

CERROS AMARILLOS: UN SISTEMA DE ALTERACIÓN DE TIPO PÓRFIRO DE EDAD MIOCENA SUPERIOR, CORDILLERA PRINCIPAL, PROVINCIA DE MENDOZA

Nora RUBINSTEIN^{1,2}, Patricia SRUOGA^{2,3} y Mariela ETCHEVERRÍA³

¹ Departamento. Ciencias Geológicas Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.
Email: nora@gl.fcen.uba.ar

² CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas).

³ SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino), Buenos Aires. Emails: patysruoga@yahoo.com.ar y maretc@mecon.gov.ar

RESUMEN

Se describe un área de alteración aflorante en la región de Cerros Amarillos, ubicada en el curso superior del río Atuel, en la Cordillera Principal del sur de Mendoza (35°S, 70°O). La zona de alteración está espacialmente asociada a la Formación Huincán en facies dacítica (Mioceno superior) y está caracterizada por un estadio hidrotermal temprano representado por alteración potásica con una asociación de biotita-magnetita. A ésta se sobrepone una paragénesis compuesta por sericita-silice-carbonato a la que se asocia alteración albitica. Esta fase tardía correspondería a una asociación de albita-sericita de alto nivel que ocurre a profundidades someras dentro del sistema y es anterior a la etapa filica. Por otra parte también se identificaron en el área de alteración cuerpos de *endoskarn* que corresponden a brechas piroxénicas y vetas de plagioclasa-piroxeno. Las paragénesis de alteración reconocidas permiten asimilarlas, de forma preliminar, a las de los sistemas tipo pórfiro con alteración sódica que, de acuerdo a las relaciones estratigráficas y la información geocronológica existente se vincularía genéticamente al magmatismo del Mioceno superior.

Palabras clave: *Asociación de alteración, Sistema tipo pórfiro, Alteración sódica, Skarn, Mioceno superior.*

ABSTRACT: *Cerros Amarillos: an alteration porphyry type system, Upper Miocene, Cordillera Principal, Mendoza.* In the Cerros Amarillos area, Cordillera Principal of Mendoza province, Argentina (35°S, 70°W) it crops out an alteration zone which is spatially linked to volcanics of Upper Miocene age. It is characterized by early potassic alteration with a paragenesis of biotite-magnetite. It is overprinted by a sericite-silica-carbonate paragenesis with associated albite. This later stage corresponds to a high level albite-sericite association which is prior to the phyllic alteration stage. Endoskarn facies comprising pyroxene breccias and plagioclase-pyroxene veins also crops out in the area. The recognized paragenesis points to a porphyry system with sodic alteration. The stratigraphic controls and the geochronological data suggest a genetically link with the Upper Miocene magmatism

Keywords: *Alteration paragenesis, Porphyry system, Sodic alteration, Skarn, Upper Miocene.*

INTRODUCCIÓN

El área de Cerros Amarillos se ubica en la margen sur del río Atuel, próximo a la desembocadura del arroyo de las Lágrimas, en la Cordillera Principal de la provincia de Mendoza (Fig.1). Allí Groeber (1946) reconoció un conjunto de intrusivos adamelíticos y tobas con coladas basálticas superpuestas, asignando el conjunto al Palaocolitense (o Domuyolitense). Posteriormente, Sruoga *et al.* (1998, 2005 a) interpretaron a las rocas hipabisales dacíticas como apófisis de un cuerpo subvolcánico con dimensiones de *stock* y le asignaron, por correlación con rocas equivalentes, una edad miocena temprana.

Estos autores mencionaron además que dichas rocas se encuentran afectadas por alteración hidrotermal que comprende principalmente sericitización de distribución penetrante y silicificación por vetas que en sectores llega a conformar un *stockwork* con mineralización de pirita. Sruoga *et al.* (2005 a) asignaron preliminarmente esta zona de alteración a un sistema de tipo pórfiro relacionado al magmatismo hipabisal aflorante en el área.

