

GEOLOGIA DEL PORFIRO CUPRIFERO CAMPANA MAHUIDA

(Pvcia. del Neuquén)

Por JUAN CARLOS M. ZANETTINI

24 paginas
3 laminas

GEOLOGÍA DEL PORFIRO CUPRIFERO CAMPANA MAHUIDA

(Provincia del Neuquén)

JUAN CARLOS M. ZABETTINI

Dirección General de Fabricaciones Militares

RESUMEN

Se describe la geología del depósito de cobre diseminado Campana Mahuida, ubicado en ambiente de Cordillera Principal en la provincia del Neuquén.

En la comarca aflora una secuencia sedimentaria jurásica intruida por cuerpos granodioríticos y pórfiros andesíticos referidos al Cretácico Superior. Andesitas oligocenas también intruyen a los sedimentitos y basaltos pleistocenos los cubren parcialmente.

Los procesos de alteración y mineralización hidrotermal corresponden a un depósito tipo pórfiro cuprífero y se relacionan genéticamente con el pórfiro andesítico. La alteración conforma una zona central potásica, otra intermedia félica y una externa propilítica. La mineralización hidrogénica consiste en calcopirita, bornita, molibdenita, oro, pirita y magnetita.

Los procesos de alteración supergénica han originado una zona de lixiviación-oxidación con oxidados de cobre y una zona de cementación con sulfuros supergénicos.

ABSTRACT

The present paper describes the geology of the Campana Mahuida disseminated copper deposit, located in Main Cordillera environment, in the

province of Neuquén.

In the area, a Jurassic sedimentary sequence outcrops and is intruded by granodiorite and andesite porphyry Upper Cretaceous bodies. Sedimentites are also intruded by oligocene andesites and are partly covered by pleistocene basalts.

The hydrothermal mineralization and alteration processes correspond to a porphyry copper type deposit and are genetically related to the andesite porphyry. Alteration includes a potassic central area, a filic intermediate one and another propylitic external area. The hypogenic mineralization consists of chalcocite, bornite, molybdenite, gold, pyrite and magnetite.

A leaching-oxidation zone, with copper oxides and an enrichment area with secondary sulphide were originated by supergenic alteration processes.

INTRODUCCION

El depósito de cobre disseminado Campana Mahuida fue descubierto en 1967 por geólogos del Plan Cordillerano (DCEM-NU) quienes realizaron tareas preliminares de exploración; nuevos trabajos exploratorios fueron llevados a cabo por Falconbridge S.A.M.A. en 1972 y por la Dirección General de Fabricaciones Militares durante 1974/75.

Exponemos en el presente trabajo las características geológicas del mencionado depósito mineral.

Ubicación

El pórfiro cuprífero Campana Mahuida se halla situado en la provincia del Neuquén, departamento Loncopué, sobre la margen izquierda del río Agrio. El acceso al mismo, desde la ciudad de Zapala, se efectúa reco -

riendo 115 km por las rutas nacionales 22 y 231.

Investigaciones anteriores

Estudios mineros anteriores en la comarca fueron realizados por Angelelli (1950), Salaberry y Nuñez (1968), Falconbridge S.A.M.A. (1972), Hollister (1973), Sillitoe (1973) y Zanettini (1976).

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a las autoridades de la Dirección General de Fabricaciones Militares por permitir la publicación del presente trabajo. Nuestro reconocimiento también a la Lic. Graciela Santamaría por las determinaciones petrográficas y al Geól. Hugo Mallinacci por su colaboración en las tareas de campo.

GEOLOGIA GENERAL

Situada en ambiente de Cordillera Principal (cuenca neuquina), la geología de la comarca donde se ubica el pórfiro cuprífero Campana Mahuida fue descrita por el autor en otro trabajo (1978), por lo que daremos solamente una síntesis de ella.

Una sucesión sedimentaria esencialmente marina del Jurásico Medio al Cretácico Inferior, conformada por el Grupo Cuyo y las Formaciones La Manga, Tordillo y Vaca Muerta, se halla intruida por magmatitas silíceas y mesosilíceas del Cretácico Superior y Oligoceno que constituyen los Grupos Campana Mahuida y Molle.

En el oeste de la zona basaltos y tobas pertenecientes al Pleistoceno cubren a las sedimentitas mesozoicas. De igual edad que los basaltos son los sedimentos que, constituyendo niveles terrazados, se manifiestan sobre ambos márgenes del río Agrio.

La sucesión sedimentaria mesozoica se dispone inclinada hacia el este; en el nordeste de la comarca se presenta una estructura sinclinal simétrica.

