

El yacimiento Morro del Cobre, San Juan, Argentina: estudio de la petrografía y asociaciones de alteración hidrotermal

María Verónica BASTÍAS TORRES¹, Nora RUBINSTEIN² y Lorena C. PREVILEY³

¹CONICET- Universidad Nacional de San Juan. Gabinete de Exploración y Evaluación de Recursos Minerales, Departamento de Geología, San Juan.

²IGEBA (UBA-CONICET), Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Buenos Aires, CABA.

³Universidad Nacional de San Juan. Departamento de Geología, Gabinete de Exploración y Evaluación de Recursos Minerales, San Juan.

E-mails: verobastias.geo@gmail.com; narubinstein@gmail.com; lorepreviley@gmail.com

Editor: Mónica López de Luchi

RESUMEN

El Morro del Cobre (32° 0' 3,86" S, 69° 34' 14,88" O) es un yacimiento de tipo pórfido con hasta 0,84% Cu y 0,025% Mo. Se emplaza en la Cordillera Frontal de la provincia de San Juan, en la porción sur del segmento de subducción horizontal pampeano. Estudios petrográficos y mineralógicos de muestras de superficie y subsuelo permitieron establecer la presencia de un pórfido andesítico pre-mineral intruido por un pórfido dacítico sin-mineral, ambos hospedados en rocas volcánicas pérmicas. El pórfido dacítico sin-mineral dio lugar a un sistema hidrotermal que se habría iniciado con una etapa de alteración potásica con una asociación de feldespato potásico + cuarzo + biotita + magnetita con distribución penetrante y en venillas (A, EBT, EB y B) a la que se asocia una paragénesis de mena compuesta por calcopirita + pirita ± molibdenita + bornita. Posteriormente las rocas fueron afectadas por una alteración filica que generó una asociación de cuarzo + sericita + pirita con distribución penetrante y en venillas de cuarzo + pirita (D). Los controles estratigráficos y litológicos del depósito Morro del Cobre permiten asignarle preliminarmente una edad miocena a la mineralización que consecuentemente quedaría integrada a la faja metalogénica miocena-pliocena de los Andes Centrales la cual contiene depósitos de tipo pórfido cuprífero de clase mundial.

Palabras clave: *dacita sin-mineral; alteración potásica y filica; pórfido cuprífero mioceno; Andes Centrales.*

ABSTRACT

The Morro del Cobre deposit, San Juan, Argentina: study of petrography and hydrothermal alteration associations.

Morro del Cobre is a porphyry type deposit with up to 0.84% Cu and 0.025% Mo located in Cordillera Frontal of San Juan province, in the southern portion of the Pampean flat slab segment. Petro-mineralogical studies of surface and drill samples allowed the identification of a pre-mineral andesitic porphyry intruded by a syn-mineral dacitic porphyry, both hosted in Permian-Triassic volcanoclastic rocks. The mineralizing dacitic porphyry led to the development of the hydrothermal system that began with a potassic stage characterized by a pervasive K-feldspar + quartz + biotite + magnetite assemblage along with A, EBT, EB and B-type veinlets and an ore paragenesis consisting of chalcopyrite + pyrite ± molybdenite + bornite. Later a phyllic stage characterized by a pervasive quartz + sericite + pyrite assemblage and D-type veinlets was developed. The stratigraphic and lithological controls of Morro del Cobre porphyry type deposit allowed to assign a preliminary Miocene age to the mineralization and to include it in the Miocene-Pliocene metallogenetic belt of the Central Andes which contains world class porphyry copper type deposits.

Keywords: *syn-mineral dacite, potassic and phyllic alteration, Miocene porphyry copper, Central Andes.*

INTRODUCCION

El proyecto Cerro Blanco (32° 0' 3,86"S, 69° 34' 14,88"O) está ubicado en Argenti-

na en la Cordillera Frontal en la provincia de San Juan (Fig. 1a) dentro de la porción sur del segmento de subducción horizontal pampeano (28-33°S, Cahill y Isacks 1992)

de los Andes Centrales. Este proyecto comprende varios blancos de exploración entre los que destaca el Morro del Cobre (Fig. 1b), definido por Barrionuevo y Re-

verberi (1968) como un depósito de tipo cobre porfídico emplazado en un espeso complejo volcánico riolítico – riodacítico perteneciente a la Formación El Horcajo (Mirre 1966) de edad pérmica (Rocher *et al.* 2015).