El objetivo del presente trabajo es caracterizar e interpretar la génesis de la alteración hidrotermal en Cerros Amarillos sobre la base de un detallado estudio petro-mineralógico complementado con análisis por difracción de rayos X y análisis

químicos de roca total de elementos mayoritarios (Actlabs, Canadá). Además, edades radimétricas obtenidas recientemente han permitido discriminar dos eventos volcánicos y por ende, acotar geocronológicamente el desarrollo del sistema volcánico- hidrotermal en el área estudiada.

MARCO GEOLÓGICO

La historia geológica post-paleozoica de la Cordillera Principal mendocina se caracteriza por dos grandes eventos, la formación de una cuenca de retroarco durante el Mesozoico y el desarrollo del ciclo andino durante el Cenozoico.

En las zonas aledañas a Cerros Amarillos afloran sedimentitas correspondientes al ciclo jurásico, que consisten en una alternancia de depósitos litorales y de plataforma, asociados con eventos transgresivos y depósitos evaporíticos (Formaciones La Manga, Lotena y Auquilco). Por encima se disponen las sedimentitas de ambiente continental de la Formación Tordillo, las cuales en esta zona se presentan en facies de transición hacia la Formación Río Damas, unidad volcanogénica de amplia distribución en Chile.

El volcanismo terciario comprende un conjunto hipabisal de naturaleza ácida y coladas basálticas asignables a las formaciones Huincán y Coyocho, respectivamente (Sruoga *et al.* 2005 a).

VOLCANISMO HIPABISAL

Sobre la margen sur del río Atuel, entre el cerro de los Pantanos y la desembocadura del arroyo Las Lágrimas (Fig. 1) las relaciones de intrusividad y los resultados radimétricos han permitido identificar dos eventos volcánicos superpuestos de edad miocena.

El evento más antiguo se halla representado por un domo exógeno que constituye el cerro de Los Pantanos, intruido en los niveles yesíferos de la Formación Auquilco. Presenta paredes subverticales y exhibe conspicua disyunción vertical. Se trata de un pórfido dacítico, con un contenido de ~40% de fenocristales de plagioclasa (An_{40}) con zonación múltiple, hornblenda reemplazada parcialmente por biotita y clorita, biotita y cuarzo en menor proporción. La pasta se presenta como un agregado granoso fino (~0,05 centímetros) compuesto por plagioclasa, cuarzo, biotita y feldespatos potásico en menor cantidad. Incluye autolitos con un alto contenido de minerales máficos (Sruoga *et al.* 1998). Geoquímicamente las dacitas corresponden a series calcoalcalinas subalcalinas, con contenidos de K_2O medios (2,36 %). Presentan rasgos típicos de magmas emplazados en arcos volcánicos andinos, tales como: bajo contenido en Nb (9,2 ppm), enriquecimiento en ciertos

