

GEOQUÍMICA DE LA ALTERACIÓN DEL PÓRFIDO EL INFIERNILLO, MENDOZA, ARGENTINA

Anabel Gómez¹, Nora Rubinstein¹ y Laura Kleiman²

¹ IGEBA (CONICET-Universidad de Buenos Aires), Departamento de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Pabellón 2, Ciudad Universitaria. C.A.B.A., Argentina.

² Comisión Nacional de Energía Atómica, Gerencia de Exploración, Av. Del Libertador 8250. C.A.B.A. Argentina.

INTRODUCCIÓN

El pórfido de Cu–(Mo) El Infiernillo, ubicado en el Bloque de San Rafael, provincia de Mendoza, Argentina, está caracterizado por extensos afloramientos de rocas volcánicas y piroclásticas perteneciente a la provincia volcánica Choiyoi. Este magmatismo fue dividido por Llambías *et al.* (1993) en dos secciones: una sección inferior (pérmica inferior) con características geoquímicas de ambiente de subducción y afectada por deformación transpresional y una sección superior (pérmica superior) que exhibe una geoquímica de transición entre un ambiente de subducción y uno de intraplaca continental y con un estilo estructural típico de un régimen extensional (Llambías *et al.* 1993, Kleiman y Japas 2009 y referencias allí citadas).

Los trabajos de exploración en El Infiernillo comenzaron a principios de la década del 60 y consistieron en el mapeo de las unidades geológicas, el muestreo geoquímico de superficie, prospección geofísica y un plan de perforaciones (Fuschini 1968).

El objetivo del presente trabajo es evaluar, mediante la utilización del método de isoconas, los cambios químicos que tuvieron lugar en la roca de caja producto de la alteración asociada al emplazamiento del pórfido El Infiernillo.

Esta investigación fue financiada con los proyectos UBACyT 20020090100182 (Universidad de Buenos Aires) y PIP 11220090100589 (CONICET).

GEOLOGÍA DEL DEPÓSITO

El Infiernillo está emplazado en una secuencia de ignimbritas compuestas por cristaloclastos de cuarzo, plagioclasa, biotita, feldespato potásico y anfíbol; fragmentos de metasedimentitas; líticos cognados y fragmentos pumíceos recristalizados. Su composición química permite correlacionar a estas rocas con la sección inferior de la provincia volcánica Choiyoi (Gómez, 2008). El depósito corresponde a un pórfido de Cu–(Mo) que desarrolla un patrón concéntrico de alteración dentro del cual se emplaza un conjunto de vetas periféricas (Fig. 1) con ganga de cuarzo y mineralización de piritita, galena, esfalerita, calcopirita y arsenopirita y escasos electrum y Ag–tetraedrita.

La roca que compone el halo interno (Fig. 1) presenta alteración potásica penetrante, moderada silicificación, con desarrollo de estructuras tipo stockwork, y carbonatización póstuma generalizada. Está compuesta por cristaloclastos de cuarzo con crecimiento secundario, feldespato potásico argilizado que invaden la matriz, plagioclasa con moderada sericitización, biotita reemplazada por muscovita, rutilo, apatita y minerales opacos y escaso anfíbol totalmente reemplazado por calcita, rutilo y minerales opacos. La matriz presenta parches de feldespato potásico argilizado.

En el sector central, cortando la zona de alteración potásica, se ubica un pequeño cuerpo elongado compuesto por cuarzo estéril con textura brechosa e inyecciones de hematita (Fig. 1). Microscópicamente presenta texturas de silicificación complejas (Gómez, 2008). Se reconocen por lo menos dos generaciones de silicificación representadas por cuarzo y calcedonia con texturas de relleno y en forma subordinada hematita y sericita intersticial. Las texturas de relleno incluyen bandeamiento en cocarda, cuarzo plumoso o llameante, cristales con zonación y texturas en peine.

Rodeando la zona de alteración potásica, se observa un halo fílico (Fig. 1) con moderada a intensa silicificación y alteración sericítico-arcillosa con desarrollo local de stockwork de cuarzo-piritita. Petrográficamente, se reconocen cristaloclastos de cuarzo con crecimiento secundario; feldespatos reemplazados por sericita y jarosita y biotita reemplazada por muscovita, rutilo y minerales opacos. La matriz es felsítica y tiene moderada a intensa sericitización que incluye escasa

clorita con apatita secundaria y fantasmas de vitroclastos y *fiammes* con intensa alteración sericitica. Son abundantes los pseudomorfos de pirita reemplazados por jarosita.

