

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA DEL DISTRITO MINERO EL INFIERNILLO, BLOQUE DE SAN RAFAEL, PROVINCIA DE MENDOZA

Anabel GÓMEZ y Nora RUBINSTEIN

CONICET - Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias Geológicas, Buenos Aires.
E-mails: anabel@gl.fcen.uba.ar y nora@gl.fcen.uba.ar

RESUMEN

El distrito minero El Infiernillo está ubicado en el Bloque de San Rafael (34°38'20"S; 68°47'37"O), Mendoza. Comprende un depósito tipo cobre porfírico emplazado en piroclastitas en las que desarrolla un patrón de alteración concéntrico con un núcleo de cuarzo rodeado de una zona con alteración potásica y externamente un halo filico con vetas polimetálicas asociadas. El halo potásico presenta una asociación de feldespato potásico–cuarzo–(biotita). Se reconocen al menos tres pulsos de silicificación relacionados con esta etapa, uno de los cuales (de temperatura entre 550° y 390°C y salinidad entre 35 y 47 %) da lugar a la mineralización de Cu. La alteración filica está conformada por cuarzo–illita–(rutilo) acompañada, en sectores, por albita que indica un estadio temprano dentro de esta etapa. Las texturas e inclusiones fluidas reconocidas en el núcleo de cuarzo sugieren una somerización del sistema hidrotermal durante su evolución. La secuencia paragenética del diseminado comprende bornita, calcopirita–molibdenita, pirita, (galena–esfalerita). La presencia de venillas de molibdenita–cuarzo indica la transición de la etapa potásica a la filica mientras que las venillas de pirita–cuarzo señalan el pasaje a un régimen de deformación frágil durante el cual se emplazan las vetas con una paragénesis general de calcopirita–esfalerita, pirita, (Ag) tetrahedrita, galena. La geoquímica de la roca de caja permite correlacionarla con la sección inferior del ciclo magmático Choiyoi y el control del magmatismo y la estructura permite asignarle al depósito una edad pérmica inferior a pérmica media a superior.

Palabras clave: *Génesis, Pórfiro de Cu (Mo), sección inferior, ciclo magmático, Choiyoi.*

ABSTRACT: *Genesis of El Infiernillo Mining District, San Rafael Block, Mendoza.* El Infiernillo Mining District is located in the San Rafael Block (34°38'20";68°47'37"), province of Mendoza, Argentina. It is a porphyry Cu (Mo) type deposit which is hosted by a volcanoclastic sequence. It develops an alteration halo with a concentric pattern consisting of a central quartz neck surrounded by a potassic alteration zone and outwards a phyllic halo and small polymetallic veins. The potassic halo has a paragenesis of K-feldspar–quartz–(biotite). Three silicification phases are related to this alteration stage, one of them (with temperature between 550° and 390°C and salinity between 35 and 47 %) genetically linked to the copper mineralization. The phyllic alteration consists of quartz–illite–(rutile) with minor albita. The albitization process points out to an early phase of this phyllic stage. The fluid inclusions together with the textures of the quartz neck suggest the shallowing of the active hydrothermal system. The disseminated ore paragenesis consists of bornite, chalcopyrite–molibdenite, pyrite, (galena–sphalerite). The presence of molibdenite–quartz veins indicate the transition from the potassic to the phyllic stage while the pyrite–quartz ones point out to a transition to a fragile deformation regime during which the polymetallic veins, with a paragenesis of chalcopyrite–sphalerite, pyrite, (Ag) tetrahedrite, galena were formed. The petrologic characteristics of the volcanoclastic host rocks reveal that they correspond to the lower section of Choiyoi magmatic cycle. The magmatic and structural controls constrain the age of this ore deposit to the Early–Middle to Late Permian.

Keywords: *Genesis, Cu (Mo) porphyry, lower section, Choiyoi magmatic cycle.*

INTRODUCCIÓN

El distrito minero El Infiernillo se ubica en el sector norte del bloque de San Rafael, provincia de Mendoza (34°38'20"S; 68°47' 37"O) y está emplazado en rocas piroclásticas paleozoicas. Los trabajos de exploración realizados en el área durante

la década del 60 por la Dirección General de Fabricaciones Militares comprendieron el mapeo geológico, muestreos geoquímicos de superficie, prospección geofísica y un plan de perforaciones (Fuschini 1968). Este distrito comprende una zona de alteración con mineralización diseminada

de Cu y (Mo) que desarrolla un patrón concéntrico compuesto por un núcleo de cuarzo rodeado de una zona con alteración potásica y externamente un halo filico dentro del cual y en cuyas proximidades se emplaza un conjunto de vetas polimetálicas (Di Tommaso y Rubinstein 2007). El análisis de los controles estruc-

turales (Japas y Rubinstein 2004) revela que el emplazamiento del depósito está gobernado por la deformación transpresional sanrafaélica de edad pérmica temprana.

El presente trabajo tiene como objetivo la descripción y caracterización genético-evolutiva del distrito El Infiernillo sobre la base de análisis químicos y estudios petro-mineralógicos con microscopía óptica convencional complementados con análisis con espectrómetro de reflectancia SWIR (infrarrojo de onda corta), en muestras de superficie y perforación.

MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

Las rocas ígneas de edad gondwánica se encuentran ampliamente distribuidas en el bloque de San Rafael y se agrupan en el ciclo magmático Choiyoi el cual se divide en una sección inferior y otra superior (Llambías *et al.* 1993).

La sección inferior comprende la Formación Cerro de Las Yeguas y el Grupo Cochicó (Sepúlveda *et al.* 2007). Esta sección está conformada por mantos de ignimbritas dacíticas a riolíticas, brechas andesíticas y piroclastitas con interdigitaciones de sedimentitas. Las volcanitas tienen características geoquímicas que indican un ambiente de subducción y presentan evidencias de deformación transpresional vinculada a la orogenia postsanrafaélica (Llambías *et al.* 1993, Kleiman 1999, Japas y Kleiman 2004).

