

LA FAJA METALOGENÉTICA DE SAN LUIS, SIERRAS PAMPEANAS: MINERALIZACIÓN Y GEOCRONOLOGÍA EN EL CONTEXTO METALOGENÉTICO REGIONAL

Nilda E. URBINA¹, Patricia SRUOGA^{1,2}

¹ Universidad Nacional de San Luis, San Luis. E-mail: urbina@unsl.edu.ar

² CONICET - SEGEMAR, Buenos Aires (1067ABB). E-mail: patriciasruoga@yahoo.com.ar

RESUMEN

La faja metalogénica de San Luis (FMSL), se halla directamente vinculada con la horizontalización de la zona de subducción entre los 27° y 33° S. Varios depósitos minerales se disponen a lo largo de una faja de orientación ONO de 80 km de extensión. Se encuentran estrechamente vinculados al volcanismo de tipo calcoalcalino normal a alto K y shoshonítico, el cual se inició a los 12-13 Ma en el oeste y finalizó a los 1,9 Ma en el este de la faja indicando un rápido desplazamiento del frente volcánico. Los distritos La Carolina y Cañada Honda son los más importantes desde el punto de vista metalogénico e incluyen depósitos epitermales de metales preciosos y porfíricos. La faja metalogénica refleja el extraordinario ensanchamiento del arco magmático a los 33° S y se asemeja a la situación del distrito Farallón Negro a los 27° S. Ambos tienen características geoquímicas similares y fueron emplazados en las zonas de transición sur y norte del segmento de subducción horizontal (*flat slab*), donde cambia el ángulo de subducción. La disposición transversal al arco magmático andino sugiere la existencia de zonas de debilidad estructural a lo largo de las latitudes de 27° y 33° S que controlaron el ascenso de los magmas y la formación de mineralizaciones hidrotermales.

Palabras clave: *San Luis, Flat slab, Mio-Plioceno, Epitermales, Porfíricos.*

ABSTRACT: *The San Luis Metallogenic Belt (SLMB), Sierras Pampeanas: mineralization and geochronology in a regional metallogenic framework.*

The San Luis Tertiary Metallogenic Belt located in the Sierras Pampeanas of San Luis is related with the subduction zone shallowing between 27° and 33° S. Several mineralizations of epithermal and porphyry types are located along an 80 km WNW-trending belt. They are closely related to the normal to high-K calc-alkaline and shoshonitic volcanism, which began at ~ 12-13 Ma in the west and ended at 1.9 Ma in the east indicating a swift eastward shift of the volcanic front. La Carolina and Cañada Honda are the most important metallogenic districts, including epithermal and porphyry deposits.

The San Luis Metallogenic Belt reflects the extraordinary broadening of the magmatic arc at 33° S and resembles the situation of the Farallón Negro district at 27° S. Both have similar geochemical signatures and were emplaced in the south and north transition zones of the flat-slab segment where the subduction angle changes. The transversal attitude with regard to the Andean magmatic arc could be taken as strong evidence to suggest structural weakness zones along 27° and 33° S that led to the magma ascent and controlled the formation of hydrothermal mineralization.

Keywords: *San Luis, Flat slab, Mio-Pliocene, Epithermal, Porphyry.*

INTRODUCCIÓN

La faja metalogénica de San Luis (FMSL) está localizada en el extremo sureste del segmento de subducción subhorizontal pampeano que se extiende desde los 27° S a los 33° S (Jordan *et al.* 1983, Kay *et al.* 1987, 1988, Ramos *et al.* 2002, entre otros) (Fig. 1a).

La faja metalogénica de 80 km de extensión abarca amplias zonas de alteración hidrotermal y varios depósitos minerales, los cuales se hallan hospedados por rocas volcánicas y stocks subvolcáni-

cos neógenos, así como por rocas del basamento ígneo-metamórfico de edad precámbrica a paleozoica. Los estilos de mineralización incluyen depósitos epitermales de baja sulfuración de oro-plata y depósitos de oro-cobre de tipo porfírico.