Los sistemas de fallamiento que se manifiestan corresponden a fracturas heredadas del basamento prejurásico, según Ramos (1978). Se destacan dos sistemas de fallas tensionales, uno de rumbo oeste-noroeste y su conjugado este-nordeste, y otro de rumbo nor-nordeste correlacionable con el lineamiento Taquimilán de Ramos (op. cit.), los cuales probablemente fueron reactivados durante la fase Patagónica del ciclo Cimérico.

La ausencia de sedimentitas mesozoicas aflorante al oeste del río Agrío pone en evidencia a la falla Agrío, la que ha causado el ascenso diferencial del bloque que contiene al pórfiro cuprífero y sería correlacionable con el Frente Tectónico de Loncopué postulado por el autor citado.

GEOLOGIA LOCAL

En el área del depósito mineral, situada al pie sudoeste del cerro Tres Puntas, se encuentran sedimentitas marinas y continentales jurásicas intruidas por magmatitas silíceas y mesosilíceas del Cretácico superior. Una cubierta aluvial y coluvial se extiende sobre el sector enmascarando principalmente su parte central.

Unidades litológicas

JURÁSICO

Formación Lotena (Weaver, 1931). Se sitúa en la parte sudoeste del área cubierta en discordancia por la formación La Manga.

Consta de areniscas cuarzosas y feldespáticas de grano fino a mediano, de color gris blanquecino, y areniscas de grano mediano color verde olivo.

La edad de esta entidad, signada por Macrocephalites macrocephalus, es Caloviana inferior.

Formación La Manga (Stipanovic y Mingram, in Groeber, 1953). Ubicada en la parte sudoeste y sur del área, sobreyace en discordancia a la anterior unidad y es sobrepuesta, discordancia por medio, por la Formación Tordillo.

Está compuesta por calizas recristalizadas, de color blanco y gris claro, y brechas calcáreas con clastos de chert y cuarzo. En la parte central de afloramiento de la unidad, ella ha sufrido metamorfismo, es decir, ha ocurrido un reemplazo total de las calizas por cuarzo, ópalo y calcedonia hematitizados de color pardo rojizo a oscuro.

La edad de esta Formación es Argoviana (Stipanovic, 1965).

Formación Tordillo (Groeber, 1946). Se manifiesta en la mayor parte del área dispuesta en discordancia sobre la anterior entidad.

Los sedimentitas que la constituyen se encuentran decoloradas y transformadas en hornfels y pizarras.

Se asigna a esta unidad edad Kimeridgiana (Herrero Ducloux, 1946).

CRETACICO

Grupo Campana Maluida. Este Grupo y sus unidades componentes, Granodiorita, Tres Puntas y Andesita El Sillero, fue definido por el autor en otro trabajo (1978).

Con él se encuentra relacionado el metamorfismo de contacto y los procesos de alteración hidrotermal y mineralización presentes en la comarca.

La datación radiométrica de biotita hidrotermal de la Andesita El Sillero, que arrojó 74.2 ± 1.4 m.a. (Sillitoe, 1976 y 1977), permite asignar al Grupo edad Cretácica Superior, ya que el intervalo de tiempo entre el emplazamiento de un stock (Andesita El Sillero) y su posterior alteración hidrotermal-mineralización es pequeño y por lo general menor de dos millones de años (Moore y Lomphere, 1971). La granodiorita Tres Puntas probablemente es coetánea con la Andesita y, considerando lo expuesto por Charrier y Melumán (1975), su intrusión estaría relacionada con la fase diastrófica Patagónica (Albiano superior-Cenozoico inferior).

e) Granodiorita Tres Puntas. Se sitúa en el ángulo nordeste del área intruyendo a la Formación Tordillo; a su vez es intruida por la Andesita El Sillero.

La unidad está compuesta por una diorita de estructura granular fina y color gris que fue intruida y asimilada en sus bordes por una granodiorita de estructura granular mediana y color blanco grisáceo.

Ambos tipos litológicos ostentan diferenciaciones porfíricas en los bordes del plutón y la granodiorita pesa también a pórfiro tonalítico.

En su conjunto la entidad se halla escasamente piritizada y presenta alteraciones hidrotermales ocasionadas por la posterior intrusión de la Andesita El Sillero.

h) Andesita El Sillero. Aflora como diques y pequeñas apófisis de un cuerpo de mayores dimensiones localizado en subsuelo; intruye a las unidades antes descritas.

Está compuesta por un pórfiro andesítico de estructura porfírica con pasta afanítica, de colores gris mediano a oscuro y gris verdoso, que localmente presenta diferenciaciones a dacita y pórfiro dacítico. Se halla afectado por las alteraciones hidrotermales según su situación dentro de la zonación de ellas.

Con esta unidad en particular se relacionan los procesos de alteración y mineralización ocurridos en el área.