La sección superior, que yace en discordancia sobre la inferior, está constituida por las Formaciones Agua de Los Burros, Quebrada del Pimiento y Choique Mahuida (Sepúlveda *et al.* 2007). Esta sección está compuesta principalmente por ignimbritas y lavas riolíticas, rocas subvolcánicas dacíticas a riolíticas y andesitas. Estas rocas exhiben características geoquímicas de transición entre un ambiente de subducción y uno de intraplaca continental (Llambías *et al.* 1993, Kleiman 1999) y un estilo estructural típico de un régimen extensional (Japas y Kleiman 2004).

De esta manera, el carácter volcánico del ciclo magmático Choiyoi muestra una transición entre un régimen tectónico compresivo, que tuvo lugar en el Pérmico temprano, a uno progresivamente extensional durante el Pérmico medio a tardío (Japas y Kleiman 2004, Kleiman y Japas, 2009).

Estudios metalogenéticos de carácter regional indican que los principales depósitos minerales del bloque de San Rafael están genéticamente relacionados al ciclo magmático Choiyoi. La sección inferior constituye la caja de depósitos que han sido interpretados preliminarmente como pórfiros cupríferos (Delpino *et al.* 1993, Rubinstein *et al.* 2000, 2002a, b) en tanto que la sección superior aloja pórfiros de molibdeno (Delpino 1997) y sistemas epitermales de baja sulfuración (Rubinstein y Gargiulo 2005 y Gargiulo *et al.* 2007). Carpio *et al.* (2001) sugieren que los diferentes estilos de mineralización están vinculados al cambio de ambiente tectónico durante la evolución del ciclo magmático Choiyoi. Análisis de isótopos de Pb realizados en diferentes mineralizaciones del bloque de San Rafael arrojaron una edad modelo de 279 Ma con una composición isotópica que refleja mezcla entre un componente derivado del manto y uno de corteza superior, lo cual confirma que estos depósitos se emplazaron

durante la evolución del arco magmático que dio origen al ciclo magmático Choiyoi (Rubinstein *et al.* 2004).

GEOLOGÍA DEL ÁREA

El depósito El Infiernillo se encuentra emplazado en una secuencia piroclástica (Fig. 1) que alcanza 200 metros de espesor. Si bien Fuschini (1968) describe en el área un pórfiro dacítico intruído por otro riódacítico, los controles de campo indican que toda la secuencia es litológicamente homogénea y comprende ignimbritas con bajo grado de soldadura que conforman suaves lomadas sobre las cuales yacen potentes bancos de ignimbritas fuertemente soldadas con disyunción columnar. Están compuestas por cristoclastos de cuarzo, plagioclasa, biotita y en menor proporción feldespato potásico y anfíbol, inmersos en una matriz microgranosa a felsítica en la que se reconocen *fiammes* y trizas. Los análisis químicos (Cuadro 1) indican que estas rocas corresponden a dacitas-riodacitas y riolitas (Fig. 2) y presentan un patrón similar en el diagrama multielemento con curvas de diseño aserrado, pendiente negativa y fuerte anomalía negativa de Sr (Fig. 3). Además, se reconocen fuertes valles en Nb, Ta, Ti y P, todos estos rasgos típicos de rocas de ambientes de subducción. A partir de re-

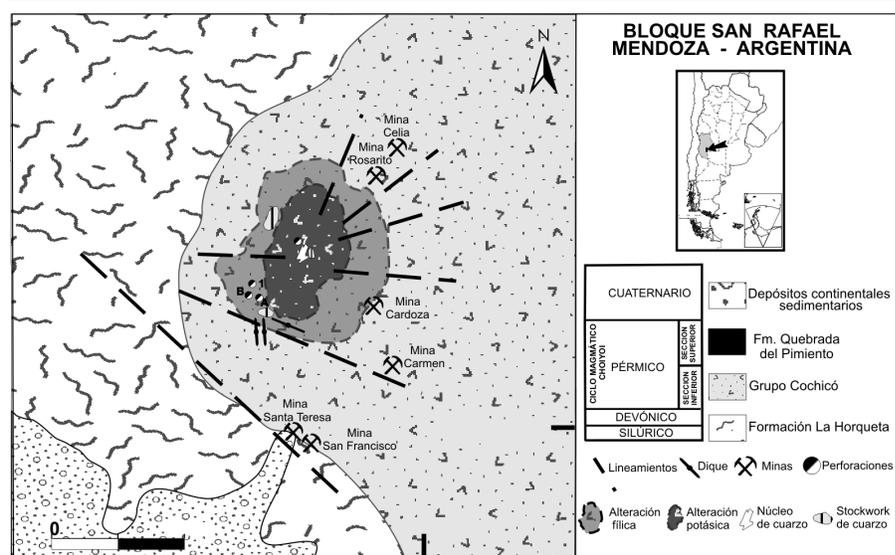


Figura 1: Mapa geológico del distrito minero El Infiernillo (modificado de Gómez 2008).

sultados, estas rocas pueden correlacionarse con piroclásticas del Grupo Cochicó, estudiadas en otras áreas del bloque de San Rafael (Kleiman 1999).

La secuencia piroclástica está intruida por diques basandesíticos de rumbo N y ONO con fuerte alteración silíceo, sericitica y carbonática asignados preliminarmente a la Formación Quebrada del Pimiento (Fig. 1).

