estudio otros autores han obtenido edades carboníferas para el metamorfismo, con indicios de rejuvenecimiento durante el Jurásico.

Los placeres auríferos de Madre de Dios se ubican en gravas arenosas asignadas tentativamente al lapso comprendido probablemente entre el Mioceno tardío y el Plioceno.

Análisis granulométricos, mineralógicos y de fotointerpretación permiten apoyar una hipótesis previa en el sentido que los yacimientos auríferos se ubican en un mismo paleocurso fluvial.

La variación en la morfología de los granos de oro es función de la distancia recorrida por ellos desde su fuente. El estudio de estas formas ha probado ser un método fácil y rápido para ser usado ya sea en la exploración o explotación de este tipo de yacimientos.

Respecto a las expectativas auríferas en los placeres o lavaderos del distrito, se concluye que éstas son escasas y se recomienda explorar el Basamento Metamórfico como una posible fuente del oro.

Profesores Guías: Srs. Francisco Hervé y Federico Peebles

26.08.88

## RELACIONES ENTRE FRACTURAS, CAMPOS DE ESFUERZOS Y MINERALIZACIÓN EN EL YACIMIENTO EL SOLDADO, V REGION.

Andrea Chavez Casarejos

La mina de cobre El Soldado, es un yacimiento estratoligado emplazado en la Formación Lo Prado (Cretácico Inferior) ubicado en las proximidades de La Calera. Constituye un ejemplo del rol que pueden ejercer las fracturas interrelacionadas con el campo de esfuerzos existentes en el momento de la mineralización, para establecer el control estructural de ésta última.

El estudio consistió en mapear y clasificar las familias de fracturas (y sus respectivos rellenos), expuestas en las galerías accesibles. Simultáneamente con el mapeo, se analizaron las relaciones existentes entre la orientación y la frecuencia (o densidad) con respecto a la distribución de las máximas isoleyes.

Se pudo establecer una relación casi directa entre los sectores de mayor frecuencia de fractura y los sectores realmente más mineralizados, y entre la orientación de las fracturas y la orientación de las bandas aserradas de más alta mineralización.

El análisis de los antecedentes señalados permitió formular un modelo mecánico, que pretende explicar el tipo de control de la mineralización. Se consideró un modelo simple, constituido por una placa semi-infinita, inicialmente isotrópa (La Formación Lo Prado) atravesada por dos huecos semi-circulares (las zonas con la más alta frecuencia de fracturas). Al someter los huecos a una presión de fluido ( $P_f$ ) variable sin esfuerzos externos se obtuvo trayectorias de esfuerzos que no coincidían bien con las líneas de la mayor mineralización trazadas a partir de los huecos. Se reformuló el modelo matemático incorporándose además de la presión de fluidos, un campo de esfuerzos externos ( $S_1$  y  $S_3$ ) orientado a un ángulo  $W$  con respecto al sistema de coordenadas definidas. Al asignarles diferentes valores a  $P_f$ ;  $S_1$ ;  $S_3$  y  $W$ , se obtuvo una buena semejanza con las líneas de mayor mineralización de la mina. Los valores de  $S_1$  y  $S_3$  fueron de 1050 y 850 bares respectivamente,  $W$  de  $30^\circ$  con respecto a la dirección norte y  $P_f$  varió a razón de 4 bares/m, desde el nivel -50 al + 50. Estos valores son totalmente consistentes con aquellos obtenidos por estudios de inclusiones fluidas.

Las trayectorias de esfuerzos contínuas obtenidas en la simulación, fueron modificadas punto a punto mediante el análisis de la abertura de las fracturas pre-existentes. Se consideró la posibilidad de reactivación de las anisotropías previas según la orientación y magnitud del campo de es-

fuerzos analizado, y se obtuvo que las estructuras NNW y EW pueden haber sido reactivadas en sentido sinistral y dextral, respectivamente durante la mineralización.

Profesor Guía: Sr. Jorge Skarmeta 14.10.88

## GEOLOGIA DE LA ALTA CORDILLERA DE COPIAPO AL SUROESTE DE LA LAGUNA DEL NEGRO FRANCISCO

Marcela Bruce Castillo

En esta memoria se presentan los resultados de un estudio geológico de carácter regional, efectuado en el Cuadrángulo Quebrada Paredones, al suroeste de la Laguna del Negro Francisco, en la alta Cordillera de Copiapó. El área estudiada se caracteriza por un predominio de rocas mesozoicas y cenozoicas.

Se establecieron las características estratigráficas, litológicas y estructurales de las diferentes unidades de rocas existentes en el cuadrángulo señalado, además de estudiar los procesos de alteración hidrotermal detectados en la zona.

Las unidades mesozoicas corresponden a las formaciones La Ternera (Triásico superior-Hettangiano?), Lautaro (Sinemuriano-Bajociano), Quebrada Monardes (Jurásico) y Quebrada Seca (Jurásico-Cretácico inferior). Las areniscas y conglomerados rojos de la Formación Quebrada Monardes muestran un marcado diacronismo, tanto con las rocas volcánicas de la Formación La Ternera, como con las rocas sedimentarias marinas de la Formación Lautaro. Su techo es además un paso transicional a las rocas vulcanoclásticas de la Formación Quebrada Seca. La zonación de facies descrita tipifica y caracteriza al Mesozoico en la precordillera y cordillera de Atacama.

Las rocas cenozoicas están constituidas por dos grandes unidades: la secuencia mayormente piroclástica de Quebrada Carrizo (Oligoceno superior-Mioceno inferior) y la serie Volcán La Laguna-Volcán Jotabeche (Mioceno Medio), de carácter más lávico que la precedente, y relacionada a centros volcánicos reconocidos.

El área se caracteriza por la existencia de sistemas de horst y graben submeridianos de edad Mioceno medio, en los cuales se ubican las zonas de alteración principales, así como las estructuras volcánicas de tipo central.

El tipo de alteración y mineralización observado en la zona es principalmente epitermal, con asociaciones mineralógicas de alteración tipo sulfato-ácido. Los procesos de alteración hidrotermal afectan sobretudo a rocas de la secuencia volcánica de la Quebrada Carrizo, y están relacionados espacial y temporalmente a pórfidos subvolcánicos de composición riódacítica a daciandesítica, de edad Mioceno medio. Un segundo evento de alteración y mineralización más reciente, de edad 13 a 15 Ma, está asociado al volcanismo central de la serie Volcán La Laguna-Volcán Jotabeche.

Profesor Guía: Sr. John Davidson

22.11.88