Los trabajos de exploración llevados a cabo por Fabricaciones Militares en la década del 60 incluyeron tareas de muestreo, estudios petrográficos y geofísicos. La perforación de tres sondajes que suman un total de 995 m permitió identificar un cuerpo intrusivo complejo, con diseminación de sulfuros y evidencias de alteración hidrotermal (Barrionuevo y Reverberi 1968). Posteriormente la compañía privada Entropy Resources S.A (ERSA) emprende nuevas tareas de exploración que permiten concluir que el Morro del Cobre es un pórfido de Cu-Mo-Au (+/- Ag) con leyes hipogénicas de Cu y Mo que alcanzan valores de 0,84% y 0,025%, respectivamente (Pugliese 2012).

El objetivo del presente trabajo es aportar nuevos conocimientos sobre las unidades litológicas, asociaciones de alteración hidrotermal y mineralización del yacimiento, a partir de nuevos estudios geológicos de terreno y el análisis petrográfico-mineralógico de 30 muestras de sondajes disponibles del área.

GEOLOGÍA DEL MORRO DEL COBRE

En el área del yacimiento afloran tobas riodacíticas e ignimbritas riolíticas pertenecientes a la Formación El Horcajo asignada al Permo-Triásico por Mirre (1966), un pórfido andesítico pre-mineral y un pórfido dacítico sin-mineral (Fig. 1c).

Toba riodacítica

Esta es la unidad más antigua que aflora en el área de estudio. Presenta gran distribución areal con disposición mantiforme e infrayace a la Riolita La Escondida de la Formación El Horcajo.

Esta roca corresponde a una toba lapillítica (Fig. 2a) de color gris claro, rica en cristaloclastos de feldespato, cuarzo, minerales máficos que alcanzan los 5 mm de largo y escasos litoclastos de volcanitas con textura porfírica de hasta 6 cm de largo, inmersos en una matriz micro-

cristalina de composición cuarzo-feldespática.

Al microscopio, es una toba riodacítica, cristalina, compuesta por individuos de plagioclasa con morfología subhedral maclados y con zonación, con abundantes microfracturas e inclusiones de circón y apatito. También se observan cristaloclastos de cuarzo con bordes engolfados, microfracturas e inclusiones de circón. El feldespato potásico se presenta con morfología subhedral, frecuentemente con maclas de Carlsbad. Se reconocen secciones laminares de biotita fuertemente corroídas y flexuradas. Se observan escasas secciones hexagonales de hornblenda. Los litoclastos exhiben morfologías subangulosas, presentan textura porfírica y están constituidos por fenocristales de plagioclasa inmersos en una pasta criptocristalina. La matriz consiste en un agregado microcristalino de cuarzo-feldespato (Fig. 2a).

Sus características texturales y mineralógicas permiten correlacionar esta unidad

con la Ignimbrita La Plateada descrita por Rocher (2015) como una potente sucesión de mantos ignimbríticos en facies de tobas lapillíticas en el área de Las Caletas-Las Hornillas, en ambos márgenes del río Los Patos.

Ignimbrita riolítica

Esta unidad, al igual que la anterior, presenta amplia distribución areal. En afloramiento es de color rojo violáceo y presenta diaclasas de orientación $170^{\circ}/70^{\circ}$ SO. A escala macroscópica está constituida por cristaloclastos de cuarzo, feldespato, biotitas orientadas y minerales máficos. Se distinguen además litoclastos que pueden variar en tamaño desde el orden de los milímetros hasta medio metro de largo, los que están representados por fragmentos de pómez y de volcanitas. La matriz es afanítica, de color rojo y presenta vestigios de textura pseudo-fluidal. Al microscopio esta roca está constituida por cristaloclastos de cuarzo con bordes subredondeados y abundantes micro-