DISTRITO EL INFIERNILLO

Pórfiro de Cu (Mo)

Alteración hidrotermal: El área de alteración abarca aproximadamente unos 6 km² y exhibe un patrón concéntrico (Fig. 1). El halo interno presenta alteración potásica, silicificación y carbonatización póstuma generalizada que se extienden hasta una profundidad de por lo menos 200 metros. La alteración potásica (Fig. 4a) está caracterizada por la asociación de feldespato potásico–cuarzo–(biotita). El feldespato potásico secundario aparece como cristales en crecimiento (Fig. 4b) o en agregados parcialmente sericitizados. La silicificación se manifiesta a través de mosaicos y venillas que alcanzan a desarrollar una *stockwork* (Fig. 4a); la biotita secundaria se caracteriza por un arreglo espacial en nidos.

En el sector central del halo potásico aflora un pequeño cuerpo elongado de cuarzo estéril con textura brechosa e inyecciones de hematita (Fig. 4c). Presenta texturas de silicificación complejas producto de los múltiples pulsos de sílice que brechan y remplazan a las volcanitas adyacentes. Se distinguen por lo menos dos generaciones de silicificación representadas por cuarzo y calcedonia con texturas de relleno a las que se asocian, en forma subordinada, hematita y sericitita intersticial. Las texturas de relleno incluyen bandeamiento en cocarda, cuarzo plumoso o llameante, cristales con zonación y texturas en peine (Fig. 4d) todas estas típicas de depósitos epitermales (Dong *et al.* 1995). El estudio preliminar de inclusiones fluidas realizado por Korseniewsky *et al.* (2008) permitió reconocer cinco tipos. El

CUADRO 1: Análisis químicos de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas.

MUESTRA	M1	M11	M13	M15	M22	M29	M38	M39
SiO ₂	73,84	68,8	69,11	78,72	77,08	73,45	69,34	70,16
Al ₂ O ₃	13,56	14,14	15,3	8,99	11,36	13,03	14,77	15,8
Fe ₂ O ₃ (T)	3,64	2,7	2,94	2,96	2,27	3,31	2,86	3,59
MnO	0,003	0,114	0,098	0,011	0,004	0,015	0,103	0,06
MgO	0,62	0,39	0,3	0,32	0,51	0,53	0,31	0,35
CaO	0,09	3,3	1,46	0,08	0,19	0,11	1,83	0,17
Na ₂ O	0,1	2,67	3,01	0,1	0,21	0,1	2,62	0,07
K ₂ O	3,93	3,05	3,82	3,24	3,75	4,4	3,79	4,01
TiO ₂	0,352	0,363	0,383	0,406	0,276	0,368	0,379	0,406
P ₂ O ₅	0,1	0,15	0,19	0,02	0,1	0,03	0,15	0,16
LOI	4,353	4,736	3,048	4,119	2,731	3,901	3,522	4,228
V	40	40	40	34	31	99,25	99,68	99
Ba	559	745	943	627	296	26	41	44
Sr	39	315	244	12	19	239	1109	3330
Y	7	10	11	12	6	13	287	121
Zr	143	139	143	171	112	10	12	6
Ga	20	23	23	17	24	156	133	158
Ge	2	1	2	1	3	21	22	24
Rb	115	120	122	110	154	2	1	2
Nb	7	7	7	7	5	173	120	138
Cs	11,6	11,2	8	1,6	1,5	7	7	8
La	30,4	29,5	30	39,5	20,5	3,5	9,3	10,6
Ce	65,5	62,3	63,1	79,8	43,9	23,9	30	31,3
Pr	7,23	6,98	7,02	8,77	5,02	50,1	62	65,6
Nd	26,4	26,1	26,3	31,9	18,8	5,53	7,02	6,98
Sm	4,2	4,5	4,4	5,5	3,2	20,9	26,5	24,4
Eu	1,02	1,26	1,22	1,42	0,89	3,6	4,5	3,9
Gd	2,4	3,1	3,2	3,8	2,2	0,77	1,37	1,14
Tb	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	2,7	3,5	2,3
Dy	1,5	2,1	2,1	2,5	1,2	0,4	0,5	0,3
Ho	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	2,1	2,3	1,3
Er	0,8	1	1	1,2	0,6	0,4	0,4	0,2
Tm	0,12	0,15	0,15	0,18	0,09	1,1	1,1	0,7
Yb	0,8	1	0,9	1,2	0,6	0,16	0,16	0,1
Lu	0,13	0,15	0,15	0,18	0,08	1	1	0,7
Hf	3,9	4	3,9	4,6	3,1	0,14	0,15	0,12
Ta	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	4	3,7	4,5
W	4	< 1	< 1	1	2	0,7	0,6	0,7
Tl	0,5	1,1	1,3	1	1,2	4	< 1	2
Th	6,7	6,6	7,6	6,4	3,9	1	1,4	1,6
U	2,5	6,3	2,1	1,8	1,7	6,3	6,7	7,4
ΣREE	463,87	472,38	475,20	596,28	328,88	386,80	483,63	455,51

Elementos mayoritarios y minoritarios en % en peso, trazas en ppm. Realizados mediante la técnica Plasma Acoplado por Inducción, ICP e ICP/MS (laboratorios de ACTLABS, Canadá).

tipo I (líquido+vapor+mineral transparente+halita+opaco) posee temperaturas superiores a 550°C y salinidades entre 40 y 55 % (NaCl equivalente). El tipo II (líquido+vapor+mineral transparente+halita+calcopirita/hematita) alcanza entre 390° y 550°C y salinidades entre 35 y 47 %. El tipo III (líquido+vapor+mineral transparente/halita) registra temperaturas entre 350° y 475°C y salinidades de 30 a 40

