

GEOLOGÍA DE LA FORMACIÓN FARELLONES EN EL ÁREA DEL RÍO COLORADO, CORDILLERA DE LOS ANDES DE LA V REGIÓN, NORTE DEL RÍO ACONCAGUA

René Díaz Cárcamo

En el área de estudio, comprendida entre los paralelos $32^{\circ}30'$ - $32^{\circ}56'$ de latitud sur y los meridianos $70^{\circ}06'$ y $70^{\circ}27'$ de longitud oeste, afloran rocas volcánicas asignadas a la Formación Farellones. Las rocas de esta formación tienen una amplia distribución en la Cordillera de los Andes de Chile Central. En general, en la mayor parte de los estudios referidos a esta formación se enfatizan los aspectos estratigráficos, y en menor medida aquellos que dicen relación con los estilos y productos de la actividad volcánica. El objetivo del presente estudio es definir, en este sector, edad, relaciones estratigráficas y estilos de la actividad volcánica.

El área fue mapeada a escala 1:50.000 y sus resultados representados en un mapa a escala 1:100.000; las relaciones estratigráficas fueron estudiadas en cinco columnas y la petrografía de las rocas volcánicas se estudió por medio de secciones delgadas al microscopio (50) y difracción de rayos X en el caso de las rocas alteradas. La determinación de la composición química se hizo a partir del análisis de elementos mayores y tierras raras practicadas a 21 muestras de rocas volcánicas. Las

edades de cinco muestras fueron determinadas por los métodos K/Ar y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$.

Los resultados permiten concluir que, en el área, las rocas de la Formación Farellones se depositaron discordantemente sobre un paleorelieve desarrollado en rocas de la Formación Los Pelambres, y pueden ser subdivididas en tres unidades estratigráficas, que de más antiguo a más joven corresponden a: una unidad inferior compuesta de ignimbritas riolíticas y riodacíticas con intercalaciones de fangolitas y areniscas carbonatadas, con edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de $22,0 \pm 0,5$ Ma en ignimbrita. Estas representan una actividad volcánica de tipo explosivo con desarrollo de calderas, en donde las ignimbritas, riodacitas y sedimentos carbonatados corresponden a depósitos de flujo piroclástico, lavas y depósitos lacustres de intracaldera. El equivalente intrusivo del evento volcánico estaría representado por las granodioritas del río Colorado ($19,5 \pm 0,5$ Ma, K/Ar), que se encuentran intruyendo únicamente a las rocas que infrayacen al miembro inferior. La unidad intermedia se dispone concordantemente sobre la unidad inferior y está repre-

sentada por rocas andesíticas, andesítico-basálticas y dacitas subordinadas, con niveles epiclásticos intercalados. Sus edades K/Ar y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ están comprendidas en el rango de $17,8 \pm 0,7$ (K/Ar) a $13,7 \pm 2,4$ Ma (K/Ar), y están afectadas por la intrusión de una serie de cuerpos subvolcánicos correspondientes a filones y stocks. Esta unidad marca un cambio en el estilo de la actividad volcánica, caracterizada por el desarrollo de centros de emisión de grandes y pequeñas dimensiones del tipo estratovolcanes, que se ubican respectivamente al interior y en el borde occidental de las calderas desarrolladas durante el primer ciclo volcánico. Finalmente, la unidad superior corresponde a rocas epiclásticas con intercalaciones de depósitos piroclásticos de caída, la que se encuentra intruida por numerosos filones manto y diques de composición intermedia a dacítica que representan una actividad volcánica de menor intensidad, antes del cese del volcanismo en este sector. Stock dacíticos de 13,7 Ma presentes en la zona, representarían los cuerpos magmáticos que sellan la actividad volcánica. Un pulso magmático tardío se registra alrededor de los 9,0 Ma, y está representado por pequeños cuerpos subvolcánicos dacíticos que cortan toda la secuencia.

Los contenidos de elementos traza, en particular los de tierras raras,

de las rocas volcánicas y subvolcánicas de la Formación Farellones en ésta área, sugieren que la primera etapa de actividad volcánica se habría desarrollado en un ambiente tectónico extensional, al menos a nivel superficial, comprometiendo una corteza relativamente delgada, que no habría superado los 40 km de espesor. La actividad volcánica desarrollada a partir de los 17,8 Ma, se diferencia levemente en el patrón de tierras raras. Este período es compatible también, con un régimen extensivo, y con valores de espesor cortical levemente mayores a los de la fase anterior. Los valores más altos de la razón La/Yb para rocas de edades más jóvenes que $13,7 \pm 2,4$ podrían indicar un aumento progresivo de espesor cortical en el tiempo.