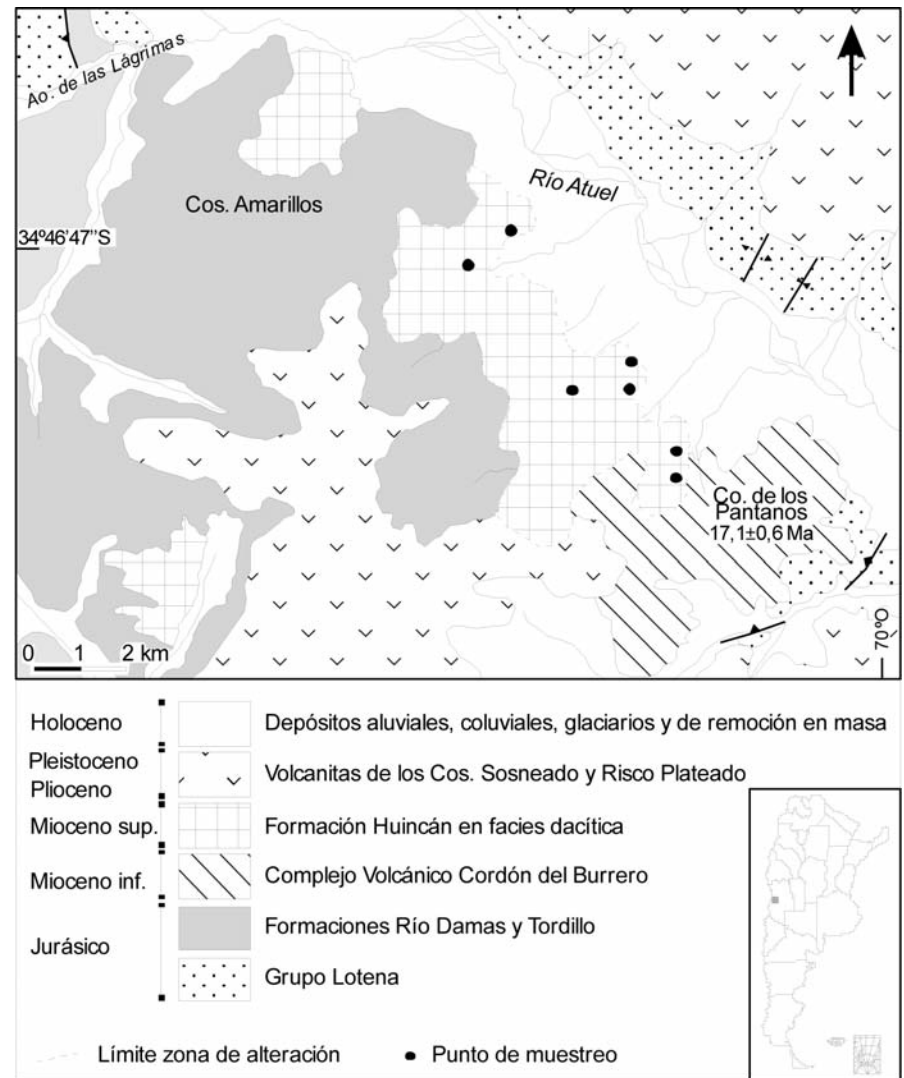


Figura 1: Geología de la zona de Cerros Amarillos, Cordillera Principal de Mendoza

elementos traza (Ba: 585 ppm, Sr: 492 ppm), relaciones La/Yb moderadamente altas (> 20) y relaciones La/Ta > 25 y Ba/La > 20 . Dos dataciones K-Ar sobre concentrado de biotita arrojaron valores de $17,1 \pm 0,6$ y $17,4 \pm 0,6$ (Cuadro 1), permitiendo asignarle a este evento volcánico una edad miocena inferior (Burdigaliano) y correlacionarlo con el complejo volcánico del Cordón del Burrero (Sruoga *et al.* 2008). Esta unidad posee amplia distribución al sur y suroeste del área estudiada y abarca facies lávicas e hipabisales de composición basáltico-andesítica hasta riolítica emplazadas en el lapso 18 - 14 Ma (Sruoga *et al.* 2008). El segundo evento volcánico está repre-

sentado por diques y filones de composición dacítica y riolítica que intruyen los niveles volcanoclásticos de la Formación Río Damas y el complejo volcánico del Cordón del Burrero los que afloran al oeste del cerro de los Pantanos hasta la desembocadura del arroyo de las Lágrimas (Fig. 1). Debido al fuerte grado de alteración hidrotermal que afecta a dichas rocas, como será descrito a continuación, los rasgos petrográficos primarios se hallan pobremente preservados. Las rocas muestran texturas porfíricas y glomeroporfíricas en pastas granosas finas. Presentan un contenido de ~30-40% de fenocristales de plagioclasa, sanidina, biotita y cuarzo. El anfíbol acompaña oca-

sionalmente la paragénesis mineral y se halla invariablemente reemplazado por muscovita, clorita, gránulos de óxidos y biotita. Los minerales accesorios más frecuentes son apatita, rutilo y opacos. Tentativamente, en base a la yacencia y al tipo litológico, estas rocas se correlacionan con la unidad denominada Formación Huincan en facies dacítica (Sruoga *et al.* 2008). En las nacientes del cajón del Burro, al suroeste del área estudiada, se ha obtenido una edad K-Ar en concentrado de biotita de $6,6 \pm 0,2$ Ma (Cuadro 1), lo cual permite asignar este evento volcánico al Mioceno superior (Messiniano).