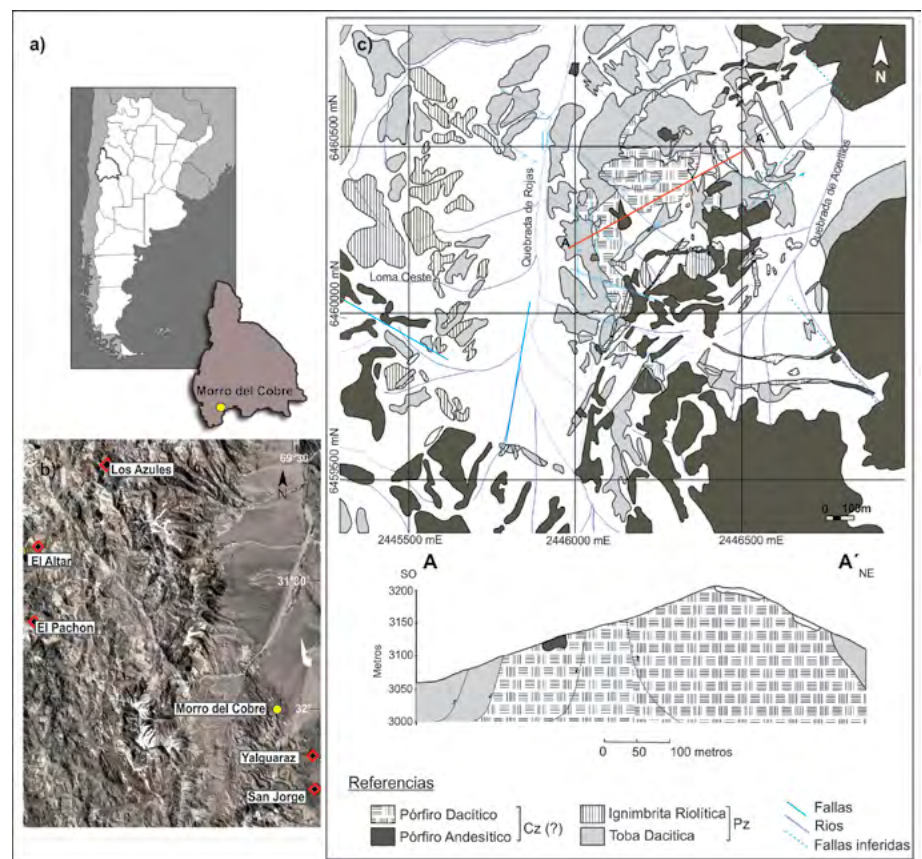


Figura 1. a) Ubicación del proyecto Cerro Blanco; b) Ubicación del yacimiento Morro del Cobre con respecto a otros depósitos tipo pórfidos de cobre en el área; c) Geología del área del yacimiento Morro del Cobre (modificado de Flores 2011).

fracturas. También se observa plagioclasa en cristales subhedrales a anhedrales, maclados y corroídos en sus bordes. En forma subordinada se reconocen folias flexuradas de biotita y secciones hexagonales de hornblenda. La matriz está compuesta por un agregado microcristalino de cuarzo-feldespatos y escasa biotita. Por sus características texturales y mineralógicas esta unidad podría correlacionarse con la Riolita La Escondida de edad pérmica (265 ± 2 Ma, U/Pb SHRIMP en circón) en el área de Las Caletas (Rocher *et al.* 2015).

Pórfiro Andesítico

Esta unidad que intruye a las rocas volcánicas permo-triásicas, forma un cuerpo cuyo afloramiento alcanza los 2,5 km de diámetro y destaca por su resistencia a la erosión. La roca es de color gris verdoso con alto contenido de fenocristales de plagioclasa que alcanzan los 3 mm de longitud, anfíboles y escasos individuos de biotita que no superan los 2 mm de largo, inmersos en una pasta afanítica de color gris oscuro.

Al microscopio se reconocen fenocristales euhedrales a subhedrales de plagioclasa, maclados y con zonación en algunos casos formando glomérulos. Secciones basales y prismáticas de hornblenda y escasas folias de biotitas flexuradas. La pasta microcristalina está compuesta por feldespatos, anfíbol, magnetita y escaso cuarzo (Fig. 2b).

Pórfiro Dacítico

Los afloramientos de esta unidad son escasos, en el terreno, sin embargo, en base a información de subsuelo se pudo determinar que esta litología intruye al pórfiro andesítico.

Esta roca de textura porfírica (Fig. 2c), color gris medio, está compuesta por fenocristales (<3 mm de largo) de feldespatos, cuarzo y biotita inmersos en una pasta afanítica.

