



RESEÑA DE LA EXPLORACION Y GEOLOGIA DEL CLUSTER DE PORFIDOS DE COBRE TOKI. DISTRITO CHUQUICAMATA

Sergio L. Rivera (srive003@em.codelco.cl), Rubén Pardo C (*), Hugo Alcota, Carolina Fontecilla, Paola Kovacic V., Jorge Pizarro A (**). y Juan Rojo C.
Exploraciones Mineras Andinas S.A.; Apoquindo 4775 Of. 602, Santiago, Chile
(*) Rio Tinto Mining and Exploration Ltd. (ruben.pardo@riotinto.com);
(**) Codelco Chile (JPiza006@codelco.cl)

INTRODUCCIÓN

El descubrimiento del gran sistema porfírico compuesto de varios cuerpos mineralizados con Cu que ocurren en un área de unos 28 km², y que a la fecha suman 19 Mt de Cu fino como recurso, es el resultado más importante logrado por las exploraciones de Codelco en Chile y, en particular, el ámbito del Distrito Chuquicamata. Este sistema se conoce como Cluster Toki, y aunque en publicaciones previas se han dado a conocer resultados parciales (Rivera y Pardo, 2004; Rivera et. al. 2003), se considera que es de interés conocer una reseña actualizada y que muestre, en forma conjunta, como se ha desarrollado la historia de la exploración y los resultados en términos de información geológica de los yacimientos encontrados. Esto es más interesante debido que, además de Genoveva, Toki y Quetena, en los últimos años se han agregado más recursos provenientes de dos nuevos cuerpos descubiertos en el Cluster, que no se han descrito en publicaciones hasta ahora..

El Cluster Toki representa uno de los descubrimientos más notables alcanzados en los primeros años del siglo XXI en el país. Es, además, uno de los escasos nuevos hallazgos producto de la actividad exploratoria, que se ha caracterizado por una verdadera sequía de resultados en los últimos 10 años (Metals Economic Group, 2005). Entre sus particularidades principales está el yacer completamente oculto por gravas postminerales, y encontrarse en una de las zonas más exploradas en el territorio. De hecho en uno de los cuerpos (Opache) se habían perforado sondajes anteriores y en los otros, habían sondajes exploratorios ubicados a unos 2 km. (Toki). Los yacimientos se encuentran incluidos en los planes de desarrollo de la División Codelco Norte para producir cátodos de Cu hacia el año 2013.

La reseña aquí presentada se basa en los trabajos de exploración realizados por Codelco en el área en el período 1998-2006. Se cuenta con una base de más de 150.000 m de sondajes diamantinos y otros 40.000 m de perforaciones Aire Reverso. A esto se suman observaciones geológicas, estudios y datos de ensayos químicos. Se estima que detrás de estos resultados están las observaciones de al menos una cincuentena de geólogos.

RESEÑA DE LA EXPLORACIÓN Y DESCUBRIMIENTOS

Los eventos que han marcado los descubrimientos que conforman el Cluster Toki, se pueden resumir como sigue:

En el año 1996 se descubrió el yacimiento Opache, que corresponde al antiguo prospecto

San Salvador que fuera explorado en los 80's. El hallazgo fue producto de un proyecto de exploración generado por Codelco en el área SW y W de Calama, en donde se revisó al antiguo prospecto y se exploró con sondajes diamantinos, los que marcaron la diferencia con sondajes antiguos del tipo Rotary con muestras de escasa representatividad. El cuerpo Opache contiene recursos inferidos de sulfuros supérgenos óxidos por unos 1,6 Mt Cu.

En el año 1998 se reactivó el programa de exploración distrital en el entorno de Chuquicamata. Se realizó un esfuerzo mayor en sintetizar toda la información geológica y de exploración disponible y se generó un nuevo portafolio de prospectos. En sentido contrario al pensamiento de la época, se puso en alta prioridad una pampa ubicada al NW de Calama, en cuyo extremo norte sondajes antiguos habían encontrado rocas anómalas en Cu y con evidencias de alteración interpretable con porciones marginales de sistema porfírico. Luego de reconocer los bordes de la pampa se decidió explorarla con sondajes "scouting" espaciados a 1 km. El seguimiento con sondajes diamantinos de la anomalía más fuerte permitió encontrar Genoveva el año 1999. Se trata de un cuerpo de óxidos con recursos geológicos inferidos por unos 0,3 Mt Cu, oculto por unos 40 m de gravas...