Este trabajo presenta una revisión actualizada de las principales características de las mineralizaciones estudiadas previamente por Sruoga *et al.* (1996), Urbina *et al.* (1997), Urbina (2005a) y analiza la información geocronológica a la luz de nuevos datos, con el fin de establecer la evolución magmática y metalogénica de

la faja metalogénica de San Luis. Las edades isotópicas corresponden a rocas volcánicas y minerales de alteración hidrotermal, algunas de las cuales, fueron obtenidas recientemente.

Finalmente, se discute la disposición de la faja metalogénica respecto del arco magmático andino y su importancia en el contexto metalogénico regional.

MARCO GEOLÓGICO

La faja metalogénica de San Luis se formó en un ambiente de arco cuya evolu-

ción está directamente vinculada a la horizontalización del ángulo de subducción en el segmento 27-33° S (Jordan *et al.* 1983, Kay *et al.* 1987, 1988, Ramos *et al.* 2002, entre otros) (Fig. 1a). Las rocas volcánicas y mineralizaciones asociadas se disponen a lo largo de una faja de orientación oeste noroeste, aproximadamente perpendicular a las principales fallas inversas que constituyen el límite oeste de las Sierras de San Luis (Figs. 1a y b). La reactivación de viejas fallas y zonas de cizalla de orientación N-S, E-O, NO y NNE durante el ciclo orogénico andino, le dio a las Sierras Pampeanas de San Luis un estilo de deformación por fallamiento en bloques con una pronunciada pendiente en el borde occidental donde está localizado el frente de levantamiento andino (Gordillo y Lencinas 1979, Criado Roqué *et al.* 1981, Costa *et al.* 2001). Este patrón estructural, que por reactivación de fracturas en un ambiente transpresional a transtensional incrementó la permeabilidad cortical, controló el emplazamiento de los magmas y las mineralizaciones hidrotermales asociadas a lo largo de toda la faja de San Luis.

Las rocas lávicas e hipabisales neógenas afloran desde Tres Cerritos-La Carolina en el oeste hasta El Morro en el este (Fig. 1b) y están representadas por coladas de lava, domos y diques de composición andesítica, dacítica, lacítica y traquítica y términos piroclásticos asociados (Llambías y Brogioni 1981, Sruoga *et al.* 1996, Urbina *et al.* 1997). Al presente nivel de erosión, sólo están expuestos pequeños afloramientos de *stocks* de alto nivel de emplazamiento. En el distrito de La Carolina, Sruoga *et al.* (1996) describen un sistema de *maar*-diatrema que comprende depósitos de surge piroclásticos y brechas freatomagmáticas, con domos de emplazamiento póstumo. En cambio, en el distrito de Cañada Honda la asociación de facies lávicas con niveles piroclásticos intercalados, permite inferir que la actividad volcánica estuvo vinculada a la construcción de un estratovolcán (Urbina 2005b, Suárez Funes 2007, Vázquez 2007, Urbina y Sruoga 2008). En el extremo

oriental de la faja, en los distritos de Cerros del Rosario y El Morro, se describen depósitos volcanoclásticos relacionados al desarrollo de calderas (Brogioni 1990, Otamendi 1990, Lacreu y Di Paola, 1992).

El volcanismo que comenzó aproximadamente a los 12-13 Ma (Urbina y Sruoga 2008), se desplazó hacia el sureste a través de 80 kilómetros alcanzando el extremo este de la faja a los 6,4 Ma y finalizó a los 1,9 Ma (Ramos *et al.* 1991) (Fig. 1c). Desde el punto de vista geoquímico, las rocas volcánicas mesosilícicas corresponden a series calcoalcalinas normales a calcoalcalinas de alto potasio y shoshoníticas (Brogioni, 1987, Urbina *et al.* 1997) y exhiben un enriquecimiento en potasio a medida que disminuye la edad de las rocas tanto a escala regional como local. Rasgos geoquímicos de estos magmas, tales como enriquecimiento en LILE y LREE, empobrecimiento en Ti y Ta, relaciones Ba/La y La/Ta mayores de 20 y 25 respectivamente, indican un ambiente de arco vinculado a subducción (Urbina *et al.* 1997).