Al microscopio presenta textura porfírica y está compuesta por individuos de plagioclasa de morfología euhedral a subhedral, con maclas y zonación, en ocasiones forma glomérulos. También se reconoce feldespatos potásico en individuos subhedrales y cristales de cuarzo con escasas microfracturas y bordes engolfados. La

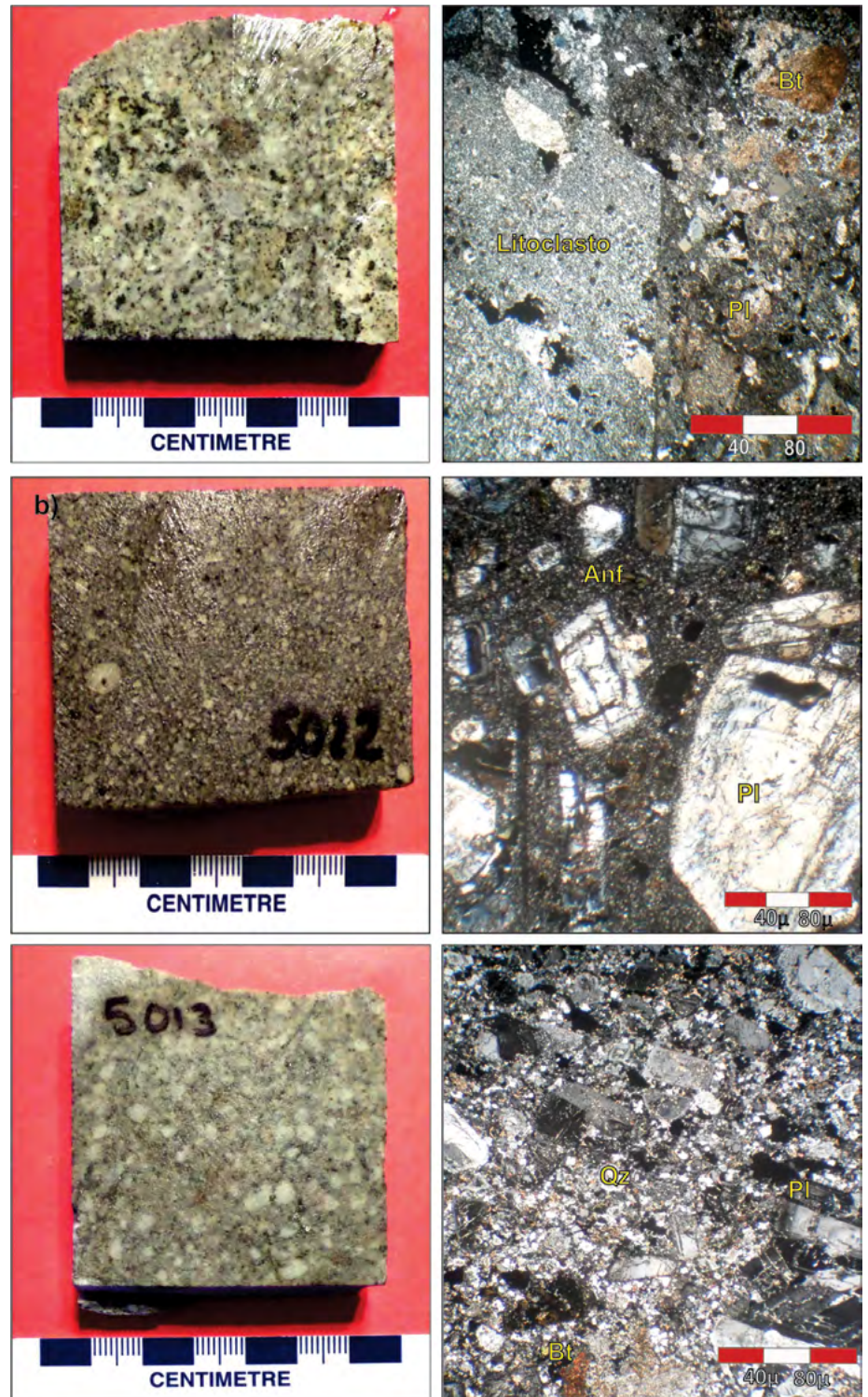


Figura 2. a-b) Unidades pre-minerales: a) Toba riódacítica (T.Dac) compuesta por litoclastos volcánicos, cristoclastos de biotita (Bt) y plagioclasa (Pl) inmersos en matriz microcristalina; b) Pórfido andesítico (P.And) conformado por fenocristales de plagioclasa y anfíbol (Anf) rodeados por pasta microcristalina; c) Intrusivo sin-mineral: Pórfido dacítico (P.Dac) constituido por fenocristales de plagioclasa, biotita y cuarzo (Qz) inmersos en pasta cuarzo-feldespática.

biotita constituye folias en ocasiones con bordes ligeramente corroídos. La hornblenda se presenta en secciones basales

de poco desarrollo. La pasta consiste en un mosaico microcristalino de cuarzo-feldespatos con abundante biotita (Fig. 2c).

