

GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO DE CALIZA CASA DE PIEDRA EMBALSE EL YESO, REGIÓN METROPOLITANA

Pamela Anex Valle

El objetivo del presente estudio es determinar las condiciones de formación de la secuencia de rocas carbonatadas que contiene el depósito de caliza Casa de Piedra, y la distribución y origen de los minerales secundarios presentes en ellas, particularmente los metálicos, que pudieran limitar su uso como materia prima en la fabricación de cemento.

El yacimiento de caliza Casa de Piedra, propiedad de la empresa Cemento Polpaico S.A., está ubicado en la zona cordillerana de la Región Metropolitana (sector embalse El Yeso). Este depósito se encuentra alojado en una secuencia estratificada de aproximadamente 850 m de espesor, constituida de base a techo, por las siguientes unidades informales:

- Brechas y lavas andesíticas
- Areniscas calcáreas
- Calcilutitas bioclásticas negras
- Calcarenitas oo-bioclásticas pardo amarillentas
- Areniscas rojas.

Las unidades calcáreas, Calcilutitas bioclásticas negras y Calcarenitas oo-

bioclásticas pardo amarillentas, son correlacionables con la parte superior de la Formación Lo Valdés y parte inferior de la Formación Colimapu, ambas de edad cretácica inferior.

Las características sedimentológicas de las unidades calcáreas incluidas en esta secuencia, presencia de equinodermos, barro calcáreo, bioturbación en forma horizontal y facies de wackestone de bioclastos (unidad de Calcilutitas bioclásticas negras) y facies de grainstone de ooides y cortoides (unidad de Calcarenitas oo-bioclásticas pardo-amarillentas), son consistentes con la evolución del ambiente de acumulación desde un marino de baja energía de plataforma a otro de mayor energía tipo playa. Esta somerización del ambiente puede ser explicada en términos de procesos progradacionales que finalizaron con la retirada del mar, lo cual es correlacionable con la regresión marina ocurrida durante el Neocomiano.

La secuencia estratificada está intruida por un stock monzodiorítico, en torno del cual se desarrolla una aureola de metamorfismo de contacto, de alcance reducido. Las unidades calcáreas

fueron levemente afectadas, sólo en la unidad de Calcilutitas bioclásticas negras se formaron minerales metamórficos con una leve zonación (wollastonita, escapolita, idocrasa, granate, tremolita-actinolita y albita) y escasa presencia de minerales metálicos (pirita hidrotermal, pirolusita, magnetita, hematita, especularita, calcopirita, pirrotina y covelina).

La pirita es el mineral metálico de mayor abundancia, y se concentra principalmente en la unidad de Calcilutitas bioclásticas negras. Sin embargo, su concentración total es baja (3% vol. aprox.) y de acuerdo con su origen se puede reconocer pirita de origen

diagenético temprano (de textura framboidal), de origen diagenético tardío (asociada a estilolitos) y pirita de origen hidrotermal, post-diagenética, relacionada al metamorfismo de contacto.

Basado en las características químicas y mineralógicas, la unidad que reúne las mejores condiciones para ser utilizada como fuente de materia prima para la fabricación de cemento, corresponde a la unidad denominada Calcilutitas bioclásticas negras.

Prof. Guía.: Waldo Vivallo
02.07.1998

RECURSOS GEOLÓGICOS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL DEPÓSITO DE COBRE BARREAL SECO II REGIÓN, ANTOFAGASTA, CHILE

Jorge Brantt Hernández

El depósito Barreal Seco, ubicado en la Provincia de Atacama en la II Región, está conformado principalmente por una asociación de vetas, vetillas de cuarzo y diseminación de minerales oxidados y sulfuros de cobre en roca volcánicas y volcanoclásticas de edad cretácica inferior, afectadas por alteración hidrotermal. Las rocas volcánicas están intruidas por rocas dioríticas, de edad cretácica inferior, las que producen estrechos halos de metamorfismo de contacto.

Un sistema de fallas noreste y noroeste limita los bloques que contienen mineralización de cobre.

El análisis de los modelos estadísticos y de variogramas empleados en la evaluación del depósito, indican la eventual presencia de diferentes poblaciones susceptibles de ser modeladas, en especial situación se encuentran las áreas donde la concentración de datos es baja. Dada esta cantidad y densidad de las muestras existentes, resultan diferentes tipos de ajustes de curvas en los variogramas, que arrojan variados rangos de alcance que varían desde 50 a 155 metros.

El método geostadístico aplicado en la evaluación del depósito, ha permitido establecer un recurso geológico de

13,1 Mt con 0,74% de cobre para la zona oxidada y 34,9 Mt con 0,64% de cobre para la zona de sulfuros. Ambos valores corresponden a un valor de 0,5% de cobre total como ley de corte.

El análisis económico ha considerado solamente los recursos de minerales oxidados de cobre, basado en una tasa de explotación de 5.700 t/d de mineral para obtener una producción de 10.000 toneladas de cátodos anuales, empleando la modalidad de recursos propios.

El método de explotación a utilizar será a rajo abierto con una baja remoción inicial de estéril y una razón lastre a mineral asumida de 0,6:1.

MINERALIZACIÓN DE BAJA SULFIDIZACIÓN EN EL DISTRITO PEREGRINO, REGIÓN METROPOLITANA

Cristián René Carvajal Gamboa

Este trabajo se realizó en el Distrito Peregrino, ubicado aproximadamente a 10 km al norte de Curacaví, en la Cordillera de la Costa de la Región Metropolitana. En esta área, la Compañía Minera Vizcachas mantiene proyectos mineros de explotación y exploración, Au-Cu, que requieren estudios geológicos. El objetivo es explicar la génesis del depósito Au-Cu de la Mina Santa Carolina. También se pretende definir zonas de interés distritales y una pauta de exploración regional.

La metodología consistió en el mapeo geológico de superficie a escala 1:5000,

El plan minero considera etapas de chancado y posterior procesamiento hidrometalúrgico del mineral mediante las etapas de lixiviación en pilas, extracción por solventes y electro-obtención.

Utilizando un cuadro de inversiones de MUS\$39,7 y un costo de operación anual de MUS\$ 13,3 es posible determinar un ejercicio financiero a un horizonte de 10 años para obtener un Valor Agregado Neto de MUS\$ 8.427 y una Tasa Interna de Retorno de 14,5%. El precio del cobre utilizado en esta ocasión es de US\$ 0,90 la libra.

Prof. Guía.: Sr. Carlos Palacios
09.11.1998

interior mina a escala 1.250 y sondajes. Además se estudiaron secciones transparentes y pulidas, así como inclusiones fluidas. La geoquímica de Au y Cu se estudió a través del análisis geoestadístico de las concentraciones de estos elementos en rocas de superficie e interior mina.

En el Distrito Peregrino afloran predominantemente granodioritas y tonalitas de edad inferida jurásica media a más jóvenes. Estas rocas son intruidas por diques andesíticos de rumbo variable entre E-W y N60°E. Los diques están deformados por un sistema de fallas tipo strike-slip de rumbo E-W a N

60° E sinistral. Este sistema controla la ocurrencia sintectónica de mineralización y alteración hidrotermal en estructuras extensionales del tipo "jog" y "bend".

La alteración hidrotermal y mineralización en superficie se manifiesta como vetillas y stockwork moderados de magnetita-hematita asociadas con anomalías geoquímicas altas de Au, variables entre 1 y 8 ppm. Los valores altos de Cu están entre 0.2 y 0.8 %.