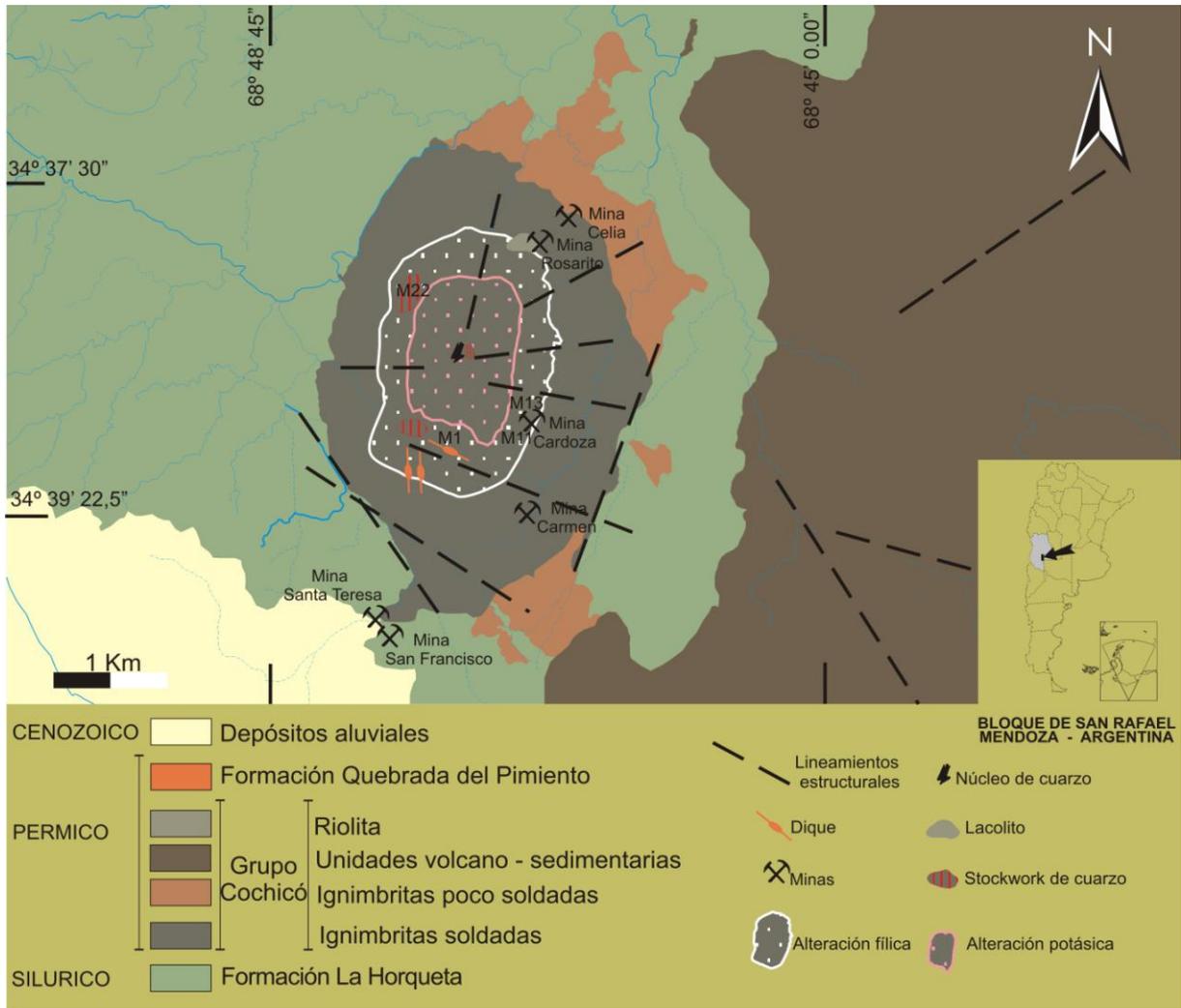


Figura1. Geología del área y ubicación de las zonas de alteración y los sitios de muestreo. Modificado de Gómez (2008).