ASOCIACIONES DE ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

El depósito Morro del Cobre conforma un pórfido cuprífero donde es posible reconocer las asociaciones de alteración típicas de estos sistemas.

A partir de la información derivada del estudio de muestras de subsuelo se pudo determinar que la alteración potásica se distribuye de forma penetrativa y en venillas afectando principalmente al porfiro dacítico sin-mineral, y de forma subordinada a la roca de caja constituida por la toba dacítica y el pórfido andesítico, en el que se manifiesta principalmente en forma de venillas. La alteración filica se superpone a la alteración potásica, tanto en el intrusivo como en la roca de caja, con una distribución penetrativa y en venillas.

La alteración potásica está caracterizada por la asociación feldespato potásico + cuarzo ± biotita ± magnetita. En el pórfido dacítico esta alteración es moderada a fuerte y se distribuye de forma penetrativa, en tanto que en el pórfido andesítico y en la toba dacítica se distribuye en venillas y su intensidad varía de suave a moderada. En el pórfido dacítico, el feldespato potásico secundario reemplaza a los fenocristales de plagioclasa en forma de parches o bordes e invade la pasta por sectores. La biotita secundaria se encuentra levemente cloritizada y conforma nidos que se distribuyen en la pasta. Se observa abundante magnetita + calcopirita ± pirita en cristales diseminados. Asociados a la alteración potásica se distinguen diferentes juegos de venillas afectando principalmente a las tobas y al pórfido andesítico. En base a Gustafson y Hunt (1975) y Gustafson y Quiroga (1995), las venillas se clasifican como: venillas tipo A (Fig. 3a) rellenas por cuarzo + feldespato potásico ± anhídrita ± calcopirita + bornita + pirita, sinuosas, de hasta 1 cm de espesor, con halos difusos de feldespato potásico; venillas de tipo EBT (*early biotite transitional*) (Fig. 3b) construidas por cuarzo + anhídrita + calcopirita + magnetita ± feldespato potásico ± pirita, sinuosas, cuyo espesor no supera los 0,4 cm y con un halo de biotita ± feldespato potásico; venillas tipo EB (*early biotite*) (Fig. 3c) de biotita ± magnetita ± andalucita ± apatito ± cuarzo, sinuosas,

de hasta 1 cm de espesor y venillas rectas de tipo B, rellenas con cuarzo + anhídrita ± molibdenita + calcopirita + pirita, de hasta 0,5 cm de espesor.

Por otra parte, se reconoce alteración filica representada por la asociación cuarzo + sericita ± pirita. Esta alteración se presenta con intensidad moderada y distribución penetrativa en el intrusivo sin-mineral, mientras que, en la roca de caja, se superpone a la alteración potásica dispuesta principalmente en forma de venillas.

En el intrusivo dacítico la alteración filica, que rodea y en parte se superpone a la alteración potásica, provoca principalmente la desestabilización de los feldespatos, los que se encuentran reemplazados casi en su totalidad por finos agregados de sericita. La biotita está alterada a sericita ± clorita y la hornblenda se encuentra reemplazada casi en su totalidad por sericita. En la pasta se observa cuarzo secundario en forma de parches, escasa sericita dispuesta en los intersticios, y de forma subordinada pirita diseminada.

En la toba los cristaloclastos de feldespato y minerales máficos se encuentran sericitizados. En la matriz se observa cuarzo secundario en forma de parches y como

relleno de vesículas, y laminillas de sericita relleno intersticios y formando nidos. La sericita también se presenta como constituyente de los halos de venillas tipo D (Fig. 3d). La pirita se presenta en forma diseminada.

En el pórfido andesítico, se observan fenocristales de plagioclasa reemplazados casi en su totalidad por sericita, mientras que el anfíbol se encuentra completamente reemplazado por sericita ± clorita. La pasta está reemplazada en sectores por parches de cuarzo secundario, sericita intersticial y pirita diseminada.

Tanto en la toba como en el pórfido andesítico, se encuentra asociado con la alteración filica un juego de venillas tipo D (según la clasificación de Gustafson y Hunt 1975, y Gustafson y Quiroga 1995) sinuosas, de hasta 2 cm de espesor, caracterizadas por un relleno de cuarzo + pirita ± calcopirita ± anhídrita, con un halo interno de sericita y un halo externo de calcita.