MINERALIZACIÓN

Los depósitos minerales manifiestan una estrecha relación espacio-temporal con el volcanismo neógeno. Desde un punto de vista metalogenético se pueden distinguir cuatro distritos a lo largo de la faja: La Carolina, Cañada Honda, Cerros del Rosario y El Morro (Fig. 1c). Los depósitos metalíferos se encuentran solamente en la parte occidental de la faja asociados con centros eruptivos parcialmente erosionados (distritos La Carolina y Cañada Honda). En la mitad oriental de la faja hasta el momento sólo se conocen depósitos de carbonato (distrito Cerros del Rosario) y extensas zonas de alteración hidrotermal (distritos Cerros del Rosario y El Morro). En el Cuadro 1 se presenta una actualización de las características texturales, mineralógicas, químicas, de alteración y estilos de los principales depósitos a lo largo de la faja.

En el distrito La Carolina las mineraliza-

ciones corresponden a depósitos epitermales de baja sulfuración de oro-plata, ricos en sulfuros de metales base, hospedados por volcanitas pertenecientes a un complejo *maar*-diatrema-domo (Cuadro 1). Así, dentro de los 9 km² del campo volcánico de La Carolina, existen ocho zonas mineralizadas (Cerro Mogote, La Estancia, La Guillermina, El Camino, Puesto Olguín, La Ilusión, La Luisa y Cerro El Corte), localizadas preferencialmente a lo largo o cerca de fracturas que constituyen intersecciones de bordes de diatrema o intersecciones entre fracturas del basamento y bordes de diatrema. En general, el estilo de la mineralización es una combinación compleja de *stockworks*, zonas de diseminaciones y venillas de minerales de mena y ganga encontrándose comúnmente en brechas de explosión e hidrotermales así como también en brechas de flujo autoclásticas. Calcita espática indicativa de condiciones de ebullición, clastos redondeados de brecha con mineralización diseminada y en venillas que es notablemente diferente de aquella que se encuentra en la matriz de la brecha que la contiene, son elementos que sugieren el desarrollo de múltiples eventos de brechamiento y mineralización (Urbina *et al.* 1997, Urbina 2005a).

Otro estilo de depósitos en el distrito La Carolina también está representado por vetas epitermales de baja sulfuración de oro-plata, ricas en sulfuros de metales base, pero hospedadas por rocas del basamento ígneo-metamórfico (Cuadro 1). Estos depósitos en vetas (La Carolina, La Estancia, La Luisa), localizados en las adyacencias del complejo *maar*-diatremadomo de La Carolina, muestran fuerte control estructural en su emplazamiento. La mineralización rellena espacios abiertos a lo largo de fracturas preexistentes en el basamento las cuales sufrieron reactivación y reapertura durante la orogenia andina.

Para Cañada Honda, Urbina *et al.* (1997) interpretaron un distrito de tipo intrusión central en base a la distribución espacial de varias vetas epitermales de baja sulfuración con respecto al stock de alto