ALTERACIÓN HIDROTHERMAL

La zona de alteración de Cerros Amarillos abarca un área de 8 km² aproximadamente (Fig. 1) y está espacialmente asociada a la Formación Huincán en facies dacítica. Presenta una coloración blanco amarillenta característica como resultado de una fuerte decoloración y una moderada oxidación.

Localmente se encuentran escasos diques que alcanzan algunas decenas de centímetros de espesor los cuales están compuestos por plagioclasa de composición intermedia, acompañada de clinopiroxeno y subordinadamente esfena conformando una textura granoblástica (Figs. 2 a y b).

Se reconoce además una pequeña brecha de planta subcircular y aproximadamente 6 m de diámetro cuyo cemento está compuesto en su totalidad por clinopiroxeno (egirina-augita determinada por análisis por difracción de rayos X) en cristales bien desarrollados que en sectores dan lugar a una textura drusoide (Figs. 2 c y d). En las proximidades del contacto con la brecha la volcanita presenta sus anfíboles completamente reemplazados por tremolita-actinolita y egirina-augita con esfena asociada o bien en gránulos diseminados, además de albitización de sus feldespatos y de la presencia de grandes cristales de apatita secundaria con abundantes inclusiones fluidas. A esta asociación

de alteración se asocia muy escasa mineralización de magnetita.

Con una amplia distribución en toda el área de alteración se reconoce una alteración biotítica penetrante y de intensidad suave a moderada. Ésta se caracteriza por pequeñas laminillas de biotita secundaria que conforman nidos y ocasionalmente reemplazan a los máficos primarios. Espacialmente asociada a la biotita hidrotermal se encuentra moderada cantidad de magnetita en cristales de escaso desarrollo.

Sobreimpuesta a la alteración biotítica hay una sericitización de distribución penetrante que alcanza una intensidad moderada, con destrucción parcial a completa de la biotita secundaria (Fig. 2 f). La sericitización también se presenta en forma intersticial y a ella suele asociarse espacialmente una suave silicificación penetrante que conforma mosaicos. Acompañando a la sericitización se encuentra una moderada carbonatización en motas, venillas o como reemplazo de anfíboles, gránulos de rutilo y muy escasa turmalina. Son escasas las venillas de cuarzo en las que se encuentran aislados pseudomorfo de cristales cúbicos milimétricos completamente limonitizados. Una oxidación incipiente, que se remanifiesta como venillas, motas e impregnaciones limoníticas, afecta a toda la zona de alteración otorgándole las coloraciones ocre amarillentas que la caracterizan (Fig. 2 e). Un rasgo característico es la presencia de una significativa feldespatización (albita, determinada por análisis de difracción de rayos X) de variable intensidad en numerosos sectores del área estudiada. Ésta se da de forma penetrante desarrollando mosaicos de cristales subhedrales de plagioclasa, por lo general con macla polisintética y con pequeñas inclusiones hematíticas, que se distribuyen intersticialmente en las pastas de las volcanitas y a la que se asocia espacialmente, pero en forma subordinada, apatita, y ocasionalmente clorita. Este proceso queda registrado en la composición química de las rocas que alcanzan valores de Na₂O de hasta 7,86% y K₂O/Na₂O entre 0,66 y 0,07 en tanto

CUADRO 1: Edades K-Ar en concentrados de biotita*.