CUARTARICO

En el sector centro-occidental del área se manifiestan conglomerados constituidos por clastos angulosos de tamaño variable, entre dos y 15 cm, que representan a los metasedimentos de la Formación Tordillo en particular; la matriz es arenisca de grano grueso color pardo oscuro debido al cemento limonítico. Alcanzan hasta 2,50 m de espesor.

A ellos posiblemente corresponda una edad Pleistocena superior u Holocena inferior dada su posición con respecto al cauce actual sobre el que se encuentran.

De reciente y actual deposición son los aluvios y coluvios que cubren, sobre todo, la parte central y sur del área.

Estructura

La parte central del área se caracteriza por un intenso fracturamiento craquelado, ocasionado por la intrusión y consolidación de la Andesita El Sillero, que afecta sobre todo a los metasedimentos de la Formación Tordillo en los cuales ha borrado las estructuras originales; solamente en muy pocos casos es posible hacer mediciones de la inclinación de los estratos, la que es del orden de los 15° a 20° al este. En las calizas de la Formación La Manga se miden inclinaciones de 5° a 12° al este y lo mismo en las areniscas de la Formación Lotena.

Se distinguen dos sistemas de fracturamiento heredados del basamento compuestos por fallas tensionales subverticales de rumbos nor-nordeste y oeste-noroeste, con su conjugado este-nordeste, que se destacan en el terreno por brechas de falla silicificadas.

Estas estructuras condicionaron la intrusión de la Andesita El Sillero, la cual se elonga en sentido nor-nordeste, y parcialmente la distri-

bución de la alteración hidrotermal por lo que en la fase Huantraicó debe buscarse una reactivación de ellas.

Una nueva reactivación de ambos sistemas ocurrió durante el ciclo Andico, lo cual es probado por el desplazamiento de las unidades litológicas y de las alteraciones hidrotermales por parte de la falla El Sillero y porque las megmatitas del Grupo Campaña Mahuida se encuentran afectadas por los mencionados fracturamientos.

Pequeñas fallas locales subverticales cuyos rumbos varían de noroeste a este y que se manifiestan por espejos de fricción en sus superficies, son interpretadas como post-minerales ya que sus direcciones son coincidentes con las del craquelamiento y han ocasionado pequeños desplazamientos laterales en los sistemas antes enunciados.

ALTERACIONES

En este trabajo tratamos por separado las alteraciones y la mineralización hidrotermal ocurrente en el área, pero ello no significa que la mineralización sea posterior a la alteración. Los minerales metalíferos se forman juntamente con los de alteración y se deben considerar también como minerales de alteración. De igual manera, por ser un proceso continuo y simultáneo, los minerales supergénicos son parte de la alteración supergénica.

Alteración hidrotermal

Las alteraciones hidrotermales muestran la característica zonación definida por Lowell y Gilbert (1970) para este tipo de depósito mineral: una zona interna de alteración de silicatos de potasio es rodeada por una zona intermedia de alteración fílica la cual, a su vez, pasa a una zona externa

de alteración propilítica.

Estas zonas de alteración no son concéntricas ni guardan relación en sus formas lo cual probablemente es debido a un control litológico-estructural y a la distribución de la Andesita El Sillero en el subsuelo; por otra parte, los límites entre ellas son transicionales.

La zona de alteración potásica, que fue determinada por Sillitoe (1973) y modificada por nosotros, se encuentra situada sobre la faja de fracturación nor-nordeste; se elonga en esa dirección con una longitud de 1.300 m y su ancho es de 420 m. Se descompone en dos centros de alteración, uno mayor que el otro, que probablemente se unen en profundidad. Está señalada en el terreno por una depresión topográfica y cubierta completamente por derrubio.

La zona de alteración fílica tiene una forma aproximadamente elíptica en el área del depósito, pero no cierra sino que se prolonga hacia el este siguiendo la quebrada del arroyo El Sillero. Su máxima dimensión en sentido nor-nordeste es de 2,5 km y en sentido este-nordeste es de tres kilómetros.

La zona de alteración propilítica se elonga en dirección nor-noroeste rodeando a la Granodiorita Tres Puntas con una forma elíptica de siete kilómetros de largo por 5,5 km de ancho; es coincidente con el halo de metamorfismo de contacto ocasionado por la intrusión de la unidad mencionada.

Alteración potásica

La alteración de silicatos de potasio afecta con mayor intensidad al pórfiro andesítico y dacítico de la Andesita El Sillero y en menor grado a las dioritas, granodiorita y tonalita de la Granodiorita Tres Puntas localizadas en los sondeos próximos al afloramiento de esta unidad.

Esta alteración queda definida por la asociación hidrotermal biotita-feldespató potásico, acompañados por cuarzo y sericita a más de otros minerales de alteración subordinados.