La mayor expresión de la mineralización y alteración hidrotermal se reconoce en el depósito de Au y Cu, Santa Carolina. Éste presenta leyes de Au variables entre 0.1 y 27 ppm, con una ley media de 4.03 ppm. Las leyes de Cu varían entre 0.02 y 8.2% con una ley media de 1.3%.

Dicha mina se compone de 2 cuerpos económicos vetiformes, dispuestos en echelón, con un largo sumado del orden de 120 m y una potencia menor a 3 m. La mineralización cuprífera consiste en calcopirita, que se asocia a pirita. La mineralización aurífera sobrepuesta, se relaciona con hematita - magnetita. La alteración hidrotermal corresponde a sericita, cuarzo, clorita, calcita y menor epidota.

El depósito se formó a partir de fluidos mineralizadores alcalino clorurados, de pH cercanamente neutro a temperaturas del orden de 250° C, salinidades menores a un 3.1% y una concentración molal de CO₂ menor a 0.85. No es claro que los fluidos estuviesen en ebullición. Si fue así, entonces, asumiendo presión hidrostática, la profundidad mínima de formación por el de-

pósito habría sido del orden de 500 m.

La transición desde sulfuros a óxidos de hierro se propone que sigue una trayectoria con pH cercanamente neutro, aumento del Log aO₂ desde aproximadamente -36.2 a -33.1 y disminución del Log aS₂ desde alrededor de -9.3 hasta -10.8. En esta evolución se produce una disminución de la solubilidad del Au al ser transportado como complejo bisulfurado, provocando precipitación de este metal en asociación con óxidos de hierro. Las variaciones anteriores se explicarían por la precipitación de sulfuros, que tiende a disminuir la actividad del azufre, aumentar relativamente la actividad del oxígeno y consecuentemente depositar el Au.

Las temperaturas de los fluidos mineralizantes, salinidades de los mismos, forma de los cuerpos mineralizados, roca de caja y especialmente la mineralogía, permiten definir el depósito como un epitermal del tipo adularia-sericita o de baja sulfidización.

En el distrito se recomienda una revisión de las labores de exploración, de acuerdo al modelo presentado, principalmente desde el sector central hacia el occidente de la zona.

A nivel regional se sugiere la implementación de campañas de exploración que consideren la identificación de zonas de alteración sericitica, estructuras con sus dominios extensionales asociados, muestreo geoquímico de astillas de roca en superficie y determinación de anomalías magnéticas.

Prof. Guía.: Sr. Carlos Palacios M.
15.01.1998

ANÁLISIS DEL CONTROL DE LA MINERALIZACIÓN AURÍFERA DEL DEPÓSITO CHURRUMATA, UTILIZANDO TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y GEOESTADÍSTICAS, ANDACOLLO, IV REGION

Juan Luis Céspedes Goycochea

El presente trabajo de título tuvo como objetivo estudiar mediante técnicas estadísticas y geoestadísticas, el control geológico de la mineralización aurífera en el depósito de Churrumata.

En Chile existe una vasta experiencia en la generación de modelos geológicos de cobre aplicados a la minería, mientras que en caso del oro esta situación presenta mayor grado de incertidumbre, debido a esto el presente estudio intenta complementar y optimizar el uso de la información geológica existente en el depósito.

Para realizar el presente trabajo fue necesario analizar y regularizar la base de datos en conjunto con la utilización de técnicas de desagrupamiento por celdas. Mediante la gráfica Log-Probabilística, de la distribución de oro, se determinaron las distintas poblaciones existentes. Posteriormente, utilizando los mapeos de sondajes, fue realizado el Análisis Característico de Botbol y Análisis de Componentes Principales para determinar las características que tienen incidencia en la presencia del oro.

Utilizando la base de datos geoquímicos del oro y análisis variográfico de indicadores, se determinaron los alcances y variabilidades para direcciones preferenciales, además,

se realizó variografía de una nueva variable indicadora de la presencia de oro a partir de los mapeos de sondajes, con el fin de realizar finalmente una Simulación Condicional Secuencial y Categórica de Indicadores.

Dentro de los resultados obtenidos se encuentran los quiebres en la curva Log-Probabilística (0.6 y 1.2 gr/tons), los que dividen la distribución en tres poblaciones. A partir del Análisis de Componentes Principales y Análisis Característico de Botbol, se determinó que para la primera población es importante la presencia de Alteración Propilítica, mientras que para la segunda y tercera es importante la presencia de Piritita, Alteración Potásica y Brecha Dacítica.

El análisis Variográfico indicó que las leyes bajas presentan mejor continuidad en la dirección NE, mientras que las altas leyes presentan mejor continuidad en la dirección NW. Además, en la variografía de la nueva variable existe gran continuidad, pero baja variabilidad en la dirección NE, mientras que al NW se presenta el caso inverso, alta variabilidad y baja continuidad.

De lo anterior se podría concluir que existe una correlación NE del tipo regional, similar a la disposición de los depósitos en la zona, y una fuerte co-

rrelación NW, a escala local del depósito. Además, resalta la necesidad de utilizar técnicas de desagrupamiento para no distorsionar los parámetros estadísticos, por otro lado la Simulación Condicional nos presenta una realización de la variabilidad de contacto

de los modelos geológicos, con el consiguiente entendimiento de la dilución de contacto que podría presentarse en la operación minera.

Prof. Guía.: Sr. Carlos Palacios M.
16.01.1998

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE PARTE DEL ÁREA DE RECARGA DEL ACUÍFERO NIEBLA POSADAS, REGIÓN DE ANDALUCIA, ESPAÑA

Christian Cintolesi Uribe

El presente estudio tuvo como objetivo determinar las características geológicas e hidrogeológicas de un área específica de afloramientos del acuífero Niebla Posadas, localizada a unos 20 km al NO de Sevilla, España. El trabajo tuvo especial énfasis en estudiar los procesos de recarga y la posibilidad de recargar artificialmente el acuífero.

En el área de estudio se realizó un mapeo geológico para optimizar la información existente, junto con los siguientes trabajos hidrogeológicos: ensayos de infiltración en las unidades geológicas representativas utilizando un infiltrómetro de doble anillo, medidas de flujo en los ríos para determinar la relación río-acuífero, inventarios de pozos y de vertientes, medidas de las descargas de las vertientes, parámetros físico-químicos (Ph, T° y conductividad) y toma de muestras para análisis químicos.

El acuífero Niebla Posadas está compuesto por conglomerados y bre-

chas basales, calizas, areniscas y arenas calcáreas. Estas unidades afloran manteniendo suavemente hacia el sur, hundiéndose bajo una gruesa secuencia de margas que actúan como capa confinante. Este conjunto sedimentario se depositó durante una transgresión del Mioceno. El basamento consiste en metasedimentos Devónicos intruidos por unidades graníticas del Paleozoico Superior. Localmente, en la zona este del área de interés está fracturado, comportándose como acuífero. El Cuaternario consiste en depósitos fluviales asociados a los ríos locales y conforman acuíferos freáticos de extensión local.

Los principales procesos de recarga son la infiltración directa de la lluvia y la infiltración del agua de escorrentía a través de los lechos de los ríos. Ambos procesos actúan principalmente durante los meses de invierno. El primer proceso se estimó que aporta entre 2,2 y 6 Mm³ en los 28 km² de afloramientos estudiados. Esto equivale entre un 14% - 37% de la lluvia media anual

de 589 mm. Con la información actual no se pudo estimar el segundo proceso, pero se determinó que constituye un aporte importante en la recarga, tanto del acuífero Niebla Posadas como de otros acuíferos menores.