En el año 2001 el seguimiento con sondajes diamantinos de una segunda anomalía encontrada con los pozos scout, permitió descubrir el cuerpo denominado Toki. La posterior delineación de este cuerpo, entre los años 2001 y 2003 ha permitido inferir recursos geológicos por unos 9,3 Mt Cu. De estos recursos 1,8 Mt Cu corresponden a óxidos y mixtos, mientras que unos 7,5 Mt Cu son sulfuros supérgenos y primarios. Toki yace bajo uno 150 m de gravas.

En el año 2002 se decidió poner en ciertos sectores entre los cuerpos encontrados, sondajes scout adicionales, esta vez espaciados a 500 m. Esta estrategia permitió encontrar ese año el cuerpo Quetena. Se ubica a medio camino entre Genoveva y Toki. Cuenta con recursos totales que suman 5 Mt Cu. Este cuerpo yace bajo 100 m de gravas postmimerales, y la porción superior de óxidos y mixtos tiene recursos por 1,2 Mt Cu. Los sulfuros supérgenos y primarios suman unos 3,8 Mt Cu.

A partir del año 2004 el Cluster Toki comenzó a entregar sus mayores sorpresas. La primera de ellas provino de la decisión de perforar algunos sondajes profundos por debajo del cuerpo de Genoveva. Esto se resolvió sobre la base de la existencia en los últimos metros de un sondaje de filones de pórfido con una muy discreta ocurrencia de bornita. No obstante la idea que el cuerpo de óxidos correspondía a la oxidación in situ de un protore de muy baja ley de Cu (media 0,3 % Cu), y que era muy improbable que existiera una zona de mejor ley en profundidad, se decidió probar con sondajes profundos. De esta manera se encontró una intersección de 455 m, de 0,5 % Cu a unos 200 m por debajo del nivel de óxidos original. La posterior delineación de estos recursos agregó otros 2,5 Mt de recursos geológicos inferidos en sulfuros primarios.

La segunda sorpresa ha provenido del seguimiento con sondajes de perforaciones ubicadas al este del cuerpo Toki. En los primeros meses del año en curso se ha descubierto un nuevo cuerpo, que contendría un potencial de recursos geológicos por más de 1,5 Mt Cu tanto en óxidos como en sulfuros supérgenos y sulfuros primarios. Este nuevo cuerpo aún se encuentra abierto en sus extensiones

al NE, SE y en profundidad, y con su descubrimiento los recursos del Cluster Toki superarían los 20 Mt Cu como recursos inferidos.

De lo anterior, se estima que los siguientes factores han sido claves para conseguir los descubrimientos en el Cluster Toki: el uso del conocimiento experto para identificar posibilidades a partir de evidencias sutiles, la generación de un modelo de exploración para poner a prueba con sondajes, la decisión de explorar en forma agresiva y sistemática con sondajes en malla regular, la confianza y apoyo de las instancias de decisiones para hacer el seguimiento de las anomalías encontradas por el scout, la persistencia de seguir probando aún ideas con aparente poco sustento. El factor clave, sin embargo, es la capacidad y optimismo de un equipo de exploradores muy motivados y entusiasmados, en definitiva “obsesionados” por lograr nuevos descubrimientos.

RESUMEN DE LA GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN

La roca de caja del sistema porfírico son volcanitas paleozoicas, datadas en 274 a 279 Ma. Se trata de secuencias de flujos andesíticos con intercalaciones de tobas dacíticas. Esta unidad se encuentra intruida por monzodioritas y tonalitas de edades Eoceno Superior-Oligoceno Inferior que representan extensiones del complejo Fortuna (Rivera et. al., 2003). Hacia el oeste la unidad volcánica se encuentra cubierta de sedimentitas marinas jurásicas. Las estructuras principales son fallas de orientaciones NNE y NW. Las rocas estratificadas se inclinan hacia el oeste. Las unidades más modernas son gravas y niveles de arcillas de poca consolidación. Niveles de ceniza intercalados cerca de la superficie actual entregan edades de 9,6 Ma.

Dentro de un área de 6 km², encajados por las volcanitas paleozoicas y las intrusiones terciarias, ocurren varios cuerpos de pórfidos tonalíticos que, en general, tienen formas tabulares orientados NE. Se han reconocido fases sucesivas del tipo sin, intra y post minerales, que no exhiben variaciones de composición y texturas muy relevantes. En ocasiones existen brechas ígneas con matriz de pórfido. Las estructuras principales son fallas NW, que en casos desplazan los cuerpos de pórfidos. Estas estructuras alojan en parte a sistemas conspicuos de vetas tardías tipo “D”. Estos cuerpos de pórfidos tienen edades entre 39 y 35 Ma.