GEOQUÍMICA DE LA ALTERACIÓN

METODOLOGÍA

Los diagramas de isoconas (Gresens 1967, Grant 1986) constituyen un método gráfico que permite determinar pérdidas y ganancias relativas de elementos químicos durante los procesos de alteración. Dicho método consiste en graficar los resultados analíticos correspondientes a una roca alterada contra su equivalente no alterada; aquellos puntos que se correlacionan linealmente, generando una recta que pasa por el origen (isocona) se consideran de comportamiento inmóvil durante el proceso de alteración. Los elementos que se ubiquen por encima de dicha recta habrán sufrido ganancias mientras que aquellos que se encuentren por debajo, habrán experimentado pérdidas.

La fórmula utilizada por Grant (1986) para establecer la variación en la concentración de un elemento (ΔC_i) es:

$$\Delta C_i / C_0 = (M_a / M_0) (C_{ai} / C_{0i}) - 1$$

C_0 : concentración inicial del protolito

Dónde:

M_a / M_0 : relación de masa entre la roca alterada y el protolito (pendiente de la recta isocona).

C_{ai} : concentración de un elemento i en la roca alterada.

En el depósito El Infiernillo, debido a que no se encuentra el protolito fresco, se evaluaron los cambios químicos producto de la alteración fílica (muestras M1, M11, M13 y M22, ver figura 1) considerando como protolito una roca con alteración potásica (INF6). Esta metodología ya ha sido aplicada en este sentido por otros autores en depósitos de pórfiros cupríferos (Ulrich y Heinrich 2002). Los elementos presentes en pequeñas cantidades (Ti, Mn y P) no han sido considerados para el análisis de ganancias y pérdidas debido al error analítico.

RESULTADOS

Si bien la mineralogía de alteración del halo fílico coincide de forma general en todos los sectores, se reconocen ligeras variaciones como ser la presencia de carbonatización en el sector oriental; presencia de jarosita en los sectores sur y oeste del halo y ocasional topacio en el sector sur.

Los resultados obtenidos muestran que la alteración fílica (M1, M13 y M22) ha producido pérdidas de Ca y Na (acompañadas de pérdidas de Sr e Y) debido al reemplazo de la roca por cuarzo e illita, lo cual es esperable para este tipo de alteración. En el caso de la muestra M11 el incremento en Ca es resultado de la intensa carbonatización que afecta la roca (Fig. 2).

Las ganancias en K registradas en M1 y M13 pueden explicarse por la presencia abundante de illita como reemplazo de cristaloclastos y matriz. Durante los procesos de alteración fílica el K se comporta por lo general como un elemento inmóvil (como en el caso de M11) pero también puede sufrir pérdidas o ganancias (Beane y Titley 1980).

El Mg experimenta un incremento en las muestras M1, M11 y M22, sin embargo, se comporta como inmóvil en la muestra M13. Si bien el Mg tiende a lixiviar en la zona fílica, en este caso las ganancias en este elemento podrían ser el resultado de la removilización y fijación, en forma localizada, en la illita y/o la clorita ya que estos minerales pueden incorporarlo en su estructura.

En el sector sur, se registran ganancias en Si, que confirman la importante silicificación que tuvo lugar durante la alteración fílica, y en Fe que habría formado pirita cuya posterior oxidación dio lugar a la abundante jarosita que caracteriza a la zona fílica.

La intensa silicificación que afecta a la zona oeste del halo (M22) podría explicar la pérdida en Th observada en ese sector, ya que si bien el Th junto con el, Zr, Nb y Ti son considerados inmóviles durante los procesos de alteración dichos elementos pueden comportarse como móviles en el caso de silicificaciones extremas (Huston y Cozens, 1994).

De acuerdo a los cálculos de balance de masas, en el sector oeste se produjo el mayor incremento de masa (26%), mientras que el resto de las zonas experimentan ligeros aumentos (entre 5 y 8%).