Los principales procesos de descarga son la extracción directa mediante pozos y en menor grado, la descarga de las vertientes. Se estimó una descarga entre 1,3 y 1,5 Mm³ en el área freática. Existe una importante extracción no cuantificada en la zona confinada.

En algunos pozos se determinó que la tendencia de los niveles estáticos es a bajar. Este hecho, junto con la presencia de antiguas condiciones artesianas en la zona confinada y un área en la que solían existir vertientes, sugieren una disminución general

del nivel freático y, por lo tanto, del almacenamiento.

La recarga artificial es factible de implementar en el área utilizando el exceso de agua de escorrentía invernal. Se analizaron procesos de infiltración superficial y de inyección de agua en la zona saturada utilizando pozos. Una combinación de ambos procesos maximizaría el volumen de agua a recargar. Se recomienda estudios más detallados para calificar con mayor exactitud el potencial de recarga del área, particularmente en términos de la naturaleza y del volumen de las aguas de escorrentía y de la propiedades locales del acuífero.

Prof. Guía.: Sra. Sara Elgueta D.
30.12.1998

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DE LA VETA EL MAQUI, DISTRITO MINERO DE ALHUE, MELIPILLA - REGIÓN METROPOLITANA

Mario Orlando Hernández Espejo

El presente trabajo de título consiste en una caracterización geológica de la veta de cuarzo-oro El Maqui, ubicada en el distrito minero Alhue, a 160 Km al suroeste de la ciudad de Santiago. El objetivo del estudio es describir e interpretar las principales características geológicas y mineralógicas de la veta a través de su comparación con otros distritos auríferos, intentar una clasificación del yacimiento.

El distrito está ubicado en la unidad morfoestructural de la Cordillera de la Costa, en una secuencia de rocas volcánicas y volcanoclásticas de edad cretácico superior a terciario inferior, la que incluye brechas volcánicas, andesitas, tobas y dacitas. Esta secuencia está intruida por un granito y filones andesíticos. La disposición espacial de la secuencia es N30°W a N30°E / 20° a 40° E. En el área se presentan

fallas normales subverticales de rum-
bos N80° a 90°E, N10° a 20°W, N50°
a 60°W y N30° a 40°E a las cuales se
asocia la mineralización y fallas que
controlan el relieve de disposición ENE
/ 65°NW a 90° con sentido de despla-
zamiento dextral de poca envergadura.
La alteración distrital correspon-
de a alteración propilítica a la cual se
sobreimpone alteración supérgena, al-
teración silíceo y alteración relacionada
a vetas de cuarzo.

La veta El Maqui, de disposición
N15°W / 72°E, está hospedada en la
secuencia volcanoclástica, cortando a
unidades de brecha volcánica, toba y
andesita. Su ley media de oro es 3,0
(g/t) y de plata es 105 (g/t), presenta
un espesor medio de 4,5 m, su corrida
reconocida en subsuperficie es de 500
m y en superficie de 400 m. Ha sido
reconocida en la vertical entre las cotas
1.240 y 740 m s.n.m.

La veta está constituida por un cuerpo
central de cuarzo (vetarrón silíceo),
limitado hacia ambos lados por zonas
de brechas con espesores medio de 1,3
m. Una zona de falla, de rumbo y manteo
similar a la veta, permite dividir a
esta en cinco unidades, que de este a
oeste corresponden a brecha hidrotermal
este, vetarrón silíceo este, zona de
falla, vetarrón silíceo oeste y brecha
hidrotermal oeste.

Las zonas de brecha están constituidas
por fragmentos de rocas volcanoclásticas
y fragmentos de skarn. Estos frag-

mentos constituyen entre el 25% y 40%
del volumen de roca, son subangulosos
a angulosos y sus tamaños varían de
0,5 cm a 50 cm. La matriz de la bre-
cha está constituida principalmente por
cuarzo y en menor proporción por epidota,
clorita, calcita, granate y esmectita.

La mineralización de la veta en
superficie está evidenciada por la aso-
ciación magnetita, hematita y
microvetillas de limonita, el oro es nativo
y se encuentra aislado en el cuarzo. En
subsuperficie, la mineralización se
caracteriza por la presencia de mag-
netita, pirita, esfalerita, galena, calcopirita
y trazas de bornita y calcosina. El oro
se presenta en estado nativo y como
electrum asociado a cuarzo y en sec-
tores a sulfuros. La plata se encuen-
tra en forma nativa, electrum y en menor
medida en argentita y sulfosales de plata,
asociada a cuarzo y sulfuros.

Esta veta se emplazó a lo largo de
una falla la cual fue posteriormente
reactivada. La alteración de las rocas
de caja constituye halos restringidos,
de aproximadamente 20 m de espesor,
y consiste en la asociación cuarzo, epidota
y clorita.

Las características mineralógicas y
de alteración del yacimiento El Maqui
permiten clasificarla como un yacimiento
epitermal de baja sulfidización.

Prof. Guía.: Sr. Waldo Vivaldo
31.08.1998

ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOQUÍMICO DEL DISTRITO MINERO EL ZAPALLO, ESTACIÓN ROMERO, III REGIÓN DE ATAMACA

Carolina Jara Ibaceta

El distrito minero El Zapallo se ubica en la Cordillera de la Costa de la III Región de Atacama y se caracteriza por contener mineralización de U-Cu, Cu-Au y Fe hospedado en una secuencia de rocas volcánicas. El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar la geología, alteración y mineralización del distrito con el fin de establecer los tipos de depósitos allí presentes y el carácter de la relación existente entre ellos.

Las principales unidades litológicas aflorantes en el área corresponden a rocas volcánicas andesíticas y dacíticas de edad cretácica inferior y pertenecientes al Grupo Bandurrias, las cuales están intruidas por granodioritas del mismo rango de edad. La secuencia volcánica, de a lo menos 1.000 m de espesor, está constituida, de más antigua a más joven, por las siguientes unidades: Toba dacítica inferior, Andesita y Toba dacítica superior. Intercalada entre la unidad de Toba dacítica inferior y la Andesita, se observó un nivel de sílice bandeada con clastos (de hasta 20 cm) de magnetita-hematita alternando con banda silíceas.

El distrito forma parte de la denominada Franja Ferrífera Cretácica de la Cordillera de la Costa, caracterizada por la abundancia de yacimientos de Fe del tipo magnetita-apatita. En el distrito existen mineralizaciones subeconómicas de U-Cu, Fe y Cu-Au. La primera está constituida por vetas y cuerpos irregulares con óxidos de cobre y minerales de uranio tales como torbernita y autunita. Ellos se en-

cuentran hospedados en la Toba dacítica inferior y presentan alteración sericitica y silíceas asociada. La mineralización de Fe corresponde a cuerpos macizos irregulares a tabulares de magnetita, hospedados en rocas andesíticas y rodeados por un halo de alteración actinolítica. La mineralización de Cu-Au se presenta en forma de pequeñas vetas asociadas a fallas.

El análisis estadístico de muestras geoquímicas, de rocas y menas, indica una buena correlación estadística entre Fe-Cu-Au-Co y Tierras raras (REE).