La biotita, de colores pardos y verde, se presenta como reemplazo de plagioclasa y hornblenda, constituyendo nidos diseminados, asociada con sulfuros y en venillas independiente o asociada con cuarzo o clorita.

El feldespató potásico se encuentra en mediana cantidad presentándose límpido en venillas, en parte asociado con cuarzo, y como cristales xenomorfos dispersos. Se encuentran también cristales límpidos de albita localmente asociados a cuarzo.

El cuarzo ocurre de diversas maneras siendo las más abundantes en venillas y como agregados diseminados; en menor cantidad se lo encuentra como inclusiones y a manera de silicificación masiva de la roca. Como relleno de venillas se halla independiente o en variadas asociaciones con otros minerales de alteración y sulfuros; se presenta también como reemplazo de plagioclasas.

La sericita se encuentra diseminada, reemplazando selectivamente a plagioclasa, en agregados independiente o asociada a muscovita y en venillas independiente o acompañada por sulfuros o por cuarzo y clorita.

La ocurrencia de turmalina incolora (acroíta) en agregados fibro-radiales diseminados o en venillas con cuarzo es un rasgo distintivo de la alteración potásica, puesto que la turmalina que se halla en la zona fílica es de composición ferrosa y color negro. En la faja de transición entre ambas zonas de alteración coexisten los dos tipos.

También se encuentran de mediana a abundante cantidad de rutilo diseminado y como inclusiones en pirita y apatita en cristales idio y xenomorfos y como inclusiones en biotita.

Subordinadamente se presentan clorita como reemplazo de biotita, en agregados diseminados y en venillas con otros minerales de alteración y sulfuros; epidoto como reemplazo de plagioclasas y biotita, diseminado y en venillas y calcita escasa.

Además de estas alteraciones en las rocas magmáticas se observa una argilización selectiva de los feldespatos potásicos primarios, que se extiende desde superficie hacia la profundidad. Interpretamos que esta alteración puede ser hidrotermal por debajo de la zona de cementación.

El límite de la alteración potásica que se observa en el mapa del área del depósito es inferido para el subsuelo porque en superficie, donde sólo afloran metasedimentos de la Formación Tordillo, no se halló biotita hidrotermal o feldespato potásico. Esto quizá se debe a un problema de receptividad por parte de los metasedimentos, ya que al ser rocas ácidas por su composición mineralógica han receptado una mayor cantidad de sericita en lugar de biotita.

De acuerdo con lo observado en los testigos de perforación obtenidos en zona potásica en los metasedimentos que se encuentran como xenolitos en el pórfiro andesítico con biotita hidrotermal o bien inmediatamente por encima, no se halla o es sumamente escasa la biotita secundaria pero si es mayor el contenido de sericita, lo cual avala la anterior suposición.

Alteración Fílica

La zona de alteración fílica rodea a la anterior y afecta a los metasedimentos de la Formación Tordillo, a las magmatitas de la Granodiorita

Tres Puntas y de la Andesita El Sillero y, en menor proporción, a las sedimentitas de las Formaciones Lotena y La Manga.

Se caracteriza por la asociación sericita-cuarzo-pirita, acompañados por otros minerales hidrotermales subordinados.

En las intrusivas, sobre todo en el pórfiro andesítico, la textura magnética está frecuentemente destruida; en los metasedimentos y areniscas el predominio de granos de cuarzo y la escasez de silicatos dan lugar a un desarrollo de sericita; en las calizas de La Manga la sericita es escasa, pero la silicificación llega a ser masiva de tal manera que localmente ocurre un reemplazo metasomático de ellas (Zenettini, 1976 y 1978).

La zona fílica coincide con el área de máxima craquelación y algunas brechas de falla se encuentran intensamente silicificadas, lo que demuestra que en parte los fluidos hidrotermales se canalizaron a través de fracturas preexistentes.

La sericita se presenta como reemplazo de plagioclasas y de biotita, diseminada, en agregados masivos y en venillas independiente o asociada con cuarzo.

El cuarzo se encuentra diseminado, en agregados, ocupando fracturas y como silicificación masiva de la roca.

Muscovita se halla diseminada y en venillas y la turmalina ferrosa se presenta en agregados fibro-radiales.

Otros minerales de alteración que ocurren de manera subordinada son epidoto y calcita como reemplazo de plagioclasa, clorita reemplazando a hornblenda y escaso rutilo.

Alteración propilítica

La zona externa de alteración propilítica afecta a las rocas de todas las unidades litológicas citadas para el depósito mineral y se caracteriza por la asociación hidrotermal clorita-epidoto-calcita acompañados por cuarzo.