#	% K	⁴⁰ Ar/Arad (nl/g)	% ⁴⁰ Aratm	Edad (Ma)
A-12	5,040	3,431	38	17,4 ± 0,6
A-12	5,040	3,358	48	17,1 ± 0,6
SA-5	6,44	1,627	76,6	6,6 ± 0,2

*) Dos muestras procedentes del cerro de los Pantanos (Complejo volcánico Cordón del Burrero) y una muestra de la Formación Huincán en facies dacítica. Laboratorios: SERNA-GEOMIN, Sección de Geocronología, Chile (A-12) y Actlabs, Canadá (SA-5).

que sus equivalentes fuera del área de alteración presentan valores de entre 3,57 y 5,68% de Na₂O y K₂O/Na₂O entre 0,5 y 0,87). Es frecuente la presencia de motas y venillas de feldespato alcalino que afectan a los fenocristales de plagioclasa que, en base a los análisis químicos puede interpretarse, al menos en parte, como resultado del proceso de albitización.

Esta albitización también se presenta localmente como cemento de brechas hidrotermales (Fig. 2 g y h) que en sectores desarrollan texturas drusoides y suelen presentar carbonato y, de forma muy subordinada, apatita, especialmente asociados.

Si bien no se observó una relación espacial directa que permita establecer la relación temporal de alteraciones descritas con el proceso de albitización, la relaciones témporo-espaciales existentes entre la carbonatización y las alteraciones sericitica y albítica permiten inferir, de manera preliminar, que ambas han sido parcialmente contemporáneas.

DISCUSIÓN

Las asociaciones de alteración halladas en el área de Cerros Amarillos permiten asimilarlas, de forma preliminar, a las de los sistemas tipo pórfiro en los que se reconoce un estadio hidrotermal temprano representado por una alteración potásica (biotita-magnetita). A éste se sobreimpone un estadio de alteración hidrotermal tardío representado por una paragénesis de sericitita-sílice-carbonato (rutilo-turmalina) a la que probablemente se asocie la alteración albítica que indica una impor-