Las características presentes en el distrito El Zapallo tales como: el ambiente volcánico; abundancia relativa de Fe-Cu-Au-REE-(Co), con buenas correlaciones entre ellos, inferidas a partir del análisis estadístico de los datos geoquímicos; la relación espacial y temporal de los distintos tipos de mineralización y alteración; hacen posible establecer semejanzas entre la mineralización presente en el distrito El Zapallo y aquella del yacimiento Olympic Dam, ubicado en el sur de Australia. Esta semejanza también ha sido sugerida para los yacimientos de Fe presentes en la Franja Ferrífera Cretácica de la Cordillera de la Costa y otros yacimientos de Fe del tipo magnetita-apatita encontrados en diferentes partes del mundo.

Prof. Guía.: Sr. Fernando Henríquez B.

Sr. Waldo Vivallo S.

01.12.1998

METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EVALUAR LA FRECUENCIA DE FRACTURAS EN LA CLASIFICACIÓN GEOTÉCNICA DE LAUBSCHER

Ivo Karzulovic Livesey

En la gran minería es de uso habitual la clasificación geotécnica de Laubscher, la cual califica un macizo rocoso mediante un "índice de calidad" denominado RMR o Rock Mass Rating, que permite estimar el comportamiento geotécnico más probable del macizo rocoso.

La clasificación de Laubscher considera los siguientes tres parámetros: resistencia de la roca intacta (IRS), condición de las discontinuidades presentes en el macizo rocoso (CD) y número de discontinuidades por unidad de longitud o frecuencia de fracturas (FF), asignándoles una ponderación de 20%, 40% y 40% respectivamente.

El presente trabajo de título tuvo como objetivos cuantificar la variación en la frecuencia de fracturas al considerara distintas direcciones para la estimación de este parámetro y analizar su incidencia en el índice RMR para poste-

riormente proponer una metodología para evaluar la frecuencia de fracturas.

Los resultados obtenidos muestran que, para un macizo rocoso dado, podrían existir variaciones de hasta un 70% en los valores estimados para la frecuencia de fracturas y por tanto, el índice RMR puede variar de una clase geotécnica a otra al no considerar la dirección en la cual es evaluada la frecuencia de fracturas.

Para un macizo rocoso dado, los resultados también muestran que existe una dirección en la cual, la frecuencia de fracturas tendrá un valor máximo, por lo tanto, en cualquier otra dirección en que se a evaluado este parámetro, el índice RMR será sobreestimado.

Prof. Guía.: Sr. Antonio Karzulovic L.
16.01.1998

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO Y MODELO DE SIMULACIÓN DE LA CUENCA DEL ESTERO LILÉN, PAPUDO, V REGIÓN

Beatriz Labarca Lira

El presente trabajo de título, tiene como objetivo la evaluación hidrogeológica e implementación de un modelo de simulación de la cuenca del Estero Lilén, pequeña cuenca costera en la localidad de Papudo, V Región.

Debido al importante incremento que ha presentado el turismo en la V Región, en particular en Papudo, con la construcción de un enorme complejo de vacaciones llamado Balneario Punta Puyai ubicado en el sector de la playa grande de Papudo, se hace indispensable asegurar el abastecimiento confiable de agua potable para estas instalaciones. La fuente potencial del recurso hídrico es el sistema subterráneo. Allí nace el interés por conocer el sistema hidrogeológico del área.

La metodología empleada, ha consistido en varias etapas: caracterización geomorfológica, caracterización hidrológica, caracterización geológica y evaluación hidrogeológica.

Sobre la base de toda la evaluación desarrollada, se ha planteado un modelo de simulación que se ajusta, de la menor forma a las condiciones hidrogeológicas reales. Es decir, se ha conceptualizado y calibrado un modelo de simulación de flujo de aguas subterráneas, ocupando el modelo matemático MODFLOW y el pre y post procesador **GROUNDWATER**

MODELING SYSTEM (GMS 2, 1, cuyo up date es de 1998).

Sobre la cartografía elegida se definió la cuenca hidrográfica asociada al Estero Lilén, estableciendo los límites físicos del área de estudio, cuya área se ha calculado en torno a los 42 km².

La evaluación hidrológica arroja, por concepto de balance hídrico 115 l/s como escorrentía total, donde 12 l/s corresponden a escorrentía superficial y 103 l/s a escorrentía subterránea o recarga potencial al sistema subterráneo.

Se han definido 4 unidades hidrogeológicas. La primera constituye un acuífero freático de 5 a 6 m de espesor que sobreyace a una cuña arcillosa de espesor medio de 2 m, la que desaparece en dirección aguas arriba. Ésta actúa como capa semi-confinante de la tercera unidad hidrogeológica, la que alberga un acuífero semi-confinado de 30 m de potencia estimada. No existen sondajes que acusen la profundidad del basamento rocoso que constituye la cuarta unidad, la que posee cualidades impermeables.

El modelo se ha calibrado en estado estacionario, obteniendo una superficie piezométrica en equilibrio, donde la recarga se iguala a la descarga. Los resultados obtenidos en la modelación

se ajustan bastante bien a las observaciones de terreno, siendo el resultado satisfactorio.

La calibración transiente, muestra la respuesta del acuífero a la descarga

durante un año de bombeo continuo desde las captaciones existentes.

Prof. Guía.: Sra. Sara Elgueta D.
25.08.1998

INDICADORES GEOLÓGICOS PARA ESTUDIOS DE IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Gonzálo Lobos Bustos

Los estudios de Impacto Ambiental (EIA) se definen como un estudio técnico de carácter multi e interdisciplinario destinado a identificar, predecir, valorar y corregir las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones puedan causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Una de las principales dificultades que presentan dichos EIA, al momento de su solicitud y revisión, es la elección de parámetros relevantes tanto en la caracterización del medio como en la evaluación de los potenciales impactos ambientales.

El presente trabajo de título tuvo como objetivo la proposición de una metodología que permita seleccionar los parámetros ambientales, asociados a la geología y geomorfología, relevante en la realización de EIA de proyectos de infraestructura vial.

La metodología propuesta se basó esencialmente en un análisis matricial de las distintas variables asociadas a la geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología. En particular, consistió en listar estas variables en la

diagonal principal de la matriz, con el fin de definir la interacción entre cada una de ellas. Se construyeron dos matrices, una para las variables asociadas a la geología y geomorfología y otra para las variables asociadas a la hidrología e hidrogeología. Esto permitió obtener una lista de parámetros relevantes al momento de la caracterización de la línea base en un EIA.

La litología, estructuras, pendientes, disposición espacial de los materiales, tipo de depósito y tipo de suelo resultaron ser los parámetros relevantes asociados a la geología y geomorfología. La categoría del cauce, el caudal, pendiente del cauce, longitud del cauce, superficie de la llanura de inundación y zona de recarga de acuíferos fueron los parámetros relevantes asociados a la hidrología e hidrogeología.

Posteriormente, mediante una matriz causa efecto, se contrastaron las acciones más comunes de un proyecto vial con los parámetros seleccionados en la ctapa anterior. De este análisis se obtuvo por una parte, información sobre cuáles son las acciones más

impactantes de un proyecto vial y por otra, cuáles son los parámetros más impactados por estas acciones. Con el fin de cuantificar los impactos se definieron, en este trabajo, dos grupos de indicadores. Un primer grupo, destinado a verificar el grado de impacto que cada acción produce sobre el medio, está constituido por el volumen de material sobrante, volumen de áridos a remover, número de cauces a intervenir, volumen de terraplenes, superficie afectada por voladuras, superficie afectada por tránsito de maquinarias y superficie para la instalación de faenas. El segundo grupo, destinado a medir el grado en que un parámetro es impactado por un determinado proyecto, está compuesto por el porcentaje de la superficie de recarga de acuíferos afectada, superficie afectada por inundaciones, cambio de pendientes, superficies de diversos suelos afectada por

el proyecto, porcentaje de caudal desviado y cambios en la pendiente de los cauces.