DISCUSIÓN

Los estudios realizados hasta el momento en el área del Morro del Cobre indican la presencia de un pórfido andesítico

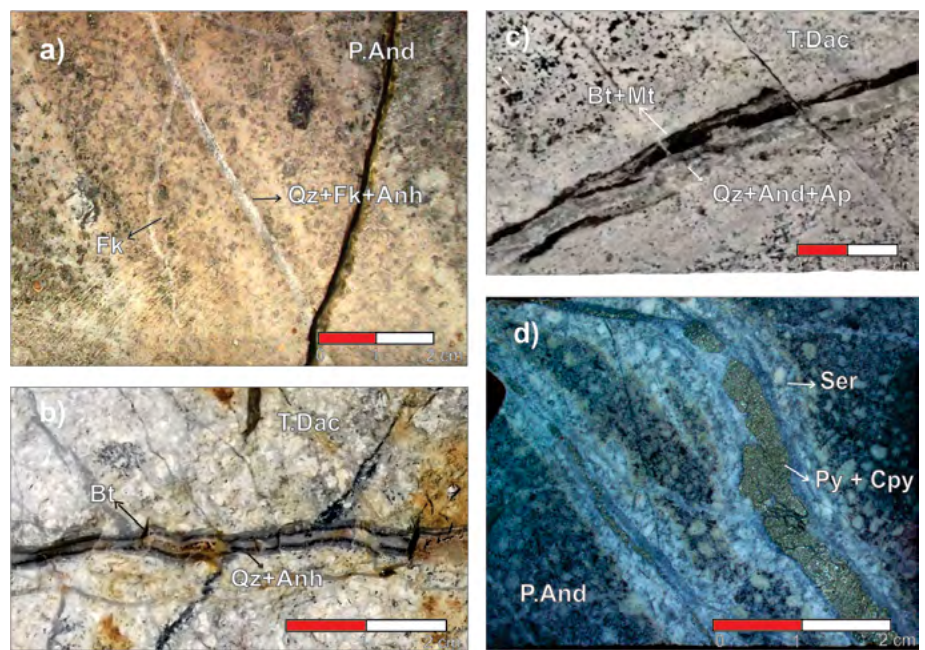


Figura 3. a) Venilla tipo A compuesta por cuarzo (Qz), feldespato potásico (Fk) y anhídrita (Anh) con un halo de feldespato potásico en el pórfido andesítico (P.And); b) Venilla con cuarzo, anhídrita, feldespato potásico con halo de biotita (Bt), tipo EBT, en la toba riodacítica (T.Dac); c) Venilla tipo EB de biotita, magnetita (Mt), andalucita (And), apatito (Ap) y cuarzo en la toba riodacítica (T.Dac); d) Venilla tipo D de cuarzo, pirita (Py) y calcopirita (Cpy) con halo de sericita (Ser) en el pórfido andesítico (P.And).

pre-mineral intruido por un pórfiro dacítico sin-mineral que dio lugar a una etapa de alteración potásica (feldespato potásico + cuarzo ± biotita ± magnetita), seguida por una de alteración filica (cuarzo + sericita ± piritita), resultando en un patrón de alteración típico de un clásico sistema porfídico. Este tipo de mineralizaciones han sido descritas dentro del segmento de subducción subhorizontal pampeano en el ámbito de Cordillera Frontal y Cordillera Principal, en particular en la provincia de San Juan (Fig. 1b). Tal es el caso del proyecto Los Azules (31°06'25" S; 70°13'25" O) donde un complejo de rocas volcánicas triásicas es intruido por un plutón cuarzo-diorítico pre-mineral. De acuerdo con Zurcher (2008) este plutón es cortado por una serie de diques de pórfido diorítico-dacítico con una edad de $8,2 \pm 0,3$ Ma (U-Pb en zircón), a los que se asocia la mineralización estilo pórfido de cobre. Al sur de Los Azules, en el proyecto El Altar (31°29' S, 70°28' O), Maydagán *et al.* (2011, 2014) describen una serie de stocks y diques porfíricos dacíticos – andesíticos de 10-12 Ma (U-Pb LA-ICP-MS en zircón), a los que se asocia un sistema de tipo pórfido de Cu (Au-Mo), emplazado en un complejo volcánico del Mioceno inferior caracterizado por lavas y brechas de composición andesítica y un nivel superior piroclástico riolítico. En el proyecto El Pachón (31°45'16" S, 70°25'51" O), al sur de El Altar, aflora una serie de cuerpos mesosilícicos de composición diorítica-tonalítica a los que se vincula la mineralización (Vargas 2014) de la que se obtuvo una edad Re-Os en molibdenita de 8,43-9,16 Ma (Bertens *et al.* 2006). Estos cuerpos están emplazados en volcanitas andesíticas de la Formación El Pachón de edad miocena ($21,69 \pm 0,26$ y $22,7 \pm 0,2$, U-Pb LA-ICPMS en zircón, Perelló *et al.* 2009 y Perello *et al.* 2012).