La clorita ocurre en agregados con calcita y cuarzo, diseminado y reemplazando a hornblenda y biotita.

Epidoto se presenta en agregados, en venillas y como reemplazo de biotita, plagioclasa y hornblenda.

La calcita se halla en venillas, en agregados con clorita y cuarzo y substituyendo a plagioclasa y hornblenda.

Además de agregarse con otros minerales de alteración, el cuarzo se encuentra en venillas.

Alteración supergénica

La alteración supergénica es notoria en superficie y en la zona de lixiviación-oxidación. Afecta con mayor intensidad a las magnetitas y en menor grado a los metasedimentos.

La sericitización y argilización generalizada de las rocas es común; dichas alteraciones afectan también a los feldespatos, plagioclasas y biotita primaria. Esta última pasa a clorita y, junto con biotita hidrotermal, se halla también muscovitizada.

Arcillas, ópalo y sílice arruñonada rellenan fracturas de poco espesor.

MINERALIZACION

Mineralización hipogénica

De la zona potásica

La mineralización hipogénica en la zona de alteración potásica consiste en calcopirita, bornita, molibdenita, magnetita, oro y pirita. Esta asociación, que indica un depósito mesotermal, se presenta diseminada, en microvenillas y en venillas con o sin cuarzo; la diseminación está en mayor proporción que las venillas.

Calcopirita, el principal mineral hipogénico de cobre, ocurre en granos xenomorfos y alotriomorfos de dimensiones variables entre cinco micrones y un milímetro; contiene inclusiones de molibdenita y también se la encuentra incluida en pirita. Se halla diseminada, en agregados y en venillas independiente o asociada a pirita y/o cuarzo. Ostenta exsoluciones de cubanita y mackinawita, las cuales señalan temperaturas medias de 200° a 300° C para la formación del depósito.

La bornita, cuyas dimensiones varían entre 50 y 300 micrones, se encuentra escasamente diseminada y como inclusiones en pirita.

Molibdenita, escasa en general, se presenta en escumas de tamaño variable entre 15 y 200 micrones, diseminada, formando nidos y en venillas independiente o con pirita; en menor proporción está incluida en calcopirita.

Oro nativo se halló diseminado con dimensiones que varían entre 10 y 20 micrones.

La magnetita ocurre en cristales idiomorfos de 100 micrones que se presentan diseminados en el sector periférico de la zona.

La pirita se halla en granos xenomorfos, alotriomorfos y automor-

fos con dimensiones que varían de 10 micrones a un milímetro; lleva inclusiones de calcopirita, bornita, pirrotina, cuarzo y rutilo. Se encuentra di seminada, aglomerada y en venillas independiente o asociada con otros sulfuros y con cuarzo.

Las leyes hipogénicas en la zona de alteración de silicatos de po tasio varían de 0,52% a 0,11% de cobre hallándose los valores más altos en el núcleo de la zona mencionada; el molibdeno, que es escaso, solamente da valores entre 48 y 7 ppm y el oro registra entre 0,27 y 0,10 ppm, encontrándose también los índices más altos en la parte nuclear de la zona potásica.

La relación pirita-calcopirita en la zona considerada varía de 1:1 (localmente 1:2) en el núcleo a 2:1 en la periferia.

De la zona fílica

La mineralización hipogénica en la zona de alteración fílica es similar a la de la anterior.

En los sondeos que se encuentran próximos a la zona potásica se muestran leyes hipogénicas de 0,20% a 0,11% de cobre; la disminución del contenido de calcopirita hacia la periferia de la zona fílica, hasta hacerse nulo, se pone de manifiesto en los sondeos más externos en los cuales las leyes varían de 0,01% a 0,005% de cobre.

El molibdeno y el oro muestran la misma distribución de tenores desde el borde interno hacia el externo de la zona considerada. El primero desciende de 27 a 2 ppm y el segundo baja a 0,02 ppm.

En la relación pirita-calcopirita también se observa un descenso

de 2:1 en la parte interna a cero en la periférica, en la cual la mineralización es exclusivamente de pirita; ésta, por otra parte, es más abundante aquí que en las otras zonas hidrotermales.

La mineralización se presenta en venillas y diseminada, dominando la primera ocurrencia.

De la zona propilítica

La mineralización hipogénica de la zona propilítica dentro del área de depósito es exclusivamente de pirita, la cual se presenta en venillas y escasamente diseminada. Se hallan también escasos cristales diseminados de magnetita.

El cuadro de mineralización en la comarca se completa con un grupo de depósitos vetiformes epitermales, que componen el antiguo distrito minero de Campana Mahuida, los cuales fueron explotados por sus contenidos en minerales de plomo y plata y baritina.