%. Las de tipo IV (líquido+vapor) presentan un amplio rango de salinidades (0,5 y 20%) y temperaturas de 210° a 335°C. Las de tipo V están compuestas exclusivamente por vapor. En el *stockwork* de la zona potásica y en el núcleo de cuarzo se reconocieron principalmente inclusiones fluidas de tipo I, II y III acompañadas en forma subordinada por las de tipo IV y V. Rodeando la zona potásica, se observa

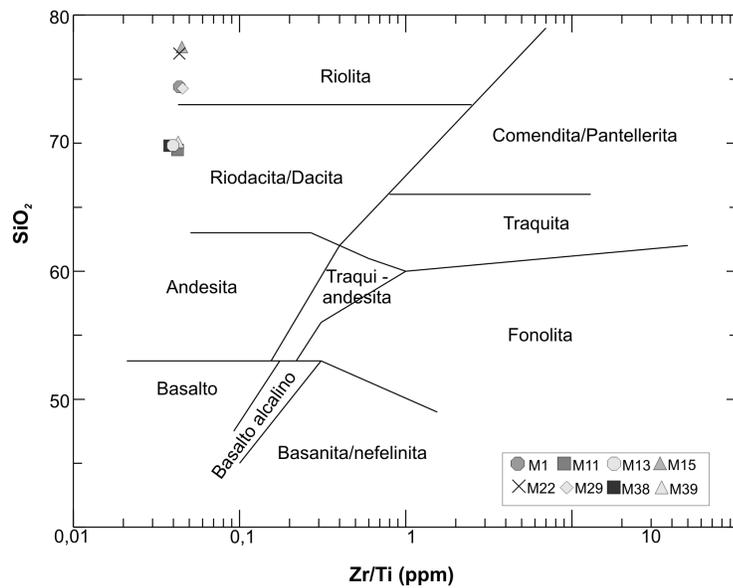


Figura 2: Diagrama de clasificación de rocas volcánicas (Winchester y Floyd 1977).

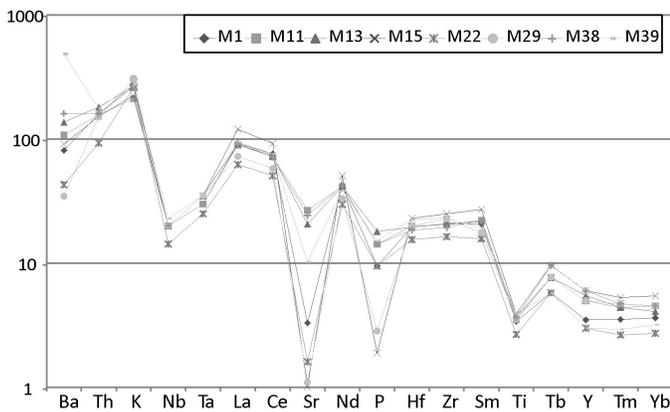


Figura 3: Diagrama multielemento normalizado a Thompson *et al.* (1984).

un halo de alteración filica (Fig. 4e) reconocido hasta una profundidad de 48,5 metros. Se caracteriza por silicificación acompañada por sercicitización y argilización. Localmente, en los sectores sur y oeste, se observa un *stockwork* de cuarzo con abundante pirita (Fig. 4f). La asociación de minerales de alteración está compuesta por cuarzo–illita de baja temperatura (politipo M1)–pirita y rutilo subordinado, con excepción del sector oeste en donde se detectó illita de alta temperatura (politipo M2). En el borde interno del halo se reconoce que la alteración filica se superpone a la potásica hasta por lo menos 48,5 metros de profundidad. Este fenómeno coincide con el desarrollo local de alteración sódica con una asociación

de albita–cuarzo que se presenta en venillas y como reemplazo del feldespato potásico y de la matriz (Fig. 4g). Finalmente, se reconoce una carbonatización póstuma ampliamente distribuida en el área que aparece en forma penetrante y en venas en *echelón* con orientación E–O cuyo emplazamiento está controlado por la deformación transtensional postsanrafaélica (Japas y Rubinstein 2004).

Geoquímica de elementos metálicos: Los análisis geoquímicos de superficie revelan que las anomalías de Cu y Mo son coincidentes (Fig. 5) y se registran hasta por lo menos 200 m de profundidad (Fuschini 1968). De acuerdo a Di Tommaso y Rubinstein (2007) estas anomalías se localizan aproximadamente en el borde in-

terno halo filico.

En el halo potásico y el núcleo de cuarzo los análisis de elementos metálicos (Cuadro 2), muestran pequeñas anomalías de Cu (hasta 60 ppm), Ag (hasta 5 ppm) y Au (266 ppb) y moderadas anomalías de Mo (13 ppm).

En el halo filico, los tenores de Ag (hasta 5,5 ppm) y Au (hasta 25 ppb) son pequeños y se restringen a rocas provenientes de los sectores este y oeste. Las anomalías de Zn (30 a 390 ppm) y Pb (6 a 290 ppm) son moderadas a fuertes y alcanzan los valores más altos en el borde interno del halo, en el que también se reconocieron fuertes anomalías de Cu (150 ppm) y Mo (54 ppm) en coincidencia con las halladas por Fuschini (Fig. 5).

Mineralización diseminada: En superficie, la mineralización primaria es escasa y está compuesta por pirita (reemplazada por óxidos de hierro y jarosita) ya sea diseminada o conformando venillas con ganga de cuarzo, estas últimas restringidas a la zona filica.

La mineralización hipogénica en profundidad aparece tanto diseminada como en venillas con ganga de cuarzo. En la zona potásica (Fig. 6) la paragénesis está constituida, en los niveles someros, por calcopirita, pirita, bornita y muy subordinadas esfalerita y galena en venillas de cuarzo.