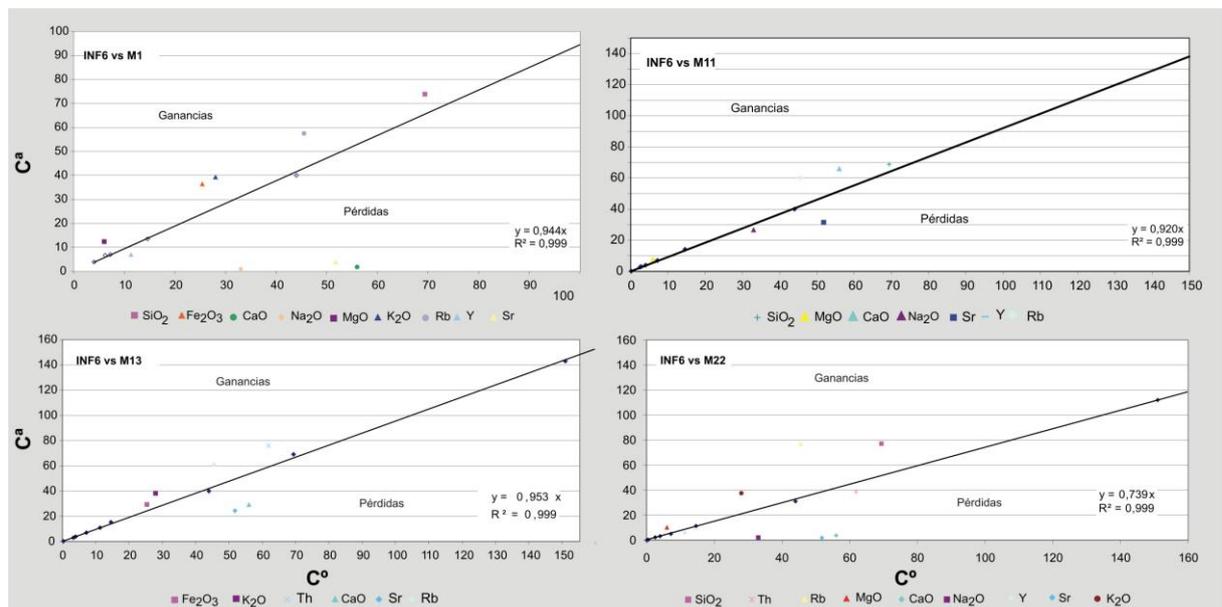


Figura 2. Gráficos de pérdidas y ganancias para los diferentes sectores de la zona fílica.

CONSIDERACIONES FINALES

La utilización del método de isoconas permitió evaluar los cambios químicos producidos durante la alteración fílica en el depósito El Infiernillo. Los resultados obtenidos a partir de la interpretación de los diagramas indican que en la zona fílica se han producido pérdidas de Ca y Na producto del reemplazo de la roca por cuarzo y illita. El comportamiento anómalo del Mg podría explicarse por la removilización a escala local de dicho elemento y su fijación en la illita y/o clorita.

Si bien se puede concluir que todos los elementos se comportan de manera similar en todo el halo de alteración, la zona oeste experimenta variaciones mucho mayores en las pérdidas y ganancias que las otras zonas, lo cual unido al importante incremento de masas que registra, permite concluir que el grado de alteración ha sido mucho mayor en ese sector del halo fílico.

REFERENCIAS

- Beane, R.E., and Titley, S.R., 1981, Porphyry copper deposit. Part II. Hydrothermal alteration and mineralization. *Economic Geology*, 75th Anniversary Volume, p. 235-263.
- Fuschini, M., 1968. Plan Cordillerano. Informe final. Zona: Infiernillo. Servicio Geológico Minero Argentino. Buenos Aires.
- Gómez, A., 2008. Geología del depósito El Infiernillo, Bloque de San Rafael, Mendoza. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, 112 pp. (Inédito).
- Grant, J. A., 1986. The isocon diagrams-A simple solution to Gresens's equation for metasomatic alteration. *Economic Geology* 81, 1976-1982.
- Gresens, R.L., 1967. Composition-volume relationship of metasomatism. *Chemical Geology* 2: 47-65.
- Huston, D.L., y Cozens, G.J. 1994. The geochemistry and alteration of the White Devil porphyry: implications to intrusion timing. *Mineral Deposita* 29:275-287.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S., 2009. The Choiyoi volcanic province at 34-36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): implications for the late Palaeozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Tectonophysics* 473: 283-299.
- Llambías, E. J., Kleiman, L. E., Salvarredi, J. A., 1993. El magmatismo gondwánico. Geología y recursos naturales de Mendoza. En: V.A. Ramos (Ed.). *Relatorio 12° Congreso Geológico Argentino y 2° Congreso de Exploración de Hidrocarburos*, 53 - 64.
- Ulrich T. y Heinrich, C. A., 2002. Geology and Alteration Geochemistry of the Porphyry Cu-Au Deposit at Bajo de la Alumbrera, Argentina. *Economic Geology* 97 (8): 1865-1888.