Por otra parte, al sur del Morro del Cobre y en el ámbito de Cordillera Frontal de la provincia de Mendoza, se encuentran las manifestaciones de tipo pórfido de Cu-Mo San Jorge y Yalguaraz (Fig. 1 b). En el área de la manifestación Yalguaraz (32°8'41" S, 69°26'42" O) la mineralización está asociada a un stock dacítico mineralizado pérmico (246 ± 8 Ma, K-Ar en roca total, Koukharsky *et al.* 2000) emplazado en rocas sedimentarias devónicas - carboní-

feras. Al sur de Yalguaraz en el área de la manifestación San Jorge (32°14'54" S, 69°25'60" O) la mineralización se asocia a cuerpos intrusivos subvolcánicos graníticos – granodioríticos de edad pérmica inferior (270 ± 4 Ma, K-Ar en biotita magmática, Sillitoe, 1977) que intruyen sedimentitas de edad devónica-carbonífera.

Si bien no existen a la fecha dataciones isotópicas de este magmatismo mineralizante su edad puede estimarse en base a controles estratigráficos y litológicos. Considerando que el pórfido andesítico pre-mineral y el pórfido dacítico sin-mineral están emplazados en riolitas de la sección superior del Choiyoi, la cual exhibe una marcada tendencia a la acidificación de los niveles más jóvenes (ver Rocher *et al.* 2015), puede considerarse que su edad es post pérmica-triásica. Asimismo, la composición andesítica-dacítica del magmatismo de Morro del Cobre es similar a la de los depósitos miocenos del área descriptos más arriba (El Altar, Los Azules y Pachón). Las características litológicas y estratigráficas del depósito Morro del Cobre permiten asignarle preliminarmente una edad miocena y por lo tanto incluirlo en la faja metalogenética Miocena-Pliocena de los Andes Centrales que alberga yacimientos de clase mundial como El Teniente, Río Blanco - Los Bronces y Pelambres en Chile y tiene buen desarrollo en territorio argentino.

CONCLUSIONES

Los estudios de campo y petrográficos realizados en el área de Morro del Cobre revelan la presencia de asociaciones de alteración típicas de depósitos de tipo pórfido de Cu asociadas genéticamente a un pórfiro dacítico. El sistema hidrotermal se habría iniciado con una etapa potásica con una asociación de feldespato potásico-cuarzo-biotita-magnetita penetrante y en venillas (A, EBT, EB y B) a la que se asocia una paragénesis de mena compuesta por calcopirita + piritita ± molibdenita + bornita. Posteriormente tiene lugar la etapa filica que genera una asociación de cuarzo +sericita ± piritita de distribución penetrante y en venillas (D).

Los controles estratigráficos y litológicos del depósito Morro del Cobre permiten asignarle preliminarmente una edad mio-

cena a la mineralización que consecuentemente quedaría integrada a una faja metalogenética con perspectivas favorables, desde un punto de vista económico, para depósitos de tipo pórfido cuprífero.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la empresa Entropy Resources S.A por facilitar el acceso al proyecto, los sondeos e información inédita del yacimiento (mapas, informes de avance de exploración, etc). Esta investigación fue financiada por UNSJ (Proyectos CICITCA- Resolución N° 1531/2016-R) y CONICET (PIP 112 201301 00107 CO). Los editores desean agradecer la tarea de revisión de Laura Maydagán y Ana Mugas Lobos.