A mayor profundidad, la paragénesis está conformada por pirita, esfalerita, calcopirita y molibdenita diseminadas. Los procesos supergénicos producen un importante reemplazo por calcosina y subordinada covellina hasta los 91,7 metros. A partir de esa profundidad, la alteración supergénica no es importante y sólo se observa escasa covellina. Las relaciones texturales permiten establecer la siguiente secuencia paragenética: bornita, calcopirita–molibdenita, pirita, (galena–esfalerita), calcosina–covellina.

En el borde interno de la zona filica (Fig. 6), los niveles someros presentan venillas de molibdenita en ganga de cuarzo, atravesadas por venillas de pirita y cuarzo equivalentes a las reconocidas en superficie. A mayor profundidad, la paragénesis está representada por una fina disemina-

CUADRO 2: Análisis químicos de elementos mayoritarios, minoritarios y trazas.

Muestras	Descripción	Au	Ag	As	Cu	Mo	Zn	Pb	Sb	Se	Bi	Sn
* M7	Halo Potásico	<i>Stockwork</i> 266	5	44,7	60	13	70	18	5,2	11	0,7	5
		Borde	<									
* INF6		externo	--	0,5	6	<10	<2	70	15	<0,2	---	1
† M4	Núcleo de cuarzo	0,3	1,6	<1	41	6	12	39	3	<3	17	<3
† M5		0,3	2,4	8	60	4	121	44	4	<3	15	<3
* M1		Zona sur	<									
			4	0,5	5,4	<10	<2	30	6	1,9	---	<0,4
* INF 2		Borde interno	--	1,1	--	150	54	390	290	1	---	<0,4
* M11	Halo	Zona este	--	1	--	<10	<2	70	12	--	---	<0,4
* M13	Filico		--	5,5	--	<10	<2	110	7	--	---	1,6
* M15			--	2,7	--	<10	<2	<30	33	--	---	1,8
* M22		Zona oeste	25	0,9	2,6	<10	<2	<30	25	0,6	---	0,6
† M19	Mina Cardoza	Escombrera	2,7	33	458	63	157	154	1272	<3	<3	<3
† M28		Veta	0,2	37	32	328	<2	26060	3011	24	107	<3
* M29	Mina	Roca de caja	---	1,5	---	60	7	<30	16	<0,5	---	0,8
* M30	Rosarito	Roca de caja	---	57,9	---	60	<2	80	155	30,1	---	2,9
† M31		Veta	0,2	156	46	663	<2	33788	2311	160	143	<3
† M35	Mina	Veta	0,5	42	184	98	<2	390	3362	<3	<3	6
* M38	Carmen	Roca de caja	---	<0,5	---	<10	<2	3510	31	<0,5	---	0,9
* M39		Roca de caja	---	3,7	---	30	<2	980	421	0,5	---	2,7
† M40		Veta	2,3	288	85	18	2	294	4516	7	<3	14
† M41	Santa Teresa	Escombrera	3,2	116	1106	160	<2	150	747	5	<3	8
BCK			---	---	---	22,115	0,85	57	20	0,455	---	0,095

* Muestras analizadas en los laboratorios Actlabs (Canadá). † Muestras analizadas en los laboratorios del INTEMIN-SEGEMAR utilizando Plasma Acoplado por Inducción, ICP e ICP/MS. BCK (*Background*): Valores expresados en ppm excepto el Au en ppb.

ción de pirita, calcopirita y molibdenita. Los procesos supergénicos tienen escaso desarrollo y solo generan óxidos de Fe. Las relaciones texturales permiten establecer la siguiente secuencia paragenética: calcopirita, molibdenita, pirita.

Vetas con mineralización de Pb, Zn, (Ag)

Están distribuidas dentro y en las proximidades del halo filico (Fig. 1) y exhiben pocos metros de corrida con una potencia máxima de 0,5 metros. Tienen azimutes comprendidos principalmente entre 30° y 35° y 200° y 230° con inclinaciones que varían entre 70° y subvertical. La roca de caja presenta en todos los casos moderada a fuerte alteración filica y posterior carbonatización generalizada. La paragénesis hipogénica es similar en todas las vetas. Está constituida principalmente por pirita, galena con pequeñas inclusiones de un mineral de la serie tetraedrita-tenantita y esfalerita con subordinada calcopirita *desease*, escasas magnetita y arsenopirita y muy escaso electrum en

ganga de cuarzo con o sin carbonato. Gómez y Rubinstein (2008) determinaron que el mineral incluido en los cristales de galena corresponde a tetraedrita argentífera.

La mineralización supergénica está compuesta por limonitas (incluyendo jarosita), malaquita y azurita. Las relaciones texturales permiten establecer la siguiente secuencia paragenética general: esfalerita-(calcopirita), pirita, (Ag) tetraedrita, galena (Fig. 6). El análisis de inclusiones fluidas en cuarzo de veta revela la presencia de inclusiones de tipo IV y V (Korseniewsky *et al.* 2008).

Los análisis químicos de elementos metálicos (Cuadro 2) registran anomalías de Cu, Zn, Pb, As, Sb, Ag y Au. Se destacan las fuertes anomalías de Ag y moderadas de Au en las vetas Santa Teresa (3,2 ppm; 116 ppb), Cardoza (33 ppm; 2,7 ppb) y Carmen (288 ppm; 2,3 ppb) y las fuertes anomalías de Ag y Sb en la veta Rosarito (156 ppm y 160 ppm), en ambos casos en coincidencia con la mineralogía de metales nobles reconocida.