Finalmente, la actividad magmática cesa alrededor de los 9 Ma, coincidiendo con la fase de alzamiento principal de la Cordillera Principal y una disminución en el ángulo de subducción. El alzamiento está expresado, en este sector, por la deformación frágil que afecta a todas las unidades de la Formación Farellones y la exposición en superficie de las raíces del arco magmático desarrollado durante el Oligo-Mioceno inferior.

Prof. Guía.: Sr. Sergio Rivano
19.12.1996

PETROGRAFÍA Y ESTRUCTURA DE LA FORMACIÓN LA LIGUA PROVINCIA DE PETORCA, V REGIÓN

Sergio Giglio Mestre

El presente trabajo de título tuvo como objetivo el estudio de la estructura y petrografía de las unidades asignadas a la Formación La Ligua, de edad tentativa triásica superior. La información obtenida en terreno se ha vertido en un mapa geológico a escala 1:50.000. Se han diferenciado dos dominios en base a las unidades litológicas que los componen, rasgos de deformación y distribución espacial, dominios oriental y occidental. Estos corresponden a los flancos oriental y occidental de un pliegue anticlinal.

El Dominio Oriental está constituido por rocas volcánicas piroclásticas, tales como tobas líticas y cristalinas, brechas y conglomerados y localmente intercalaciones métricas de sedimentitas. El rasgo estructural más importante dentro de este dominio lo constituye un clivaje característico de manteo al oeste, el cual se presenta cortando los planos de estratificación. Además se reconocen dos sistemas de fallas de naturaleza distensiva de orientaciones NE y NW.

El Dominio Occidental está compuesto por rocas sedimentarias y volcanoclásticas dentro de las cuales se intercalan concordantemente cuerpos lenticulares de riolitas bandeadas. Estas rocas están afectadas por un evento de deformación dúctil D1, el cual desarrolla unidades metamórficas tales como filitas,

esquistos, esquistos ocelares y milonitas. Estas unidades se distribuyen en franjas de rumbo N-S a NNE, con potencia máxima de 2 Km. Posterior al evento D1, se desarrolla un evento de deformación rígido D2, el que genera dos sistemas de fallas, uno corresponde a fallas de rumbo dextrales de orientación general NW y el otro a fallas con movimientos de tipo sinistral e inversos de orientación general NE.

El evento D1 afecta a unidades triásicas de la Formación La Ligua, no observándose en unidades de la formación sobreyacente, Formación Quebrada del Pobre, lo que indica que las unidades triásicas ya se encontraban deformadas al momento de la depositación de la secuencia Jurásica. En cuanto al evento D2, el sistema de fallas NE, se observó en su continuidad por el norte afectando a unidades de la Formación Quebrada del Pobre, lo que indica la posible existencia de una falla de carácter regional de orientación N-S a NNE, que afecta a unidades triásicas y jurásicas.

Las rocas del Dominio Oriental indican depositación en un ambiente continental con productos volcánicos de tipo explosivo con cortas etapas de inactividad, lo que permitió la acumulación de escasos y poco potentes niveles de sedimentos terrígenos. El Dominio occidental define un cambio

gradual de facies depositacionales entre un ambiente volcánico marino para la Formación Pichidangui que aflora al NW del área de estudio y uno volcanoclástico continental para el

Dominio Oriental de la Formación La Ligua.

Prof. Guía.: Sr. Francisco Hervé A.
05.12.1996

MODELO GEOLÓGICO DE EVALUACIÓN METALÚRGICA YACIMIENTO LOS BRONCES COMPAÑÍA MINERA DISPUTADA DE LAS CONDES

Marcelo Marti Gutiérrez

El objetivo del presente trabajo es la creación de un modelo geológico de evaluación metalúrgica, que permita la predicción del comportamiento del mineral y de sus resultados en la planta de flotación durante la obtención de concentrados de cobre en el yacimiento Los Bronces, de propiedad de Compañía Minera Disputada de Las Condes S.A.