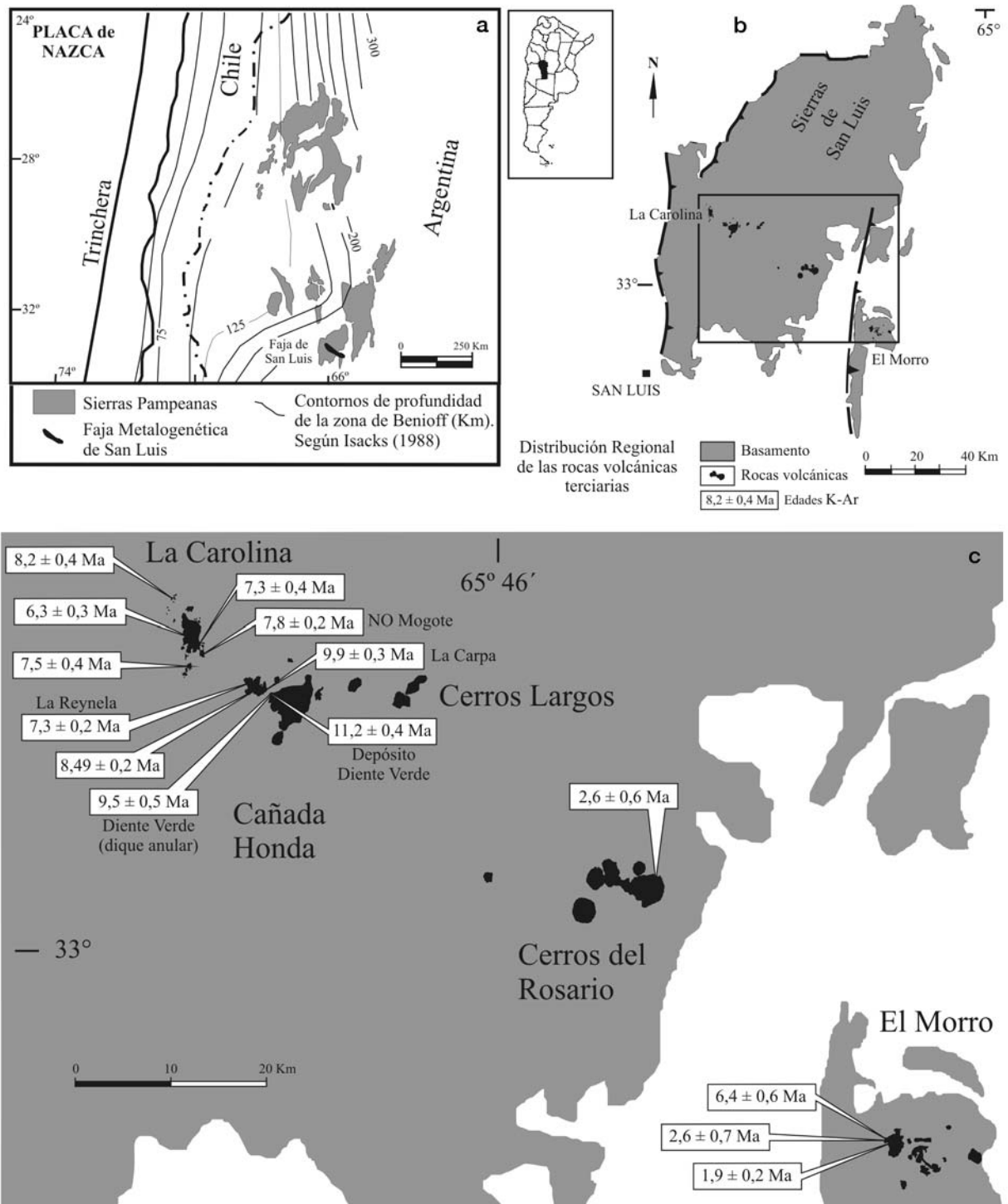


Figura 1: a) Localización de la faja metalogénica de San Luis en la región de subducción horizontal (*flat slab*) de los Andes Centrales, b) Distribución regional de las rocas volcánicas neógenas en la Sierra de San Luis y c) Detalle de la faja metalogénica y ubicación de las edades isotópicas.

nivel Diente Verde (Cuadro 1). Diente Verde es un depósito de cobre porfírico rico en oro, que consiste en un *stockwork* con venillas portadoras de sulfuros asociado a una pequeña intrusión, centrada dentro

de un estratovolcán parcialmente preservado e intruido por un dique anular póstumo. La alteración y la mineralización hidrotermales presentan una distribución simétrica rodeando la intrusión subvolcá-

nica porfírica, sin afectar al dique de emplazamiento póstumo. La asociación de minerales de mena se encuentra diseminada o en un *stockwork* multidireccional. La alteración afecta a las rocas del centro

CUADRO 1: Características de los principales depósitos en la Faja Metalogénica de San Luis