Finalmente, con el fin de validar los indicadores y parámetros propuestos por este estudio, se analizó el EIA del proyecto vial Acceso Norte a Concepción (1997). Lo anterior permitió verificar que el mencionado EIA no predijo algunos impactos ambientales causados por el proyecto, los cuales hubiesen sido visualizados al utilizar la metodología propuesta en esta memoria.

La metodología propuesta permite definir los términos de referencia, asociados a la geología, geomorfología, hidrología e hidrogeología, para la realización de un EIA de un proyecto de infraestructura vial.

Prof. Guía.: Sra. Sofía Rebolledo L.
21.12.1998

GEOQUÍMICA DE GRANITOIDES DE LA CORDILLERA DE LOS ANDES, 40°-40°30' L.S., PROVINCIA DE VALDIVIA

Manuel Martínez Dinamarca

El presente trabajo de título tuvo como objetivo establecer variaciones composicionales entre los distintos eventos plutónicos y sus implicancias en la evolución de los arcos magmáticos del área estudiada, en la Cordillera de los Andes de la Xª Región de Los Lagos, entre las latitudes 40° y 40°30' L.S. Sobre la base de antecedentes radioisotópicos previos se distinguieron granitoides pertenecientes a eventos plutónicos paleozoicos, cretácico

y miocenos. Los granitoides paleozoicos afloran en la zona central norte del área de estudio, extendiéndose hasta la ribera sur del Lago Ranco. Los granitoides cretácicos afloran en la parte central occidental del Lago Maihue. Los granitoides miocenos afloran en la zona oriental del área de estudio, intruyendo tanto a los granitoides paleozoicos como a los cretácicos. Estos últimos forman una mega inclusión dentro de los granitoides miocenos.

Los granitoides fueron estudiados químicamente mediante análisis de elementos mayores y trazas, incluyendo tierras raras, efectuados en los laboratorios de la Universidad de Kansas y del SERNAGEOMIN, mediante los métodos de absorción atómica, ICP-OES e ICP-MS.

Los granitoides paleozoicos consisten en granodiorita y tonalitas de biotita y hornblenda y granitos de biotita. Los cretácicos consisten en granodiorita de biotita y hornblenda. Los granitoides miocenos, en tanto, consisten en gabros de hornblenda y piroxeno, dioritas y dioritas cuarcíferas de hornblenda y biotita, tonalitas y granodioritas de biotita y hornblenda y granitos de biotita.

Los granitoides paleozoicos son calcoalcalinos de potasio medio a alto. Los granitoides cretácico son calcoalcalinos de potasio medio. Los granitoides miocenos son rocas calcoalcalinas de potasio bajo a intermedio y alto sodio.

Los granitoides paleozoicos son distintivos por sus altos contenidos de Rb, Cs y K. También se caracterizan por sus contenidos en tierras raras livianas con valores mayores a los granitoides miocenos y cretácicos. Estos últimos se caracterizan por valores intermedios. El mayor contenido de elementos incompatibles, en general, para los granitoides cretácicos y paleozoicos podría ser indicativo de algún grado de contaminación cortical.

Los diferentes grupos litológicos de los granitoides miocenos estarían genéticamente ligados por procesos de cristalización fraccionada, principalmente de plagioclasa, hornblenda y clinopiroxeno. Los granitoides paleozoicos también habrían sufrido procesos similares de diferenciación, con participación de plagioclasa y hornblenda.

Prof. Guía.: Sr. Miguel Angel Parada
17.11.1998

SEDIMENTOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA PRODUCTO DE LA TECTÓNICA CENOZOICA, EN LA DEPRESIÓN CENTRAL, PAMPA DE CHACA, I REGIÓN TARAPACÁ, CHILE

Georgina Parraguez Quinteros

La presente memoria de título, se realizó en la Depresión Central y margen oeste de la Precordillera del sector de Arica, I Región de Tarapacá. Los objetivos de este trabajo fueron reconocer y caracterizar las unidades

litoestratigráficas presentes en el sector señalado, su distribución espacial, evolución temporal, estudiar su ambiente depositacional y significado tectónico y geomorfológico y, finalmente, proponer un modelo de evolución

geodinámica de la zona y su relación con la deformación del borde oeste del Altiplano.

El trabajo se basó en el reconocimiento geológico y geomorfológico de la región, caracterizada por un clima de extrema aridez, lo que hizo posible la observación del sustrato geológico, directamente en el terreno e, indirectamente, mediante el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas. La edad de las formaciones geológicas se revisó y precisó mediante levantamientos estratigráficos y mediciones radiocronológicas y magneto estratigráficas.

Se usó la información topográfica y satelital del área, para construir un modelo numérico de terreno, con el que logró un modelamiento del área de estudio y perfiles de los ríos, con el objetivo de conocer la influencia de la tectónica en el relieve actual.

Los resultados obtenidos permiten comprobar que la Depresión Central es una cuenca de antearco, desarrollada sobre rocas volcano-clásticas mesozoicas, rellena por secuencias sedimentarias constituídas por materiales clásticos continentales, evaporitas y volcanitas

ácidas cenozoicas. Las unidades que componen esta secuencia fueron asignadas a las Formaciones Azapa, Oxaya, El Diablo e Ignimbrita Huaylas, depositadas entre el Oligoceno Superior y el Plioceno Inferior.

La zona de estudio está afectada por una estructura de relevancia regional, conocida como Flexura Oxaya, que corresponde a un pliegue anticlinal, por propagación de falla. De acuerdo a las evidencias obtenidas en este trabajo, la Flexura Oxaya se habría desarrollado durante el Mioceno Superior, como resultado de la actividad de la falla inversa Ausipar, activa intermitentemente entre el Oligoceno Superior y el Mioceno Superior. La actividad de esta deformación se refleja en la topografía (Pampa Oxaya, Sierra Huaylillas, depresiones de Tignámar y Copaquilla), generando además, la inversión de una red de drenaje paralela desarrollada sobre la Pampa Oxaya y la Sierra Huaylillas. Esta flexura es la expresión más occidental de los cabalgamientos del Sistema de Cabalgamiento Occidental.

Prof. Guía.: Sr. Gerard Hérail
16.03.1998

ESTUDIO DE INCLUSIONES FLUIDAS EN EL DISTRITO COLLAHUASI, I REGIÓN

Fernando Pérez Venegas

El presente trabajo tiene como objetivo caracterizar mediante estudios microtermométricos, las soluciones hidrotermales involucradas en la generación de la mineralización y alteración de los yacimientos de Ujina y

Rosario en el distrito Collahuasi, ubicado en la I Región.

Se analizaron las inclusiones fluidas existentes en el cuarzo de 16 muestras del sector Rosario y 15 del sector Ujina,

pertenecientes a distintas litologías presentes en ambos depósitos, determinando así las temperaturas y salinidades de los fluidos formadores mediante estudios termométricos en las inclusiones.