Las vetas se ubican al oeste o sudoeste del cuerpo de mineral diseminado, alojadas en el sistema de fracturación oeste-noroeste. Probablemente ellas representen la parte externa de la secuencia zonal y sean contemporáneas con el emplazamiento del depósito diseminado, configurando así el característico modelo de los cobre porfíricos.

Mineralización supergénica

Los minerales oxidados, por un lado, y los sulfuros supergénicos de cobre, por otro, que constituyen la mineralización supergénica del depósito, se hallan distribuidos en dos zonas bien desarrolladas cuyos procesos de formación se han visto controlados básicamente por la alteración-mineralización hipogénica y la fracturación.

Zona de lixiviación y oxidación

La zona de lixiviación-oxidación tiene un espesor máximo de 70 m y promedio 35 metros.

La lixiviación, como así también la alteración supergénica, han producido una intensa decoloración de las rocas afectadas sobre todo en la parte superior de esta zona.

Las limonitas indígenas y transportadas, producto de la alteración de los minerales hipogénicos son abundantes aunque localmente permanecen cristales de pirita inalterada. Goethita se desarrolla en la parte nuclear de la zona potásica, mientras que jarosita y hematita se las encuentra sobre el sector externo de la zona antedicha y en el borde interno de la zona filica; hacia la periferia de esta zona y en la propilítica se desarrolla hematita. Localmente en los bordes de la mitad norte de la zona potásica se encuentra ferrimolibdita. Se observó, además, martita como producto de alteración de magnetita.

En la parte central de la zona potásica y ocupando hasta $2/3$ del espesor de la zona de lixiviación-oxidación, se encuentra tenantita, malachita, crisocola y escasa turquesa y brocantita. Estos oxidados de cobre se presentan esencialmente como relleno de fracturas, pero también se observa que los feldespatos argilizados del pórfiro andesítico y en parte la roca de caja han adsorbido el cobre de la solución y toman un color verde claro.

El pasaje a la zona de cementación es neto o se produce en un intervalo de no más de 5 metros, en el cual coexisten calcosina y escasas limonitas en fracturas. Localmente dicho intervalo presenta fracturas ocupadas por limonitas rojas (producto de la alteración de calcosina), cuprita, brocantita y otros oxidados de cobre lo cual indica una oxidación del techo de

La zona de cementación probablemente por descenso del nivel freático. En los zondeos situados en la parte media y externa de la zona fílica como así también en algunos del sector nuclear de la zona potásica, se pasa transicionalmente de la zona de lixiviación-oxidación a la zona hipogénica.

Zona de cementación

La zona de cementación o de enriquecimiento en sulfuros supergénicos de cobre muestra un límite inferior transicional hacia la zona de minerales hipogénicos. Coincide con la distribución de los mayores tenores hipogénicos de cobre y, por ende, con la zona de alteración potásica y borde interno de la zona de alteración fílica.

La zona de cementación está más desarrollada en un halo que rodea la parte interna de la zona fílica y el borde de la zona potásica por ocurrir allí una óptima relación pirita-calcopirita. Esto deja en la zona potásica un núcleo con escaso o nulo enriquecimiento debido a la escasez de pirita para permitir la formación de sulfuros supergénicos.

Se admite habitualmente que si la pirita es escasa o está ausente se forma poco solvente, especialmente de sulfato ferrico, y los sulfuros primarios son poco disueltos. En este caso tal como ocurre en Campana Mañada, son transformados in situ en compuestos oxidados, las soluciones sulfatadas son por consiguiente escasas y el enriquecimiento supergénico queda muy restringido.

Los sulfuros supergénicos de cobre que se hallan en esta zona son calcosina (neodigenita y digenita) y escasa covelina.

Producto de la alteración de calcopirita y bornita, la calcosina se presenta rómbica y en agregados alotrópicos, con dimensiones variables

entre 10 y 500 micrones. Se la encuentra diseminada, en pátinas sobre y bordeando calcopirita y pirita, combinada con covelina y en venillas independientes o coexistiendo con cuarzo y pirita.

La covelina es mas bien escasa; sus dimensiones varían entre 10 y 500 micrones y se la encuentra diseminada, reemplazando y bordeando a calcopirita, combinada con calcosina y en venillas independientes o coexistentes con pirita y cuarzo.

SECUENCIA INTRUSIVA

En nuestra hipótesis la actividad ígnea que involucra al Grupo Campa Mahuida en la comarca pertenece a un mismo ciclo magmático de diferenciados silíceos y mesosilíceos ocurridos en el Cretácico Superior.

Las relaciones de contacto que muestran las rocas magmáticas que integran el Grupo permiten establecer una sucesión de fenómenos que se ajusta a un proceso de diferenciación continua.