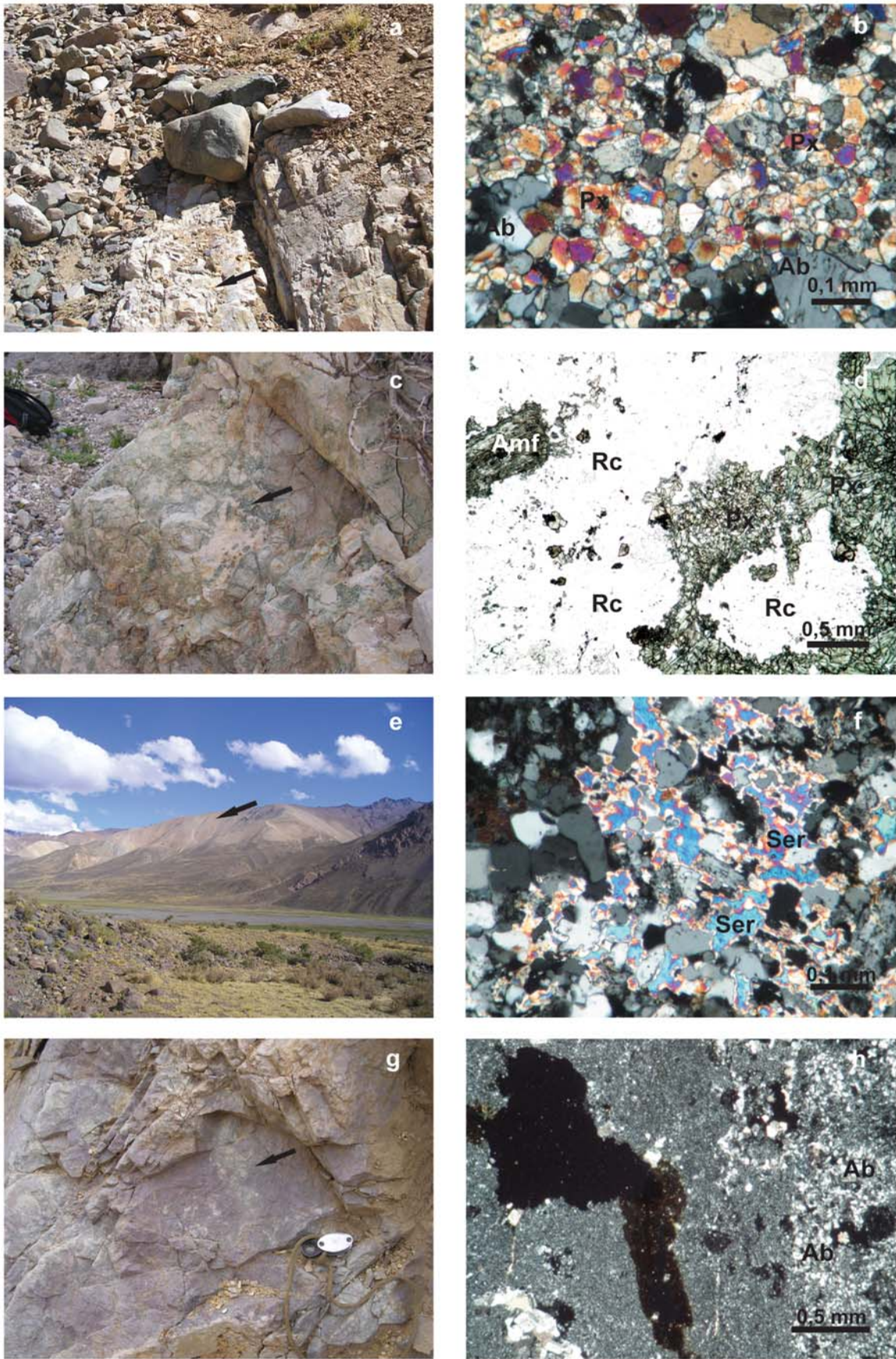


Figura 2: a) Detalle de veta de piroxeno-albita; b) Mosaicos de piroxeno (PX) con albita (Ab) conformando textura tipo granofels; c) Vista de la brecha con cemento de clinopiroxeno; d) Agregados de cristales de clinopiroxeno (Px) cementando la roca de caja en la que se reconoce anfíbol tremolitizado (Amf); e) Vista general de la zona de alteración; f) Aspecto general de las rocas afectadas por alteración sericitica; g) Vista de un sector con brecha albitica; h) Agregados de pequeños cristales de albita que conforman el cemento de la brecha.

tante actividad sódica. Esta fase tardía correspondería, por su distribución y características mineralógicas, a una asociación de albita-sericita de alto nivel como la descrita para el pórfiro de Ann - Mason donde esta paragénesis ocurre a profundidades someras dentro del sistema y es anterior a la etapa fílica (Dilles y Einaudi 1992).

Dentro de este esquema las brechas piroxénicas y los diques de plagioclasa-clinopiroxeno-(esfena) se interpretan como facies de *endoskarn* producto de la interacción de las rocas magmáticas con los niveles calcáreos de edad jurásica y cretácica que forman parte de la secuencia estratigráfica en sectores aledaños a la zona de alteración. Dilles y Einaudi (1992) señalan la presencia de *endoskarns* de clinopiroxeno-plagioclasa a distancias de hasta 1.000 m del contacto entre el intrusivo y la roca de caja calcárea. Cabe destacar que numerosas manifestaciones de *skarns* vinculados al magmatismo terciario, algunas de las cuales se encuentran relacionadas a mineralizaciones o patrones de alteración de tipo pórfiro, han sido descritas en la Cordillera del sur de Mendoza y norte de Neuquén (Franchini y Dawson 1999).

De acuerdo a las relaciones estratigráficas y la información geocronológica disponible, es posible vincular genéticamente y de modo preliminar el sistema hidrotermal de Cerros Amarillos al volcanismo Huincán en facies dacítica que tuvo lugar hace 6,6 Ma.