Ambos depósitos pertenecen a la franja Eoceno Tardío-Oligoceno Inferior de tales yacimientos en los Andes chilenos. En el yacimiento Rosario, rocas volcano-sedimentarias paleozoicas hospedan a tres pórfidos, el Pórfido Collahuasi (granodiorítico), el Pórfido Inés (dacítico) y el Pórfido Rosario (granodiorítico), siendo este último, el causante de la alteración y mineralización. El yacimiento presenta, además, mineralización vetiforme tardía de alta ley y un complejo patrón estructural, debido a fallamiento post-mineralización. Esto, más una intensa erosión no permitió el desarrollo de un enriquecimiento secundario importante.

El sector Ujina en tanto, tiene la misma roca de caja, la que ha sido intruida por el Pórfido Ujina (granodiorítico), causante de la mineralización, y pos-

teriormente por el Pórfido Inca (granodiorítico). El depósito se encuentra cubierto por la Ignimbrita Ujina y se caracteriza por presentar un fuerte enriquecimiento secundario.

En ambos yacimientos existe una gran cantidad y diversidad de inclusiones fluidas, las que muestran evidencias de ebullición. No se detectó presencia de CO_2 en las inclusiones.

En el sector Rosario se obtuvo un rango de temperaturas entre 350° y 410° C con salinidades entre 32 y 50% de NaCl eq. para los fluidos presentes en las primeras etapas de formación del sistema. En Ujina, para estos fluidos se estimó un rango entre 360° y 420° C, con salinidades entre 46 y más del 58% de NaCl eq. Se calculó un rango entre 1 y 3 km para la profundidad máxima de formación de ambos depósitos.

Prof. Guía.: Sr. Brian Townley
28.09.1998

VOLCANISMO EXPLOSIVO POSTGLACIAL EN LA CUENCA DEL ALTO BIOBÍO, ANDES DEL SUR ($37^\circ 45'$ - $38^\circ 30'$ S)

Edmundo Polanco Valenzuela

El presente trabajo tuvo como objetivo establecer la cronoestratigrafía, características litológicas, distribución y fuente de los principales depósitos piroclásticos de la cuenca del Alto Biobío, con el fin de comprender el comportamiento eruptivo y

recurrencia de los eventos volcánicos explosivos de los cuatro centros eruptivos que influyen directamente en la cuenca: los volcanes Copahue, Callaqui y Tolguaca y el Complejo Volcánico Lonquimay (CVL).

La metodología utilizada consistió en levantar columnas de detalle, enfatizando la descripción petrográfica y textural de las distintas unidades litológicas, además de la recolección de muestras de fragmentos juveniles y material vegetal carbonizado, contenido en los depósitos, para su posterior análisis. Apoyando las correlaciones entre los depósitos de las distintas secciones levantadas, se seleccionaron muestras para dataciones radiométricas C^{14} , análisis químicos en roca total y secciones delgadas.

La actividad eruptiva explosiva postglacial del CVL está representada por una secuencia de depósitos piroclásticos de ca. 13 m de espesor, reconociéndose varios de ellos a distancias superiores a 20 km de su fuente. Su etapa eruptiva de mayor explosividad habría ocurrido entre los 7.500 y 4.140 AP (IEV ca. 3-4), sin embargo, lo más sorprendente es el desarrollo de flujos piroclásticos hace sólo dos siglos (220 y 190 AP). Entre los 10.200 y 6.300 AP, la actividad volcánica estuvo caracterizada por el predominio de flujos piroclásticos, mientras que, desde los 5.840 AP hasta el presente, su sello es más bien mixto. Los productos juveniles contenidos, principalmente, en sus depósitos de caída son de composición basáltica a traquidacítica de Medio-K. Sin embargo, en las últimas erupciones predomina la composición andesítica, aunque también está presente la dacítica. El período de recurrencia para un evento eruptivo explosivo para este complejo se ha estimado en ca. 300 años.

La actividad eruptiva explosiva postglacial del volcán Callaqui com-

prende unos seis eventos entre los 10.000 y 320 AP. Su etapa de mayor explosividad habría ocurrido entre los 2.630 y 2.280 AP (EIV ca. 4). El material juvenil contenido en sus depósitos de caída es de composición traquiandesítica de Alto-K, lo que representaría prácticamente los productos más ácidos en comparación a sus similares lávicos. El período de recurrencia para un evento eruptivo explosivo se ha estimado en ca. 900 años. No obstante, este volcán representa un alto riesgo por su proximidad a la represa Pangué y por el desarrollo de flujos de detritos en época histórica.

El volcán Copahue tiene una actividad eruptiva explosiva postglacial escasa entre los 10.000 y 2.280 AP, representada por unos seis eventos. Las evidencias geológicas indican que la etapa más explosiva afectó, esencialmente, la vertiente argentina (IEV ca. 3). El material juvenil contenido en sus depósitos de caída es de composición andesítica y traquiandesítica de Alto-K. El período de recurrencia para los eventos eruptivos explosivos se ha estimado en ca. 600 años.

La actividad eruptiva postglacial del volcán Tolguaca es escasa (sólo tres eventos) y es relativamente antigua (entre 8.050 y 6.590 AP), pero de una explosividad importante (IEV ca. 3-4). Los fragmentos juveniles, contenidos en sus depósitos, son de composición andesítico basáltica y traquiandesítica de Medio-K. El período de recurrencia para eventos eruptivos explosivos del volcán Tolguaca estimado carece de validez debido, principalmente, a la ausencia de registro por ca. 6.500 AP.

Finalmente, se ha estimado, para los eventos eruptivos explosivos de la zona de estudio, un período de recurrencia de ca. 200 años. La cifra anterior sugiere que la cuenca del Alto Biobío se encuentra en las puertas de la proba-

bilidad más alta de ocurrencia de un fenómeno destructivo de esta naturaleza.

Prof. Guía.: Sr. José Antonio Naranjo
11.12.1998

ANÁLISIS Y BALANCEO DE ESTRUCTURAS EXTENSIONALES EN DOMINIO DE RIFT Y COMPRESIONALES EN DOMINIO ANDINO. FUNDAMENTO TEÓRICO Y APLICACIÓN, UTILIZANDO INFORMACIÓN SÍSMICA Y EL SOFTWARE GEOSECÔ.

Juan Pablo Radic Lanas

A partir de la construcción de dos secciones estructurales regionales, una ubicada en el Golfo de Suez, Egipto, correspondiente a un ambiente tectónico extensivo en dominio de rift, la otra, ubicada en los Andes colombianos, correspondiente a un ambiente tectónico compresivo en dominio de faja plegada, se realizó el procedimiento de balanceo como método de validación y mejoramiento de interpretaciones estructurales. Este procedimiento se realizó con el software GeosecÔ.

La sección estructural a través del Golfo de Suez, fue denominada "Sección Belayim". Se construyó a partir de la interpretación de dos líneas sísmicas, cuatro pozos exploratorios e información de los yacimientos petrolíferos cercanos al área de estudio, y ha sido validada por medio de su balanceo. Mediante la restauración de la sección, para los distintos eventos sedimentarios, se determinó que la mayor dispersión de

sedimentos clásticos corresponde al Burdigalio, mientras que el desarrollo principal de facies carbonatadas arrecifales, ocurrió durante el Serravaliano. Para este sector del rift del Golfo de Suez se calculó una extensión de 3.072 m, que corresponde a un 8% de la longitud inicial de la sección.