Posiblemente a partir de un magma primario granítico-ganodiorítico se diferenció en primer lugar una diorita que, como stock y filones capa, intruyó a la Formación Tordillo. Seguidamente se produjo la intrusión de granodiorita y sus diferenciados tonalíticos.

Este hecho queda demostrado por la asimilación de la diorita por parte de la granodiorita y porque ésta, además de metamorfizar a las rocas sedimentarias encajantes, metamorfizó a los filones capa dioríticos.

Las magnetitas mencionadas constituyen la unidad denominada Granodiorita Tres Puntas.

Posteriormente tuvo lugar la penetración de pórfiros andesíticos y sus variaciones decíticas que constituyen la Andesita El Sillero. Relacionadas a esta intrusión y como manifestación póstuma del ciclo, los fluidos alterantes y mineralizantes ascendieron aprovechando zonas de fracturación profunda, difundiendo por la masa de roca craquelada y fallada.

EXPRESION GEOQUIMICA

La expresión geoquímica regional del cuerpo diseminado probablemente ha sido inhibida por el ambiente de calizas que lo rodea parcialmente.

Localmente el paisaje geoquímico del pórfiro cuprífero es moderado. El análisis estadístico de los valores geoquímicos de cobre en roca arrojó los siguientes valores límites: umbral bajo 70 ppm, umbral alto 130 ppm, anomalía baja 250 ppm, anomalía media 450 ppm y anomalía alta 580 ppm. El registro más elevado que se obtuvo fue de 1140 partes por millón.

Los valores umbral reflejan bien el depósito en superficie, sobre todo a la zona de alteración potásica y la parte interna de la filica, que son las que contienen los mayores tenores de cobre hipogénico.

Los valores anómalos no son abundantes probablemente debido al escape de derrubios sobre la zona de alteración potásica. Los pocos sectores anómalos que se presentan lo hacen en áreas de mayor fallamiento en zona de alteración filica, lo cual indica un control local de la mineralización por parte de estructuras preexistentes, y en menor proporción sobre afloramientos del pórfiro andesítico.

La distribución de valores umbral y anómalos de molibdeno muestran una coincidencia general con los de cobre.

Los de plomo y cinc, en cambio, se ubican sobre el borde externo de la zona de alteración fílica y en la zona propilítica; son muy escasos y se relacionan con fracturas y afloramientos del pórfiro andesítico.

EXPRESION GEOFISICA

La exploración geofísica del depósito fue llevada a cabo por McPhar Geophysics Ltc. (1968) que realizó estudios de polarización inducida y resistividad.

Las respuestas de P.I. indicaron una distribución variable de mineralización diseminada en todas direcciones, excépto en el extremo noreste del área donde aflora la Granodiorita Tres Puntas, la cual no está mineralizada.

Los resultados de este método sugirieron zonas profundas y otras poco profundas de contenido metálico alto, destacando que casi todas las fuentes más concentradas aparecen dentro de la zona de alteración potásica y borde interno de la zona fílica. Por otro lado también puso de manifiesto un control parcial de la mineralización por parte de estructuras pre-minerales.

Las variaciones de la resistividad evidenciaron a las zonas internas de alteración hidrotermal, por una disminución de la resistencia, y en consecuencia la dirección de incremento de la mineralización primaria conductora.

CONCLUSIONES

El depósito mineral Campana Mahuida corresponde a un pórfiro cuprífero característico y simple según el modelo de zonación de alteración

y mineralización (Lowell y Gilbert, 1970).

La expresión de las alteraciones y mineralización hacen pensar que se halla expuesto un nivel relativamente profundo del sistema columnar de pórfiro cuprífero.

El mineral hipogénico de más alto tenor es parte integral de la zona potásica, en especial, y fílica inmediatamente adyacente. Las leyes hipogénicas más elevadas se encuentran en el núcleo de la zona potásica, lo cual es una diferencia con el modelo de Lowell y Gilbert (1970).

La distribución de la mineralización hipogénica está en relación con las alteraciones hidrotermales y parcialmente controlada por la estructura, esto último corroborado por los estudios geofísicos.

Los depósitos vetiformes de Campana Mahuida probablemente representan la parte externa de la secuencia zonal (Lowell y Gilbert, 1970) y sean contemporáneos con la formación del depósito disseminado.

De acuerdo con la datación radiométrica efectuada por Sillitoe (1976, 1977), la edad de la alteración y mineralización es Senoniana superior, por lo cual el Grupo Campana Mahuida no es más antiguo que el Cretácico Superior teniendo en cuenta los estudios de Moore y Lanphere (1971) y Charrier y Melumán (1975).