Si bien existen varios prospectos de tipo pórfiro asociados al volcanismo Mioceno medio - Plioceno inferior en la cordillera sur mendocina, éstos han sido poco explorados y no muestran, a la luz de los conocimientos actuales, interés económico (Jones y Martínez 2007). Sin embargo cabe mencionar que la faja mineralizada del Mioceno superior - Plioceno (12-4 Ma) de la Cordillera Principal de Chile central alberga tres de los sistemas de pórfiros de Cu-Mo más grandes del mundo (El Teniente, Río Blanco - Los Bronces y Los Pelambres - El Pachón) (Camús Infanta 2003), por lo que no debieran descartarse en estas instancias las posi-

bilidades prospectivas del magmatismo del Mioceno superior a estas latitudes de la Cordillera Principal de Argentina.

CONCLUSIONES

El estudio petro-mineralógico de la alteración de la zona de Cerros Amarillos permitió identificar alteración potásica a la que se sobrepone una asociación de albita - sericita, así como también fenómenos de skarnificación que se dan a través de cuerpos de brecha y diques. Las paragénesis halladas permiten asimilar preliminarmente este sistema a los relacionados con modelos tipo pórfiro con importante actividad sódica en un nivel de exposición somero. De modo preliminar, se admite que este sistema estaría genéticamente vinculado con el magmatismo de edad miocena superior.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue realizado con el financiamiento de CONICET (PIP 02366). Los autores desean agradecer al SEGEMAR por el apoyo logístico brindado, a la Lic. Orquidea Morello (CN EA) por las determinaciones mineralógicas efectuadas con análisis por difracción de Rayos X y a los árbitros Dres. E. Zappettini y B. Coira cuyos comentarios y sugerencias permitieron mejorar la versión final del trabajo.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Camús Infanta, F. 2003. Geología de los sistemas porfíricos en los Andes de Chile. Servicio Nacional de Geología y Minería, 267 p. Santiago.
- Dilles, J.H. y Einaudi, M. 1992. Wall rock alteration and hydrothermal flow path about the Ann Mason porphyry copper deposit, Nevada. A 6 km vertical reconstruction. *Economic Geology* 87(8): 1963-2001.
- Franchini, M. y Dawson, K. 1999. Manifestaciones metálicas asociadas a skarns del suroeste de Mendoza y noroeste de Neuquén. En Zappettini, E. (ed.) Recursos Minerales de la República Argentina, SEGEMAR, Anales 35: 1535-1545.

- Groeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70°, Hojas Sosneado y Maipú. *Revista de la Asociación Geológica Argentina, Serie C Reimpresiones* (1980), 1: 37-73.
- Jones, J.P. y Martínez, R.D. 2007. Aspectos regionales de nuevos sistemas porfíricos en Argentina, desde Salta hasta Mendoza. *Asociación de Geólogos Economistas, Publicación Especial* 1: 21-30.
- Sruoga, P., Etcheverría, M., Folguera, A. y Sepúlveda E. 1998. El magmatismo hipabisal mioceno en la Cordillera Principal de Mendoza, Argentina (34°-35° S). 10° Congreso Latinoamericano de Geología y 6° Congreso Nacional de Geología Económica, Actas 1: 59-64.
- Sruoga, P., Rubinstein, N., Etcheverría, M. y Malhburg Kay, S. 2005 a. Volcanismo paleógeno y mineralización asociada en la Cordillera Principal de Mendoza, Argentina (35° S). 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 1: 703-707, La Plata.
- Sruoga, P., Etcheverría, M.P., Folguera, A., Repol, D., Cortes, J.M. y Zanettini, J.C. 2005 b. Hoja Geológica 3569-I Volcán Maipo, Provincia de Mendoza. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 290, 92 p., Buenos Aires.
- Sruoga, P., Rubinstein, N., Etcheverría, M., Cegarra, M., Kay, S., Singer, B y Lee J. 2008. Estado inicial del arco volcánico neógeno en la Cordillera Principal de Mendoza (35° S). *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 63(3): 454-469.

Recibido: 2 de mayo, 2009

Aceptado: 22 de septiembre, 2009