DISCUSIÓN

Los estudios realizados para este trabajo permiten establecer la evolución del sistema mineralizante el cual se habría iniciado en una etapa tardía magmática-hidrotermal a partir de fluidos de alta temperatura (>550°C) y salinidad (40–55%). Estos evolucionaron a un estadio de menor temperatura (550°–390°C) y salinidad (35–47%), genéticamente relacionado a la mineralización de Cu, culminado en un estadio estéril de salinidad y temperatura ligeramente menores. Esta primera etapa se correlaciona con la alteración potásica caracterizada por la asociación de feldespato potásico-cuarzo-(biotita). En una segunda etapa los fluidos hidrotermales, que alcanzaron temperaturas entre los 210° y 335°C y salinidades intermedias a bajas (0,5–20%), dieron origen a las vetas polimetálicas y a la alteración filica. La asociación de alteración está compuesta por cuarzo-illita-(rutilo) acompañada, en el borde interno del halo filico, por escasa albita cuya presencia indica un estadio temprano dentro de esta etapa así como también un nivel somero dentro del sistema (Dilles y Einaudi 1992). La coexistencia de inclusiones fluidas de alta y baja salinidad y temperatura junto con la presencia de texturas típicamente epitermales dentro del núcleo de cuarzo sugiere un fenómeno de *telescoping* que indicaría el ascenso local del área a medida que evoluciona el sistema hidrotermal. En el área del diseminado, la secuencia paragenética general está compuesta por bornita, calcopirita-molibdenita, pirita, (galena-esfalerita). En la zona interna del halo filico se reconocen venillas de molibdenita-cuarzo que corresponden a las venillas de tipo “B” (Gustafson y Hunt 1975) las cuales indican la transición de la etapa potásica a la filica. Las venillas de pirita-cuarzo, que cortan a las anteriores, son equivalentes a las de tipo “D” (Gustafson y Hunt 1975) que señalan el paulatino enfriamiento del sistema como así también el pasaje de un régimen de deformación cuasi-frágil a uno frágil durante el cual se emplazaron las vetas polime-

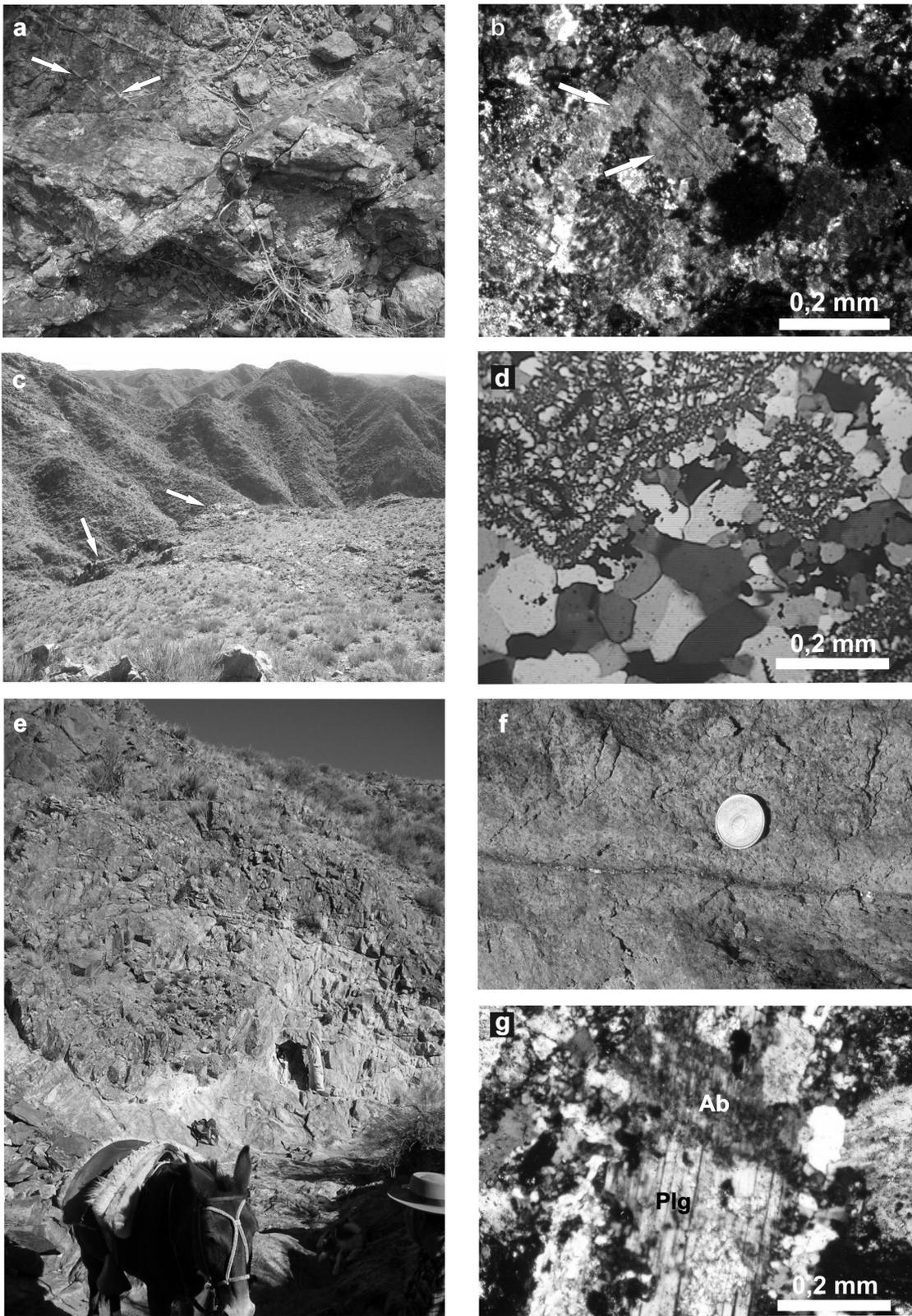


Figura 4: a) Vista del afloramiento de la zona potásica con estructura de tipo *stockwork*; b) alteración potásica. Cristales de feldespato potásico en crecimiento (flecha) en la matriz (con analizador); c) vista del afloramiento del núcleo de cuarzo; d) núcleo de cuarzo. Fragmento de cuarzo en mosaico rodeado por bandas de calcedonia fibrosa, dentro del cual se observa un agregado radial de calcedonia (con analizador); e) vista de afloramiento del halo filico oeste. Nótese la intensa decoloración; f) alteración filica, zona oeste. Detalle de venillas de pirita; g) alteración sódica. Cristaloclasto de feldespato potásico con parches de albita secundaria (con analizador).

tálicas. La secuencia paragenética general reconocida en las vetas está compuesta

por calcopirita–esfalerita, pirita, (Ag) tetraedrita, galena.

