



## LA BRECHA HIDROTHERMAL DEL YACIMIENTO IVAN EN LA CORDILLERA DE LA COSTA DE ANTOFAGASTA

Mario Vivanco\*

### Introducción

El Yacimiento Iván es un cuerpo de 3 millones de toneladas de sulfuros y oxidados de cobre con una ley media de 3%. Se encuentra a 35 km al NE de la ciudad de Antofagasta, en el flanco occidental de la Cordillera de la Costa, sector conocido como Distrito El Desesperado.

En esta contribución se resumen las observaciones geológicas de detalle (mapeo de sondeos y labores mineras) realizadas en este yacimiento durante cuatro años de exploración de Minera Rayrock Ltda. El apoyo de análisis químico, cortes transparentes y pulidos, difracción de rayos-X y dos dataciones radiométricas K-Ar, fueron centrados en una de las principales secciones del yacimiento.

### Marco geológico.

El Yacimiento Iván es uno de los muchos depósitos de cobre desarrollados en el Arco Magmático La Negra<sup>1, 2</sup>. En el Distrito El Desesperado, las rocas que lo conforman son las de la Formación La Negra<sup>3</sup>, que se

encuentran intruídas por el Batolito de la Costa. Las rocas estratificadas son volcánicas andesíticas y sedimentarias epiclásticas de origen continental. Los principales cuerpos intrusivos son monzodioritas y dioritas cortados por filones dioríticos y andesíticos. Las características litológicas de la Formación La Negra y las edades absolutas de los cuerpos que la intruyen, permiten asignarle una edad Jurásico Medio-Superior, mientras que el complejo intrusivo y sus diferenciados magmático - hidrotermales se habrían desarrollado durante el Jurásico Superior a Neocomiano<sup>4, 5, 6</sup>.

### Geología del Yacimiento Iván.

El Yacimiento Iván es un complejo de brechas hidrotermales ligadas a fallas. Su roca caja es una secuencia de composición andesítica, conformada por volcanoclásticos (brechas de flujo y sedimentos) que gradan hacia niveles superiores lávicos. Estas rocas están intruídas por un stock monzodiorítico que desarrolló una brecha ígnea en la zona de contacto con la secuencia andesítica. Sobre esta brecha ígnea se formó el complejo de Brecha Iván y otras brechas piritosas.

\* Minera Rayrock Ltda. Mina Iván.  
Casilla 320, Antofagasta, Chile.

Diques tardíos cortan al conjunto. Los más importantes, debido a que atraviesan al yacimiento, son el Dique Oeste (diorítico) y el Dique Este (andesítico).

**Brecha Iván.** La columna de Brecha Iván tiene forma elipsoidal y se extiende hasta una profundidad de 400 m donde se asocia a una zona de vetas y vetillas de sulfuros de cobre en la brecha ígnea. Presenta un desarrollo irregular en la vertical, ancho en los niveles inferiores y angostándose a medida que asciende. Sus dimensiones laterales no superan los 300 m de largo por 100 m de ancho. A escala de la columna, Brecha Iván se caracteriza por una zona externa afectada por un denso fracturamiento y un relleno hidrotermal polidireccional, denominado "Brecha de Ruptura" que decrece hacia la roca caja. En el centro de la brecha se desarrolla un cuerpo claramente brechoso, denominado "Brecha Rosada", debido a que presenta fragmentos intensamente blanqueados y soportados por una matriz sulfurada. Sus márgenes con la Brecha de Ruptura son fallas que canalizan gruesos stockworks de calcopirita, conocidos como "Brecha Negra".

El vetilleo polidireccional de la Brecha de Ruptura es una asociación de albita, cuarzo, clorita, menor feldespatos potásico y epidota, ocurriendo junto con una mineralización primaria zonada desde un centro de bornita>calcosina, rodeado por una estrecha zona de calcopirita que grada a una mineralización externa de pirita.

La mayor brechización lateral y penetratividad de esta actividad hidrotermal se desarrolla en los niveles volcanoclásticos, a diferencia de la brechización de los niveles lávicos superiores. En estas zonas más permeables, los fragmentos exhiben una fuerte mineralización disseminada y el fracturamiento se encuentra sellado por el material hidrotermal.

La matriz de la Brecha Rosada es calcosina>bornita y trazas de calcopirita. Clorita magnesia es común y se asocia con una subordinada presencia de vetillas de feldespatos alcalinos y epidota. Los fragmentos son subangulosos a subredondeados y se encuentran blanqueados debido al desarrollo de la asociación albita, cuarzo y hematita, que se extiende desde los bordes de los fragmentos hacia sus centros. Es frecuente encontrar fragmentos con calcopirita disseminada inmersos en la matriz de calcosina (bornita).

La asociación mineralógica de la Brecha Negra es calcopirita, sericita y clorita, juntos con menor hematita y sílice. Esta brechización es tardía y afecta tanto a la Brecha de Ruptura como a la Brecha Rosada.

**Brechas Piritosas.** Son zonas brechosas desarrolladas a partir de stockworks de clorita, sericita, pirita, menor cuarzo y caolín. Generalmente incorporan fragmentos subangulosos de la roca caja conformando una matriz clástica - hidrotermal. Se distribuyen en forma irregular

entorno a Brecha Iván y gradan hacia la roca caja por la disminución del vetilleo, conformando localmente zonas brechizadas con abundantes cavidades, debido a procesos de lixiviación.