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- ANGELELLI, V., 1950. Campana Mahuida, en Recursos Minerales de la República Argentina. I. Yacimientos Metalíferos. Mus. Arg. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia", 469-471, Buenos Aires.
- FALCONBRIDGE S.A.M.A., 1972. Campana Mahuida (Argentina). Estudio preliminar de Factibilidad. Inédito.

- GROEBER, P., 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°.
1. Hoja Chos Malal. Rev. Asoc. Geol. Arg., I, 3, 177-208, Buenos Aires.
- 1953. Mesozoico: Triásico, Jurásico y Cretácico, en Geografía de la República Argentina, II, la. parte, Soc. Arg. Est. Geog., GAEA, Buenos Aires.
- 1963. La Cordillera entre las latitudes 22°20' y 40° S. Bol. Acad. Nac. Cienc. Córd., XLIII, 2a.3a.4a, Córdoba.
- HERRERO DUCLOUX, A., 1946. Contribución al conocimiento geológico del Neuquén extrandino. Bol. Inf. Petrol., XXIII, 226, 1-39, Buenos Aires.
- HOLLISTER, V.F., 1973. Regional characteristics of porphyry copper deposits of South America. Rev. Mining Engineering, 51-57, Philadelphia.
- LOWELL, J.D. y GILBERT, J.N., 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry ore deposits. Econ. Geol., 65, 373-408.
- Mc PHAR GEOPHYSICS LTD., 1968. Report on the induced polarization and resistivity survey Campana Mahuida area, Argentina, for the United Nations special Fund. DGFN (Plan Cordillerano), Buenos Aires, inédito.
- RAMOS, V.A. 1978. Estructura en relatorio de geología y recursos naturales del Neuquén. VII Cong. Geol. Arg., 98-118, Buenos Aires.
- SALABERRY, C.A. y NUÑEZ, E., 1968. Informe final zona Campana Mahuida, Area de Reserva N, 54, Provincia del Neuquén, República Argentina. DGFN (Plan Cordillerano), Buenos Aires. Inédito.
- SILLITOE, R.H., 1973. Geology of the Campana Mahuida Porphyry Copper prospect, Neuquén province, Argentina. DGFN, Buenos Aires. Inédito.
- 1976. Studies of mineralization in Argentina. United Nations, New York, inédito.

- 1977. Permo-carboniferous, Upper Cretaceous and Miocene porphyry copper - type mineralization in the Argentinian Andes. *Econ. Geol.* 72, 99-103.

STIPANICIC, P.N., 1965. El Jurásico en Vega de la Veranada (Neuquén), el Oxfordense y el diastrofismo Divesiano (Agassiz-Yaila) en Argentina. *Rev. Asoc. Geol. Arg.*, XX, 4, 403-478, Buenos Aires.

WEAVER, Ch., 1931. Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of west central Argentina. *Mem. Univ. Washington*, I, 1-469, Seattle.

ZANETTINI, J.C.M., 1976. Exploración geológico-minera de la zona Campana Mahuida, Area de Reserva N° 54, provincia del Neuquén. DGM (CEGM I), Mendoza, inédito.

- 1978. Geología de la comarca de Campana Mahuida (Provincia del Neuquén) *Asoc. Geol. Arg.*, Buenos Aires, en prensa.

MEMORANDUM FOR THE DIRECTOR, BUREAU OF GEOLOGICAL SURVEY
WASHINGTON, D. C.
DATE: August 15, 1917.
SUBJECT: Report on the geology of the [illegible] area.

Antecedents

The geology of the [illegible] area has been studied by [illegible] and [illegible]. The [illegible] of the area is [illegible]. The [illegible] of the area is [illegible]. The [illegible] of the area is [illegible].


1917

A : SUBDIRECTOR DESARROLLO MINERO (DPTO. OPERACIONES)
DE : JEFE CENTRO DE EXPLORACION GEOLOGICO-MINERA I
FECHA : 25 de enero de 1979.
ASUNTO : Ref. publicación trabajo Geólogo Juan Carlos M. Zanettini.

De acuerdo con lo solicitado por el señor Subdirector por nota de fecha 17 del corriente, elevo una copia legible del trabajo titulado "Geología del pórfiro cuprífero Campana Mahuida" confeccionado por el Geólogo Juan Carlos M. Zanettini.

Al mismo tiempo aclaro que la copia adjunta es para su control y archivo en esa Subdirección. Los originales de texto y mapas se hallan en poder del autor del trabajo, quien los remitirá a la Asociación Geológica para su publicación si el mismo es aprobado por el señor Subdirector.

Div. Tecn.
MRF
24-01


DR. ADRIAN SOTO
JEFE DIV. TECNICA
C/O. JEFATURA C.E.G. Min. I

69.1/09/79

26 R 1979