REFERENCIAS

- Barrionuevo, L.A. y Reverberi, O.V. 1968. Informe Final Zona El Leoncito, Area de Reserva N°49, Provincia de San Juan, Republica Argentina. Dirección General de Fabricaciones Militares (Inédito), 11 p.
- Bertens, A., Clark, A., Barra, F. y Deckart, K. 2006. Evolution of the Los Pelambres-El Pachón porphyry copper-molybdenum district, Chile/Argentina. 11° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 179-181, Antofagasta.
- Cahill, T. y Isacks, B. 1992. Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research, Solid Earth* 97(B12): 17503-17529.
- Flores, M. 2011. Informe de actividades de temporada – Proyecto Cerro Blanco, San Juan. Informe interno de la empresa ERSA (Inédito), 27 p.
- Garrido, M.M., Gómez, M.C., Fernández, M.L. y Lambrecht, S. 2010. Brecha de turmalina del pórfido de cobre-oro San Jorge, Mendoza: alteración, mineralización y origen de los fluidos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 67: 47-57.
- Gustafson, L.B. y Hunt, J.P. 1975. The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile. *Economic Geology* 70: 857-912.
- Gustafson, L.B. y Quiroga, J. 1995. Patterns of mineralization and alteration below the porphyry copper orebody at El Salvador, Chile. *Economic Geology* 90: 2-16.
- Koukharsky, M., Munizaga, F. y Brodtkorb, A.

2000. Edades K/Ar del Complejo ígneo mineralizado del Cerro Yalguaraz, provincia de Mendoza, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 742-744, Puerto Varas.
- Mathur, R., Ruiz, J.R. y Munizaga, F.M. 2001. Insights into Andean metallogenesis from the perspective of Re-Os analyses of sulfides. 3° South American Symposium on Isotope Geology, Abstracts: 500-503, Santiago.
- Maydagán, L., Franchini, M., Chiaradia, M., Pons, J., Impiccini, A., Toohey, J. y Rey, R. 2011. Petrology of the Miocene igneous rocks in the Altar region, main Cordillera of San Juan, Argentina. A geodynamic model within the context of the Andean flat-slab segment and metallogenesis. *Journal of South American Earth Sciences* 32: 30-48.
- Maydagán, L., Franchini, M., Chiaradia, M., Dilles, J. y Rey, R. 2014. The Altar porphyry Cu-(Au-Mo) deposit (Argentina): a complex magmatic-hydrothermal system with evidence of recharge processes. *Economic Geology* 109: 621-641.
- Mirre, J.C. 1966. Geología del Valle del Río Los Patos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 21: 211-231.
- Mpodozis, C., Brockway, H., Marquardt, C. y Perelló, J. 2009. Geocronología U-Pb y tectónica de la región Los Pelambres-Cerro Mercedario: Implicancias para la evolución cenozoica de los Andes del centro de Chile y Argentina. 12° Congreso Geológico Chileno, S9_059, 4 p. Santiago de Chile.
- Perelló, J., Sillitoe, R. H., Brockway, H., Posso, H. y Mpodozis, C. 2009. Contiguous porphyry Cu-Mo and Cu-Au mineralization at Los Pelambres, central Chile. 12° Congreso Geológico Chileno, S11_026, 4 p. Santiago de Chile.
- Perelló, J., Sillitoe, R., Mpodozis, C., Brockway, H. y Posso, H. 2012. Geologic setting and evolution of the porphyry copper-molybdenum and copper-gold deposits at Los Pelambres, Central Chile. En: *Society of Economic Geologists* (ed.), Special Publication 16: 79-104.
- Pugliese, L. E. 2012. Cerro Blanco Proyecto. San Juan Argentina. Informe interno de la Empresa ERSA (Inédito), 20 p.
- Rocher, S., Vallecillo, G., Castro de Machuca, B., y Alasino, P. 2015. El Grupo Choiyoi (Permico temprano-medio) en la Cordillera Frontal de Calingasta, San Juan, Argentina: volcanismo de arco asociado a extensión. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 32: 415-432.
- Sillitoe, R.H. 1977. Permo-Carboniferous, upper Cretaceous and Miocene porphyry copper type mineralization in the Argentinian Andes. *Economic Geology* 72: 99-103.
- Vargas, J. M. 2014. Continuidad litológica, de alteración y mineralización de la sección central del Proyecto Minero El Pachón, Calingasta, San Juan. *Práctica profesional de verano de 4° año*, Universidad Nacional de San Juan (Inédita), 40 p. San Juan.
- Zurcher, L. 2008. Geology of the los Azules Porphyry Copper Project, San Juan, Argentina. Preliminary Progress Report. ESMI, Tucson, 12 p.

Recibido: 15 de febrero, 2018

Aceptado: 2 de mayo, 2019