Depósito	Principal roca hospedante	Estilo de mineralización	Minerales de mena	Minerales de ganga	Elementos dominantes	Elementos menores	Tipo de depósito
Campo volcánico La Carolina ¹ (con 8 depósitos) Distrito La Carolina 7,8 ± 0,2 Ma (<i>stockwork</i> al NO Mogote)	Andesitas, lacitas y traquitas (7,5 ± 0,4 Ma) (7,3 ± 0,4 Ma) (6,3 ± 0,3 Ma)	<i>Stockworks</i> , dise- minaciones, bre- chas hidroterma- les, venillas	Pirita, pirita arsenical, oro, gale- na, esfalerita, marcasita, magne- tita, calcopirita, pirrotina, wurz- tita, arsenopirita, tennantita-tetrae- drita, pirargirita, hessita, sylvanita	Cuarzo, calcita, calcedo- nia, illita, illita/esmectita, menos dolomita y clorita, rara fluorita y adularia	Au, Ag, As, Fe, Pb, Zn, Cu, Mn	Sb, Te, Ti, Se, Co, Cd, Ge, Sn, Bi, Ni, Hg, Tl	Epitermal de baja sulfuración
La Carolina ² Distrito La Carolina	Basamento ig- neo-metamórfico (Precámbrico- Paleozoico)	Vetas en espacios abiertos dominan- te	Pirita portadora de oro, oro, esfalerita, galena	Cuarzo, sericita	Au, Zn, Pb	Fe	Epitermal de baja sulfuración
La Estancia ³ Distrito La Carolina	Basamento ig- neo-metamórfico (Precámbrico- Paleozoico)	Veta en espacio abierto	Oro, pirita, galena, esfalerita, marcasita, pirrotina, arsenopirita, calcopirita, greigita, electrum, plata, grafito, boulangerita, jame- sonita, pirargirita, wolframita	Cuarzo, sericita, menos minerales arcillosos, ra- ras baritina y clorita	Pb, Zn, Au, Ag, As	Cu, Sb, W	Epitermal de baja sulfuración
Diente Verde ⁴ (11,2 ± 0,4 Ma) Distrito Cañada Honda	Andesitas (9,5 ± 0,5 Ma)	<i>Stockwork</i> / dise- minado	Calcopirita, pirita, electrum, oro, digenita, tennantita, bornita, co- vellinga, pirrotina, enargita, magne- tita, ilmenita, rutilo, especularita	Cuarzo, biotita, feldespa- to potásico, albita, serici- ta, esmectita, illita, caoli- nita, clorita	Cu, Au, Ag	As, Fe, Ti	Cobre porfirico rico en oro
La Rica ⁵ Distrito Cañada Honda	Basamento ig- neo-metamórfico (Precámbrico- Paleozoico)	Vetas en espacios abiertos	Pirita, galena, esfalerita, elec- trum, calcopirita, tennantita-te- traedrita, pirrotina	Cuarzo, sericita, rara alu- minita (<i>overprint?</i> , supergér- nica?)	Au, Ag, Pb, Zn	Cu, Sb	Epitermal de baja sulfuración

y se extiende hacia afuera del edificio volcánico en un amplio halo hidrotermal. Una zona central de alteración potásica (feldespato potásico, biotita, magnetita, cuarzo, albita, sericita) es coincidente con las venillas del *stockwork* constituidas por cuarzo, calcopirita, pirita, electrum, digenita, bornita, tennantita, covellina, pirrotina, magnetita, enargita, rutilo y especularita. Hacia afuera del núcleo o zona central, asociaciones minerales de alteración arcillosa intermedia y sericitica caracterizadas por caolinita, esmectita, albita, clorita, cuarzo y sericita (incluyendo illita), afectan principalmente a brechas y flujos andesíticos. En la zona más externa de alteración, la presencia de abundante pirita diseminada esencialmente sin calcopirita, define un amplio halo pirítico periférico. La alteración propilitica se presenta como una aureola externa discontinua. La presencia de magnetita martitizada es indicativa de condiciones magmáticas altamente oxidantes.