La sección estructural a través de una porción de los Andes colombianos, fue denominada "Sección Huila". Se construyó a partir de la modificación de una interpretación preliminar anterior, hecha por otro autor (interpretación 1). Mediante el procedimiento de balanceo se determinaron las inconsistencias de ésta, y se confeccionó una alternativa. En la reinterpretación propuesta en este trabajo para la sección Huila, se determinó un acortamiento de 5.468 m, lo que corresponde a un 32% de la longitud inicial de la sección. Como consecuencia del

procedimiento de balanceo, se eliminó la existencia de un anticlinal de "subthrust", que estaba considerado como un objetivo de exploración en el área.

Las implicancias que tiene el procedimiento del balanceo en la exploración petrolera, tiene relación con el objetivo perseguido en cada ambiente tectónico. En secciones de ambientes extensionales (dominio de rift), el objetivo del balanceo apunta a la predic-

ción de la distribución de facies en la cuenca, para delimitar los objetivos exploratorios. Por otro lado, en secciones representativas de ambientes compresionales (dominio de faja plegada), el objetivo del balanceo apunta a acotar la factibilidad de trampas estructurales.

Prof. Guía.: Sr. Reynaldo Charrier G.
07.08.1998

METODOLOGÍA PARA EVALUAR EL PELIGRO DE FLUJOS DE DETRITOS EN AMBIENTES MONTAÑOSOS, APLICACIÓN EN LA QUEBRADA LO CAÑAS, REGIÓN METROPOLITANA

Sergio Andres Sepúlveda Valenzuela

El presente trabajo de título tuvo como objetivo proponer una metodología para evaluar el peligro de flujos de detritos en ambientes montañosos. Esta metodología fue aplicada en el sector de la Quebrada Lo Cañas, en la precordillera al suroriente de Santiago. Una evaluación de peligros consiste en identificar los tipos de eventos peligrosos, determinar la frecuencia de tales eventos y definir las condiciones espaciales y temporales de su ocurrencia. Este tipo de estudio es la base de cualquier plan de actividades destinado a la prevención y planificación ante peligros geológicos como son los flujos de detritos, conocidos en Chile como "aluviones".

Las etapas cumplidas para el desarrollo del estudio fueron una revisión bibliográfica y elaboración de un marco

conceptual con una completa caracterización de los flujos de detritos, la ideación y planteamiento de la metodología para evaluar el peligro de flujos de detritos en ambientes montañosos y finalmente la validación de la metodología propuesta en la Quebrada Lo Cañas.

En el marco conceptual se define como flujo de detritos a un proceso de remoción en masa que afecta a una masa de suelo, en el que el material está saturado en agua y tiene una concentración de sólidos tal que se comporta mecánicamente como un fluido no newtoniano. En ambientes montañosos los flujos de detritos son generados más comúnmente por precipitaciones anormalmente intensas sobre suelos potencialmente inestables. Su generación y desarrollo están condiciona-

dos por factores morfológicos, geológicos, climáticos y antrópicos.

La metodología centra el estudio en el reconocimiento de los factores condicionantes y mecanismos de generación de flujos de detritos presentes en la zona de estudio. Con estos antecedentes se determina la susceptibilidad a la generación de "aluviones" y se concluye sobre las condiciones espaciales y temporales de su ocurrencia, mediante la definición de grados de susceptibilidad y de importancia del peligro. Estos se determinan a partir del cálculo de índices basados en la valoración numérica de los antecedentes obtenidos. Los resultados de la investigación se entregan en un informe escrito y en mapas de peligros y de susceptibilidad a la generación de flujos de detritos, más una base de datos y mapas temáticos (geológico-geotécnicos, de suelos y de pendientes).

La aplicación de la metodología en la Quebrada Lo Cañas permitió con-

cluir que las condiciones morfológicas y geológicas de esa zona son altamente favorables para la generación y desarrollo de flujos de detritos, destacando las elevadas pendientes y la abundancia de detritos producto del fracturamiento y meteorización de las rocas de la Formación Abanico, los cuales se acumulan en condiciones inestables. El principal mecanismo de generación en la zona son las precipitaciones de gran intensidad. Diversos elementos indican una alta probabilidad de ocurrencia de nuevos flujos de detritos en la zona. Las áreas bajo mayor peligro son aquellas más cercanas al actual curso de drenaje tanto en la quebrada como en el cono de deyección, donde se encuentra parcialmente canalizado. En este último sector el canal atraviesa por parcelas de la Comunidad Santa Sofía de Lo Cañas, configurándose un riesgo geológico.

Prof. Guía.: Sra. Sofía Rebolledo L.
Sr. Ramón Verdugo
31.12.1998

DEFINICIÓN DE ACUÍFEROS ENTRE LOS ESTEROS LA PATAGUA Y JAURURO, DEL VALLE LA LIGUA, V REGIÓN

Rossana Tapia Salinas

El presente estudio corresponde a la definición de acuíferos en el valle del río la Ligua, entre los esteros la Patagua y Jaururo, Comuna de la Ligua, Provincia de Pctorca, V Región.

El área de interés abarca 12 km a lo largo del cauce mayor del río, cuyo

régimen es fluvial mixto, con crecidas de invierno debido a las lluvias y crecidas de verano ocasionadas por los deshielos.

La zona de estudio está constituida por rocas estratificadas sedimentarias y volcánicas e intrusivas mesozoicas

que se encuentran cubiertas parcial o totalmente por depósitos semiconsolidados terciarios (Formación Confluencia) y no consolidados cuaternarios. Dentro de estos últimos, destacan los depósitos aluviales y fluviales como las unidades más favorables para constituir acuíferos.

De acuerdo a las características hidrogeológicas de estos materiales, se identificó:

- Un acuífero libre desarrollado en los sedimentos aluviales y fluviales a lo largo y ancho del cauce del río La Ligua, de alta permeabilidad y de espesor saturado medio de 24 m; su transmisividad media se determinó en $870 \text{ m}^2/\text{día}$, mientras que su coeficiente de almacenamiento se estimó en 10^{-1} .

- Un acuífero confinado alojado en parte de los sedimentos aluviales y fluviales y en parte de los sedimentos semiconsolidados del Terciario (Formación Confluencia), el cual se distribuye entre las localidades de Pullalli y Placilla; su espesor saturado alcanza los 50 m; se caracteriza hidráulicamente por presentar una transmisividad de $100 \text{ m}^2/\text{día}$ y un coeficiente de almacenamiento estimado en 10^{-3} .

- Un acuitardo desarrollado en parte de los depósitos aluviales y en par-

te de la Formación Confluencia, que se extiende entre las localidades de Placilla y Valle Hermoso; su espesor saturado medio es de 43 m; su transmisividad se determinó en $17 \text{ m}^2/\text{día}$ y su coeficiente y almacenamiento se estimó en 10^{-3} .

El principal mecanismo de recarga del sistema subterráneo es la infiltración de la escorrentía superficial. Debido a la alta permeabilidad de los estratos superiores se genera una estrecha conexión río-acuífero, que regula la afluencia y efluencia a lo largo del valle. Otro factor incidente en la recarga es la infiltración por riego, ya que en el sector existe una importante actividad agrícola que utiliza canales y acequias de regadío. Cabe señalar, que las precipitaciones sólo aportarían a la recarga indirectamente, mediante el aumento de la escorrentía superficial en invierno.

El volumen almacenado en este sistema corresponde a $40.160.000 \text{ m}^3$, equivalente a un caudal anual continuo de 1.270 l/s .