**Vetas y vetillas.** Las principales vetillas presentes en Brecha Iván están relacionadas a procesos tardíos de alteración y mineralización. Se reconocen dos tipos principales: vetillas rosadas y vetas de especularita. Las primeras son vetillas de feldespato alcalino (albita y feldespato potásico en proporciones variables) con menor epidota y pueden ocurrir juntos con calcopirita y/o bornita. Las vetillas rosadas cortan a la Brecha Iván y su roca caja, pero su mayor ocurrencia se registra en la Brecha de Ruptura. Cortan también al Dique Oeste, el cual está mineralizado con bornita-calcosina, pero no cortan al Dique Este, el que se presenta atravesado sólo por vetas de especularita y vetillas de calcita. Una datación radiométrica K-Ar en vetillas rosadas arrojó una edad de  $144 \pm 12$  M.a., mientras que la edad radiométrica K-Ar para el Dique Este fue de  $129 \pm 3$  M.a.

**Paragénesis.** Las mineralogías de alteración relacionadas con los principales estados de mineralización de Brecha Iván son la albitización y cloritización, mientras que en estados de mineralización tardíos se desarrolla la sericitización. Estos tipos mineralógicos y sus relaciones con la litología establecen cuatro estados

paragenéticos de Brecha Iván y su roca caja: Temprano, Principal, Tardío y Muy Tardío.

En el Estado Temprano se desarrolló la Brecha de Ruptura y la asociación albita, cuarzo, clorita, menor epidota y feldespato potásico. La albitización y cloritización son el producto de un metasomatismo alcalino e implícitamente del magnesio y hierro. Este proceso actuó desde un centro estructural que provocó una zonación de la intensidad de la albitización y la migración del magnesio del sistema. Conjuntamente ocurre la mineralización sulfurada y zonada desde el centro hacia afuera de: bornita(calcosina), calcopirita y pirita.

Durante el Estado Principal, se desarrolló en el centro del sistema, el blanqueamiento extremo de las rocas de la Brecha Rosada, con la formación de la asociación albita, cuarzo, hematita en los fragmentos y la migración del magnesio, potasio y calcio en la matriz de clorita. Se produce la mineralización de calcosina, donde parte de ella es del enriquecimiento de la bornita, con la consecuente formación de hematita y especularita. Durante esta etapa también ocurrió la intrusión del Dique Oeste.

En el Estado Tardío ocurrió la asociación sericita, clorita y calcopirita de las Brechas Negras, en torno al blanqueamiento de la Brecha Rosada, mientras que en los bordes externos de la Brecha de Ruptura se desarrollaron las

Brechas Piritosas (asociación sericita, clorita, pirita). Las vetillas rosadas (feldespato alcalino y epidota) alcanzaron su mayor expresión, mientras que la intrusión del Dique Este, durante este estado, con sus plagioclasas sericitizadas y asociado a vetillas de calcita y especularita, sugieren que calcita fue tardía. En un estado póstumo de mineralización se produjo el mayor emplazamiento de las vetas de especularita.

Durante el Estado Muy Tardío se desarrollaron los procesos supergénicos de lixiviación, oxidación y enriquecimiento secundario.

**Brechización.** Brecha Iván es el resultado de varios episodios de brechización, alteración y mineralización y su desarrollo está relacionado con la evolución magmática-hidrotermal del stock monzodiorítico. Las situaciones que reflejan esta vinculación son: (1) la alteración de la brecha ígnea es la misma que se desarrolló en la Brecha de Ruptura, (2) la relación espacial del fracturamiento polidireccional de la Brecha de Ruptura inmediatamente sobre el stock, (3) las raíces de Brecha Iván, definidas como un conjunto de vetas y vetillas, nacen desde la brecha ígnea, (4) el emplazamiento de diques, durante y después de los eventos de mineralización, indican una continuada evolución magmática-hidrotermal.

#### Agradecimientos.

Minera Rayrock Ltda.

financió este trabajo durante el desarrollo de mi Memoria de Titulación. Agradezco al señor Michael Seaward, Director de la Compañía, al señor James G. Watt, Gerente Residente, al señor John P. Hunt, Gerente de Exploraciones de Minera Doña Isabel y al señor Juan Carlos Marquardt. Este artículo es una contribución al Simposio sobre Andean Copper Deposits.

#### Referencias.

- (1). Maksiav, V. 1984. Mesozoico a Paleógeno de la Región de Antofagasta. Seminario Actualización de la Geología de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, Miscelánea N°4, p.C1-C20. Santiago.
- (2). Boric, P.; Diaz, P.; Maksiav, V. 1985. Magmatic Event and Related Metallogenesis in the Antofagasta Region Northern Chile. (Expanded abstract). Final Symposium of Project IGCP 120 "Magmatic Evolution of the Andes". Comunicaciones 35, Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. p. 37-40. Santiago.
- (3). García, P. 1967. Geología del Norte Grande de Chile. Simposium sobre el Geosinclinal Andino, Soc. Geol. Chile, N°3, 138 p. Santiago.
- (4). Muñoz, N.; Venegas, R.; Tellez, C. 1988. La Formación La Negra: Nuevos antecedentes estratigráficos en la Cordillera de la Costa de Antofagasta. Congreso Geológico Chileno. N°5, Actas Tomo I p.A-283-A311. Santiago.
- (5). Maksiav, V.; Boric, R.; Zentilli, M.; Reynolds, P. 1988. Significado metalogénico de dataciones K-Ar, <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar y trazas de fisión de zonas mineralizadas en el Norte Grande de Chile. Congreso Geológico Chileno. N°5, Actas Tomo I p. B65-B86. Santiago.
- (6). Vivanco, M. 1993. Alteración y mineralización de la brecha hidrotermal de Mina Iván, Distrito El Desesperado, II Región de Chile. Memoria de Título (Inédito). Universidad del Norte, Facultad de Ingeniería y Ciencias Geológicas, Departamento de Ciencias Geológicas, 65 p. Antofagasta.