EL descubrimiento de enargita en Diente Verde, no sólo es indicativa del grado de

evolución de los fluidos hidrotermales que alcanzaron un estado de alta sulfuración y acidez, sino que sumado a la distribución de las alteraciones hidrotermales, en particular la sobreimposición parcial de la alteración arcillosa intermedia sobre la potásica y la propilitica, y de la alteración filica sobre aquella, permiten considerar un fenómeno de telescopamiento del sistema hidrotermal en el depósito. La precipitación de la mineralización en un corto rango vertical como consecuencia de un emplazamiento muy superficial combinada con un ascenso general de la región y consecuente incremento de la tasa de erosión durante la vida del sistema hidrotermal, son las causas probables de dicho telescopamiento. No obstante, no alcanzó a desarrollarse un depósito epitermal de alta sulfuración en forma superpuesta al porfirico, probablemente, porque la evolución de los fluidos no alcanzó el nivel máximo de fugacidad de azufre, de oxidación y de acidez requerida para la formación de tales depósitos y la precipitación masiva de los minerales

que los caracterizan (Sillitoe, 2000). Varias vetas epitermales de baja sulfuración hospedadas tanto por basamento como por rocas volcánicas contemporáneas (La Rica, La Reynela, La Rubia-Los Quirquinchos, La Carpa) (Cuadro 1), están dispuestas periféricamente respecto del depósito porfirico Diente Verde. La Rica, localizada 2 kilómetros al noroeste de Diente Verde, es el depósito más distal. Todos esos depósitos son vetas de relleno de espacios abiertos donde las evidencias texturales sugieren que las fracturas fueron abiertas repetidamente (Malvicini y Urbina 1994, Oggier *et al.* 2000, Oggier y Urbina 2001). Las vetas epitermales de baja sulfuración varían desde cuarzo portador de oro en La Rica hasta vetas ricas en sulfuros de metales base y carbonato en los depósitos La Reynela y La Rubia-Los Quirquinchos. La mineralización en el distrito Cerros del Rosario consiste en vetas de carbonato (principalmente calcita con menor cantidad de aragonita) que rellenan espacios abiertos. La mineralización más im-

(Continuación).

Depósito	Principal roca hospedante	Estilo de mineralización	Minerales de mena	Minerales de ganga	Elementos dominantes	Elementos menores	Tipo de depósito
La Carpa ⁶ (9,9 ± 0,3 Ma)	Andesitas	Vetas en espacios abiertos	Pirita, calcopirita, oro, rutilo, anatasta	Cuarzo, sericita (illita)	Au, Ag, Pb	Cu, Zn	Epitermal de baja sulfuración
La Reynela ⁷ (7,3 ± 0,4 Ma) Distrito Cañada Honda	Andesitas (8,49 ± 0,4Ma)	Veta en espacio abierto	Esfalerita, calcopirita, galena, pirita, bornita Supergénicos: covellina, limonita, cerusita, anglesita, malaquita	Abundante calcita, menos cuarzo y escasos yeso, illita, clorita, epidoto	Zn, Cu, Pb	Fe	Epitermal de baja sulfuración
La Rubia-Los Quirquinchos ⁸ Distrito Cañada Honda	Andesitas	Veta en espacio abierto	Pirita, galena, esfalerita, calcopirita, pirrotina, bornita, magnetita, melnikovita, marcasita Supergénicos: covellina, limonita, cerusita, anglesita, malaquita	Abundante calcita, menos cuarzo, clorita, epidoto, illita/esmectita, illita	Zn, Pb, Cu	Fe	Epitermal de baja sulfuración
Santa Isabel ⁹ Distrito Cerros del Rosario	Basamento igneo-metamórfico (Precámbrico-Paleozoico)	Veta en espacio abierto	No conocidos	Calcita, aragonita	Ca	Sr, Li, Ba, La, Pr, Nb, Rb, Se, W, Nd	Epitermal de baja sulfuración