La creación del modelo de evaluación, se basa en la identificación de características y parámetros geológicos, fundamentalmente mineralógicos, que influyen en el proceso de flotación, y ha sido abordado utilizando herramientas geológicas de mapeo, análisis microscópicos, estadísticos, interpretación y correlación de las variables mineralógicas con resultados metalúrgicos de laboratorio.

Basado en esta metodología, se ha logrado establecer una zonación

mineralógica del yacimiento, una correlación entre las características del mineral y los resultados obtenidos en el proceso de flotación industrial, identificando cinco tipos de bloques metalúrgicos en que cada uno de ellos presenta características mineralógicas propias y predictivas que se correlacionan con los resultados obtenidos en el proceso de flotación.

Los errores de estimación obtenidos en las predicciones de los resultados de recuperaciones y leyes de concentrados cumplen con la certeza exigida en la planificación de las operaciones mineras y resultados metalúrgicos para un año de operación.

En la práctica la predicción del comportamiento y de los resultados metalúrgicos ha sido lo suficientemente eficiente, ya que ha permitido crear una metodología que cuantifica los fenó-

menos geológicos para la aplicación industrial y la creación de definiciones comunes entre geólogos, ingenieros de minas y metalurgistas, de tal forma

que todos los planes productivos están referidos a estas definiciones.

Prof. Guía.: Sr. Carlos Palacios M.
02.12.1996

DETERIORO DE LOS PILARES EN EL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN HUNDIMIENTO PREVIO. SECTOR TENIENTE-3 ISLA. YACIMIENTO EL TENIENTE

Nélsón Omar Quezada Núñez

El yacimiento El Teniente, desde el inicio de su explotación en 1906, hasta 1982, obtuvo su producción de mineral de cobre de enriquecimiento secundario mediante el método de explotación Hundimiento por Bloques. A partir de entonces, se incorporó mineral de la zona de roca primaria, la que se caracteriza por presentar mayor rigidez y dureza, fragmentación más gruesa y menor ley que la roca con enriquecimiento secundario. Esto último trajo como consecuencia la necesidad de modificar el método de explotación tradicional al denominado Hundimiento por Paneles con traspaso de equipo mecánico, lo que implica un aumento de la luz de las labores, mayor altura de los bloques de reservas y la fijación de altos ritmos de producción para cada línea de hundimiento. Sin embargo, a pesar de cumplir con el objetivo económico planificado, la experiencia demuestra que la línea de hundimiento de este método tiene asociada una redistribución de los esfuerzos en el

macizo rocoso que incide en un deterioro de las labores de los niveles inferiores al de hundimiento, contribuyendo a definir, en la roca primaria, un comportamiento geomecánico propenso a presentar inestabilidad evidenciadas por colapsos de pilares y labores, y estallidos de rocas.

Dado que la producción, en un futuro cercano, provendrá exclusivamente de roca primaria y a modo de disminuir el deterioro de los pilares en los niveles inferiores al de hundimiento, se propuso una variante al método de explotación Hundimiento por Paneles, denominada Hundimiento Previo.

Esta variante consiste en llevar adelantado el frente de hundimiento y llevar retrasado gran parte de la preparación de los desarrollos y construcciones en los niveles inferiores, bajo área ya hundida.

El presente estudio tuvo como objetivo general determinar, teórica y

experimentalmente, el deterioro de los pilares, pertenecientes a un área experimental de 24.000m², frente a la aplicación del método de explotación Hundimiento Previo.

El estudio se realizó en dos diseños de pilares, de dimensiones 11m x 16m x 26m y en diferentes escenarios estructurales.

Se concluye que el diseño de dimensión mayor es más resistente, en los diferentes escenarios estructurales, dado que el diseño de dimensión menor tiene una resistencia del 81% del diseño de dimensión mayor. Además, se concluye que los pilares más resistentes se encuentran ubicados en un escenario estructural de escasa presencia de estructuras y los pilares menos resistentes se encuentran ubicados en un escenario estructural de abundante presencia de estructuras.

El deterioro de los pilares quedó reflejado en la caída del parámetro de calidad geotécnica del macizo rocoso RQD, medido en las paredes de la labor, y en el aumento del parámetro frecuencia de fracturas por metro (ff/m), monitoreados durante cinco meses.