Prof. Guía.: Sra. Sara Elgueta D.
18.11.1998

GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN DEL PROYECTO SAN FÉLIX, VICUÑA IV REGIÓN

Hegel Urrutia Ramos

El proyecto San Félix (PSF), ubicado a 6 km al SE del pueblo de Vicuña, provincia de Elqui IV Región, constituyó un blanco de exploración para la Compañía Minera Riochilex durante 1995 y parte de 1996. En el área se reconoce alteración hidrotermal que afecta a rocas volcánicas andesíticas y mineralización de Cu-Mo asociada.

La geología del área en la cual se ubica el PSF, consiste de una secuencia de lavas andesíticas intensamente lixiviadas y muy fracturadas. Dos cuerpos de rocas porfídicas de composición riolítica y diorítica respectivamente, intruyen a las rocas volcánicas, produciendo una fuerte alteración hidrotermal que en superficie se manifiesta como una intensa anomalía de color. El área afectada por la alteración hidrotermal, ocupa una superficie de 2,4 km², y se dispone elongada en dirección EO. Sus límites coinciden con lineamientos de rumbo N30°O, N40° E y EO, sugiriendo un control estructural para su emplazamiento. Los distintos tipos de alteración presentan una distribución zonada, desde un núcleo de alteración potásica biotítica, la intensidad de la alteración disminuye, pasando hacia la periferia, por alteración fílica, silíceo y propilítica. Finalmente una alteración argílica supérgena, por exposición del área a condiciones oxidantes, se sobrepone a la alteración hidrotermal hipógena.

La mineralización del PSF presenta una zonación vertical, con una parte superficial lixiviada, donde predominan las limonitas y minerales oxidados de Cu. Bajo la zona lixiviada se reconoce una débil zona de enriquecimiento secundario, con escasa diseminación de calcosina y covelina, y en profundidad (aproximadamente 140m bajo la actual superficie), se reconoce la mineralización primaria constituida por calcopirita y pirita.

Estudios geoquímicos en muestras de roca, permiten inferir la presencia de anomalías de Cu, Mo, Pb y Zn. Los dos primeros ocupan la parte central del área, mientras que el, plomo y el cinc se ubican hacia la periferia.

La zonación de los distintos tipos de alteración hidrotermal, el estilo de la mineralización, la presencia de un cuerpo porfídico de composición diorítica, posible generador del hidrotermalismo, y la distribución de las anomalías de cobre y molibdeno, sugieren que la mineralización en el área del PSF, presenta características similares a la de los depósitos del tipo pórfido cuprífero. Sin embargo, por su tamaño y baja ley, se trataría de un depósito que carece de interés económico.

Prof. Guía.: Sr. Waldo Vivallo S.

10.12.1998

GEOLOGÍA, ALTERACIÓN HIDROTHERMAL, MINERALIZACIÓN, GEOQUÍMICA E INCLUSIONES FLUIDAS DE LA ZONA PRIMARIA DEL YACIMIENTO VETIFORME GALLEGUILLOS, PROVINCIA DE COPIAPÓ, III REGIÓN, CHILE

Gustavo Solano Yañez Portilla

El trabajo realizado tiene por objetivo estudiar la geología, alteración hidrotermal, mineralización y geoquímica e inclusiones fluidas de la zona Primaria del yacimiento vetiforme Galleguillos con el fin último de estimar reservas y establecer parámetros que permitan definir guías de exploración a nivel distrital.

Regionalmente, en la zona predominan cuerpos intrusivos de edades jurásico superior - cretácico inferior, que pertenecen a grandes complejos plutónicos emplazados en fallas extensionales de gran desarrollo. Estas rocas intrusivas, junto a rocas volcánicas, representan el arco Jurásico - Cretácico. Se cree que este arco habría estado asociado al desplazamiento episódico de fallas extensionales de bajo ángulo y manteo al este, enraizadas en profundidad en un despegue horizontal.

A nivel regional, el arco está asociado al Sistema de la Falla de Atacama, en el cual se ha observado deformación dúctil y frágil.

La mineralización vetiforme del distrito Galleguillos está espacialmente asociada y emplazada en estructuras del Sistema de la Falla de Atacama, las cuales cortan a rocas plutónicas del arco Jurásico

- Cretácico. Estas rocas corresponden a granodioritas, monzodioritas, monzonitas y adamelitas. La mineralización presente en las estructuras consiste en cobre, oro, cobre - oro, cobre - hierro y hierro.

El yacimiento Galleguillos está ubicado en la provincia de Copiapó a 45 km al NNW de Copiapó, en el sector noroeste de la sierra Galleguillos, corresponde a un estructura emplazada en una monzodiorita cuarcífera, con mineralización de cobre como mena principal y oro subordinado. Esta presenta una zonación vertical, distinguiéndose una zona de óxidos, una zona de transición, una zona de enriquecimiento secundario y por último una zona primaria.

En el yacimiento Galleguillos la zona primaria ocurre bajo los 240m de profundidad, presentando texturas y mineralogía de carácter epitermal en la cual se reconocen dos etapas. Una etapa temprana asociada a mineralización de piritita-calcopiritita-oro y otra asociada a mineralización de piritita-calcopiritita-bornita y oro.

La alteración hidrotermal consiste en una alteración sericítica asociada a la primera etapa de mineralización y una alteración clorítica posterior.

La veta Galleguillos se encuentra emplazada a lo largo de una falla de tipo sinistral, con actitud N 15° E/80° W. Esta es cortada y desplazada hacia el oeste por fallas NW. Los cuerpos mineralizados aparecen en forma de bolsanadas asociadas a zonas de codos extensionales a lo largo de la estructura principal. La distribución espacial de la mineralización en la zona primaria, tanto de cobre como de oro, está ligada a zonas donde la veta aparece con un mayor espesor.

De acuerdo con el estudio y el análisis estructural, se puede comparar la mecánica del emplazamiento de veta Galleguillos con un modelo de dilatación volumétrica y difusión de fluidos. Este modelo permite explicar la mineralización en zonas de fracturas durante un desarrollo extensional de carácter episódico e incremental.

De acuerdo a la alteración y mineralogía, estilo de emplazamiento, y corroborado por datos de microtermometría de inclusiones fluidas, el sistema de vetas al cual pertenece Galleguillos puede ser comparable con un sistema epitermal de baja sulfidización.

Datos geoquímicos indican valores de cobre que van desde un 1,1 hasta

un 7% y oro con valores de hasta 3 ppm.

Los sectores reconocidos de la veta que aparecen mineralizados son tres, puesto que además de la mineralización presente en Galleguillos, es posible identificar uno ubicado al norte en mina San Antonio y el otro ubicado al sur en el sector denominado el Chiflón, para los cuales se proponen labores de prospección y desarrollo. También, a partir de las actuales labores de la mina, se propone la exploración de veta Pigmalión, paralela a veta Galleguillos. Para todos estos sectores se han estimado recursos y reservas que debieran ser evaluados por la compañía.

Desde 1980 en adelante la explotación de la zona primaria alcanza a un total de 11.460 ton de cobre concentrado. Las leyes de mineral alcanzan promedios de 2,52% Cu insoluble y 4,51 g/t Au.

La estimación de reservas y recursos futuros alcanzan aproximadamente a 1.765.000 t, de las cuales 165.000 t corresponderían a mina Galleguillos.

Prof. Guía.: Sr. Carlos Palacios M.

18.12.1998