Las características geoquímicas de la roca de caja permiten correlacionarlas con la

sección inferior del ciclo magmático Choiyoi y establecer una edad máxima pérmica inferior para el depósito. Por otra parte, el estudio estructural realizado por Japas y Rubinstein (2004) confirma la relación temporal entre la tectónica sanrafaélica y la mineralización, mientras que la deformación postsanrafaélica controla la distribución de la carbonatación tardía, lo cual sugiere que el emplazamiento del depósito fue cercano al cambio de régimen de deformación, permitiendo asignarle una edad mínima pérmica inferior tardía–pérmica media a superior.

CONCLUSIONES

El estudio integral del distrito minero El Infiernillo permite confirmar que el estilo de la mineralización corresponde al de un pórfiro cuprífero. El sistema hidrotermal se habría iniciado con una primera etapa en la cual, fluidos de alta temperatura y salinidad, dieron lugar a alteración potásica y a tres pulsos de silicificación, uno de ellos vinculado a la mineralización de Cu.

La segunda etapa, relacionada al desarrollo del halo fílico y las vetas polimetálicas, se genera a partir de fluidos con temperaturas y salinidades intermedias que evolucionan en forma continua a temperaturas y salinidades típicas de condiciones epitermales.

La presencia de alteración de sódica sugiere que el nivel de exposición actual corresponde a una paleo profundidad so-

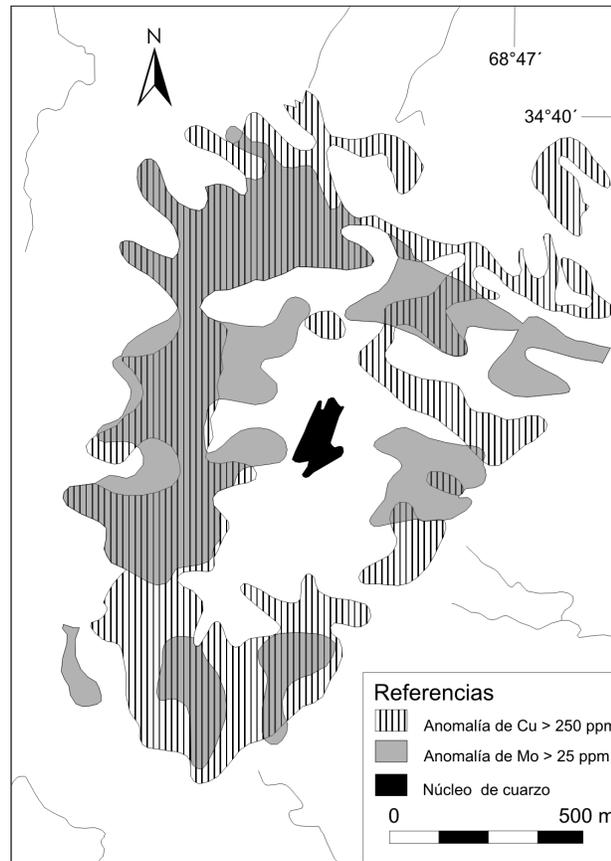


Figura 5: Mapa de anomalías de Cu y Mo del distrito Infiernillo (modificado de Fuschini 1968). Nótese cómo las anomalías mayores siguen las direcciones estructurales NNE, NS y ONO y se distribuyen alrededor del núcleo de cuarzo, en áreas de baja silicificación.).

mera, característica que favorece las perspectivas del depósito en profundidad. El fenómeno de *telescoping* indicaría un ascenso del área durante la evolución del sistema hidrotermal.

La caracterización petrológica de la roca de caja realizada en este trabajo junto con los controles estructurales de la mineralización previamente establecidos, permiten definir su posición cronológica y vin-

cularlo a la evolución tectonomagmática del ciclo magmático Choiyoi.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el proyecto PIP CONICET 5273 “Metalogénesis de los depósitos comprendidos en los distritos mineros Infiernillo y Las Picazas, Bloque de San Rafael, provincia

Zona	Potásica		Fílica (Borde Interno)		Vetas
Profundidad	197 a 199 metros	91 a 92 metros	26 a 48,5 metros	12 a 15 metros	Escombrera
Bornita		—			
Calcopirita	—	—	—		—
Molibdenita	—		—	—	
Pirita	—	—	—	—	—
Esfalerita	—		—		—
Galena					—
(Ag)Tetraedrita					—

Figura 6: Esquema de la paragénesis hipogénica de mena del diseminado y las vetas del distrito minero El Infiernillo.