Si bien se han reconocido cuerpos de pórfidos distribuidos por toda el área, existen centros mayores vinculados a los cuerpos mineralizados principales. De oeste a este estos son: Genoveva, Quetena, Toki y Toki Este. Opache se encuentra ubicado al sur del grupo anterior. En general se observa un grado de erosión creciente hacia el este, reflejado por los niveles de exposición de los sistemas. Los temas comunes a todos ellos son: la relación con varias fases de pórfidos de composición tonalítica, zonaciones de alteración y mineralización primaria (de bajo contenido de sulfuros totales y de baja razón pirita/sulfuros de Cu), y estructuras postminerales NW. Difieren en el grado de alteración fílica, en los perfiles de alteración-mineralización supérgena, y en el espesor de cubierta postmineral...

La mineralización hipógena en Quetena, Toki y Toki Este consiste en núcleos de bornita > calcopirita, que varía a una mayor razón calcopirita/bornita y luego pirita/calcopirita hacia el

exterior. Las vetas tipo “A” dominan y concentran la bornita y calcopirita, en algunos casos se desarrollan vetas denominada “AA” llamadas así por su potencia y relación con las altas leyes de Cu. La alteración potásica intensa que acompaña los centros de mejor ley de Cu, varía a propilitización hacia los bordes. La alteración fílica relacionada a vetas “D”, es común a lo largo de los sistemas de fallas NW. La siderita es un mineral común acompañando la mineralización de sulfuros de cobre.

Los centros de Genoveva y Opache muestran diferencias respecto del patrón más común observado en los otros cuerpos. En Opache domina la alteración fílica en relación a cuerpos mayores de pórfidos y brechas intraminerales de alta razón pirita/calcopirita. El protore, aunque poco reconocido con sondajes, es de calcopirita dominante y de baja ley de Cu. En Genoveva la zonación de sulfuros primarios desde un borde rico en pirita a un centro de mayor bornita está muy bien documentada. De la misma forma mientras que cerca de la superficie actual existen solo filones discretos de pórfidos tonalíticos, sus volúmenes se incrementan en profundidad, en relación a un centro de alta ley primaria con bornita y calcopirita en relación con alteración de biotita-actinolita-feld. K.

La columna supérgena es variable y presenta relación directa con la naturaleza de la mineralización primaria y alteración expuestas. Mientras que en Genoveva, el primer cuerpo descubierto, existe un discreto nivel de óxidos negros>>>verdes de leyes bajas, el desarrollo vertical y razón óxidos verdes/negros es notablemente mayor en los cuerpos de Quetena, Toki y Toki Este. Los óxidos verdes dominantes son malaquita con cantidades menores de atacamita, azurita y crisocola.

Los mantos supérgenos de desarrollo limitado, tienen un fuerte control por el sistema de vetas-fallas tipo D, y tienen mayor ocurrencia en Toki y Toki Este que en Quetena, y casi inexistente en Genoveva. En Opache, sin embargo, el mayor volumen de la alteración fílica con pirita, permitió que se desarrollara un importante horizonte de sulfuros supérgenos con calcosina.

AGRADECIMIENTOS

Se debe hacer un reconocimiento al equipo de geólogos de proyecto, empresas de servicios y personal de apoyo con cuyo esfuerzo agregado se pudo alcanzar el descubrimiento y posterior delineación de los recursos de los distintos cuerpos que conforman el Cluster Toki. Se agradece a Codelco por su autorización para hacer públicos estos resultados, en la persona del Gerente Corporativo de Exploraciones, Sr. Carlos Huete.

REFERENCIAS

- Metals Economic Group, 2005, Strategies for copper reserve replacement: Halifax, Nova Scotia, Metals Economic Group, Canada, 381 p.
- Rivera, S.L., Kovacic, P., y Pardo, R., 2003, Descubrimiento del pórfido de cobre Quetena y actualización del conocimiento geológico del Cluster Toki: Convención Anual del Instituto de Ingenieros de Minas, 54th, Antofagasta, CD-ROM, 21 p.
- Rivera, S.L., y Pardo, R., 2004, Discovery and Geology of the Toki porphyry copper deposit, Chuquicamata district, northern Chile: Society of Economic Geologist Special Publication 11, p. 199-211