El estudio permitió concluir que el método de explotación propuesto puede ser viable en las diferentes áreas de producción del yacimiento El Teniente para lo cual se debe conocer las propiedades de calidad del macizo rocoso y los esfuerzos a que está sometido para definir los diseños de pilares apropiados.

Prof. Guía.: Sra. Sofía Rebolledo L.
09.12.1996

GEOLOGÍA, ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN DE COBRE - ORO, EN EL PROSPECTO NÉMESIS, III REGIÓN - COPIAPÓ, CHILE

Leonardo Torres Gómez

El prospecto de Cu-Au Némesis se ubica en la Tercera Región de Atacama, a 140 km en dirección sureste de la ciudad de Copiapó; cubriendo una superficie de 1,5 x 1,5 km. Las coordenadas geográficas del proyecto son 28°08' latitud sur y 69°23' longitud oeste.

El estudio, que tuvo como objetivo identificar el tipo de mineralización

presente en el prospecto Némesis, se centró en la descripción de las unidades litológicas y asociaciones mineralógicas de alteración, definiendo su distribución espacial y temporal; disposición de lineamientos y estructuras mineralizadas; definición de los patrones de distribución de elementos mayores y en trazas en las diferentes unidades de roca, y los valores de presión,

temperatura y salinidad de los fluidos hidrotermales, causantes de la mineralización.

El ámbito geológico regional está representado por una secuencia de basaltos y andesitas jurásicas, cubiertas por una serie de sedimentos conglomerádicos de color rojo, de probable edad terciaria. Sobre estos depósitos y en forma concordante, se reconocen dacitas y aglomerados volcánicos de 34 Ma, los cuales constituyen, junto a lavas de la zona sur de la Franja de Maricunga, al sureste del volcán Copiapó, las únicas evidencias de volcanismo, de esta edad, conocidas a la fecha en los Andes del norte de Chile, donde el magmatismo está representado principalmente, por intrusivos a los cuales se asocian los pórfidos cupríferos cocenos - oligocenos.

Los resultados de este trabajo indican que en el área del prospecto afloran rocas volcánicas e intrusivos hipabisales, cuya composición varía desde andesita a dacita, en el caso de los pórfidos, y de andesita a toba riolítica en el caso de las rocas extrusivas, definiendo un ambiente volcánico - subvolcánico. La secuencia estratigráfica incluye la presencia de lavas andesíticas correlacionable con la unidad de basaltos y andesitas jurásicas reconocida regionalmente como roca de caja, la cual está intruída por un pórfido andesítico, que a su vez, se encuentra intruído por un pórfido dacítico datado en 16,7Ma, correspondiente a un domo, al que se asocia un anillo de tobas riolíticas.

Todas las rocas aflorantes en el área del prospecto están afectadas por alteración hidrotermal, la que presenta una zona central potásica y periféricamente el desarrollo de una

zona propilítica, ambas afectadas por la sobreimposición de alteración fílica. Durante la etapa de alteración potásica, caracterizada por la presencia de biotita, vetillas de cuarzo-magnetita y cuarzo-feldespatos potásico, se depositaron contenidos anómalos de oro (0.26 ppm en promedio) y cobre (291 ppm en promedio). Le siguió una moderada alteración propilítica en los márgenes del sistema, representada por la asociación clorita-epidota, para luego sobreimponerse una fuerte alteración fílica, de amplio desarrollo areal, caracterizada por abundante sericita y cuarzo.

La distribución del oro está controlada por un enrejado de vetillas de cuarzo / cuarzo-magnetita / cuarzo-feldespatos potásico, cuyas vetillas presentan una dirección preferencial NO. Las concentraciones anómalas de cobre se expresan, superficialmente por la presencia de pátinas de malaquita y relleno de fracturas con chalcantita.

La composición de la roca original ejerce un marcado control sobre las asociaciones mineralógicas de alteración. Así se explica, la afinidad de biotita secundaria diseminada con el pórfido andesítico, y la asociación preferencial de vetillas de cuarzo-feldespatos potásico en la toba riolítica y el pórfido dacítico.

Del resultado del estudio de inclusiones fluidas, se desprende una condición de confinamiento a alta temperatura (450° - 500°C), y de alta salinidad (45 - 55% NaCl eq.) para los fluidos mineralizadores, y responsables de la alteración potásica.

Celdillas con relleno limonítico, que se distribuyen de manera periférica en