de Mendoza”. Las autoras agradecen al SEGEMAR por brindar apoyo durante las tareas de campo y laboratorio y a Eduardo Llambías y Miguel Galliski por las valiosas observaciones y sugerencias que permitieron mejorar la calidad del manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Carpio, F. Mallimacci, H. Rubinstein, N., Salvarredi, J., Sepúlveda, E., Centeno, R., Rosas, M. y Vargas, D. 2001. Metalogenia del Bloque de San Rafael, Mendoza. Servicio Geológico Minero Argentino, Serie Contribuciones Técnicas, Recursos Minerales 20, 109 p., Buenos Aires.
- Delpino, D. 1997. Geología regional y petrología del Complejo Los Corrales paleozoico superior – triásico, provincia de Mendoza. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, (inédito), 297 p., La Plata.
- Delpino, D., Pezzutti, N., Godeas, M., Donnari, E., Carullo, M. y Núñez, E. 1993. Un cobre porfirico paleozoico superior en el centro volcánico San Pedro, distrito minero El Nevado, Provincia de Mendoza. *Comptes Rendus 12° International Congress on the Carboniferous and Permian 1*: 477- 490, Buenos Aires.
- Dilles, J.H. y Einaudi, M.T. 1992. Wall–rock alteration and hydrothermal flow paths about the Ann–Mason porphyry copper deposit, Nevada A 6 km vertical reconstruction. *Economic Geology* 87(8): 1963-2001.
- Di Tommaso, I. y Rubinstein, N. 2007. Hydrothermal alteration mapping using Aster Data in Infiernillo Porphyry Deposit, Argentina. *Ore Geology Reviews* 32(1-2): 275-290.
- Dong, G., Morrison, G. W. y Jaireth, S. 1995. Quartz textures in epithermal veins, Queensland – Clasificación, origin and implications. *Economic Geology* 90(6): 1841-1856.
- Fuschini, M. 1968. Plan Cordillerano. Informe final, Área de Reserva N°26: Zona Infiernillo, Servicio Geológico Minero Argentino, 33 p., Buenos Aires.
- Gargiulo, M., Rubinstein, N., Carpio, F. y Salvarredi, J. 2007. Caracterización de la zona de alteración Central II, Bloque San Rafael, provincia de Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(3): 387-395.
- Gómez, A. 2008. Geología del Deposito el Infiernillo, Bloque de San Rafael, Mendoza. Trabajo Final de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires (inédito), 112 p., Buenos Aires.
- Gómez, A., Rubinstein, N. 2008. Mineralogía de las vetas de Mina Rosarito, Distrito El Infiernillo, Bloque De San Rafael, Mendoza, Argentina. 9° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas 1: 39-42, San Salvador de Jujuy.
- Gustafson, L.B. y Hunt, J.P. 1975. The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile. *Economic Geology* 70(5): 857-912.
- Japas, M. S. y Kleiman, L. E. 2004. El Ciclo Choiyoi en el Bloque de San Rafael (Mendoza): de la orogénesis tardía a la relajación mecánica. *Asociación Geológica Argentina, Serie D, Publicaciones Especiales 7*: 89 –100.
- Japas, M.S. y Rubinstein, N. 2004. Informe estructural Distritos Mineros Infiernillo y Las Picazas. Hoja Minero – metalogenética Embalse Nihuil, provincia de Mendoza. Informe interno, SEGEMAR, (inédito), 20 p., Buenos Aires.
- Kleiman, L.E. 1999. Mineralogía y petrología del volcanismo permo-triásico y triásico del Bloque de San Rafael en el área de Sierra Pintada, provincia de Mendoza, y su relación con las mineralizaciones de uranio. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires (inédito), 286 p., Buenos Aires.
- Kleiman, L.E. y Japas, M.S. 2009. The Choiyoi volcanic province at 34°S – 36°S (San Rafael, Mendoza, Argentina): Implications for the Late Palaeozoic evolution of the southwestern margin of Gondwana. *Tectonophysics* 473(3-4): 283-299.
- Korzeniewski, I., Gómez, A. y Rubinstein, N. 2008. Estudio preliminar de inclusiones fluidas del pórfiro El Infiernillo, Mendoza, Argentina. 9° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas 1: 141-144, San Salvador de Jujuy.
- Llambías, E.J., Kleiman, L.E. y Salvarredi, J.A. 1993. El magmatismo gondwánico. En Ramos, V.A. (ed.) *Geología y Recursos Naturales de Mendoza*, 12° Congreso Geológico Argentino, Relatorio: 53-64, Mendoza.
- Rubinstein, N., Carpio, F. y Mallimacci, H. 2000. La zona de alteración La Chilca, provincia de Mendoza. 5° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas: 454-456, La Plata.
- Rubinstein, N., Carpio, F. y Mallimacci, H. 2002a. Las vetas polimetálicas del área del Cerro San Pedro, provincia de Mendoza, Argentina. 15° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 263-266, Santa Cruz.
- Rubinstein, N., Carpio, F. y Mallimacci, H. 2002 b. La zona de alteración del cerro Tres Hermanos, Mendoza, Argentina. 6° Congreso de Mineralogía y Metalogenia, Actas: 419-420, Buenos Aires.
- Rubinstein, N. y Gargiulo M.F. 2005. Análisis textural de cuarzo hidrotermal del depósito El Pantanito, provincia de Mendoza: nuevos aportes sobre su génesis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(1): 96-103.
- Rubinstein, N., Oстера, H., Mallimacci, H. y Carpio, F. 2004. Lead isotopes from gondwanic ore polymetallic vein deposits, San Rafael Massif, Argentina. *Journal of South American Earth Science* 16(7): 595-602.
- Sepúlveda, E., Carpio, F., Regairaz, M., Zárate, M. y Zanettini, J.C. 2007. Hoja Geológica 3569 – II, San Rafael, provincia de Mendoza. Instituto de Geología y recursos minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 321, 59 p., Buenos Aires.
- Thompson, R.N., Morrison, M.A., Hendry, G.L. y Parry, S.J. 1984. An assessment of the relative roles of a crust and mantle in magma genesis: an elemental approach. *Philosophical Transactions of the Royal Society A310*: 549-590, London.
- Winchester, J.A. y Floyd, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology* 20: 325-343.

Recibido: 6 de octubre, 2009
Aceptado: 10 de agosto, 2010