Nota: Basado en (1) (4) Urbina *et al.* (1995), Sruoga *et al.* (1996), Urbina *et al.* (1997 y 1998), Urbina (2005b), Suárez Funes (2007), Vázquez (2007), Urbina y Sruoga (2008) e información adicional de análisis de microsonda electrónica y difracción de rayos X; (2) Bassi (1992) y obs. pers.; (3) Márquez Zavalía y Galliski (1994); (5) Bassi (1992), Malvicini y Urbina (1994); (6) Urbina (2005b), Vázquez (2007); (7) Oggier *et al.* (2000), Urbina y Oggier (2001); (8) Oggier y Urbina (2001); (9) Lacreu (1996)

portante es la de Santa Isabel. Los depósitos corresponden a vetas epitermales de baja sulfuración asociadas con el emplazamiento de domos volcánicos de alta viscosidad (Lacreu 2000).

Los distritos Cerros del Rosario y El Morro no poseen depósitos de metales preciosos conocidos hasta el momento, aunque existen extensas zonas de alteración hidrotermal.

GEOCRONOLOGÍA

Los datos geocronológicos obtenidos por datación K-Ar de rocas volcánicas (roca total y sanidina) y minerales de alteración hidrotermal indican una edad miocena tardía a pliocena tardía para la FMSL. Las dataciones presentadas en el Cuadro 2 con las localizaciones mostradas en la Figura 1 C demuestran que, a escala regional, las edades de las rocas se vuelven progresivamente más jóvenes hacia el este de la faja. Sin embargo, las edades obtenidas para el distrito Cañada Honda indican que éste corresponde al campo volcánico más antiguo y permiten reconstruir la secuencia de eventos eruptivos en relación a los pulsos de mineralización y alteración hidrotermal asociados.

La edad más antigua, $11,2 \pm 0,4$ Ma

(Urbina y Sruoga 2008), fue obtenida a partir de illita proveniente de la alteración sericitica del depósito porfirico Diente Verde. Teniendo en cuenta que la sericitica es una de las últimas alteraciones en la secuencia habitualmente observada en los depósitos porfiricos (Sillitoe 2000), es posible interpretar que la actividad hidrotermal en Diente Verde se inició, al menos $\sim 0,5$ Ma antes. Una muestra de andesita anfibólica procedente del dique anular póstumo arrojó una edad en roca total de $9,5 \pm 0,5$ Ma (Urbina *et al.* 1995) indicando el cese de la actividad volcánica para este centro eruptivo, cuya vida abarcó un lapso de 2 millones de años aproximadamente (Urbina y Sruoga 2008).

Por otro lado, otros depósitos vetiformes del distrito de Cañada Honda indican estrecha vinculación temporal entre el volcanismo y la actividad hidrotermal. Illita hidrotermal proveniente de la veta epitermal de baja sulfuración La Carpa, localizada 800 metros al nornoroeste de Diente Verde proporcionó una edad de $9,9 \pm 0,3$ Ma (Urbina 2005c). Muy cerca, en el Cerro del Valle, fue obtenida una edad sobre roca total de $8,49 \pm 0,2$ Ma (Urbina y Oggier 2001) a partir de una muestra de andesita hornblendífera perteneciente al domo. A su vez, el Cerro del Valle es cor-

tado por la veta La Reynela, correspondiente a un depósito epitermal de baja sulfuración de metales base y carbonato. Una muestra de illita procedente de la zona de alteración sericitica, relacionada a la fractura mineralizada, arrojó una edad de $7,3 \pm 0,2$ Ma (Urbina y Oggier 2001) indicando que este evento de mineralización posdata no sólo al centro volcánico de Diente Verde (~ 12 Ma a $9,5$ Ma) sino también al emplazamiento de los domos marginales (Solosta Cerro del Valle, Redondo, De Piedra) del distrito Cañada Honda.

Teniendo en cuenta que en general la actividad hidrotermal comienza cerca de $0,5$ Ma después de iniciada la actividad volcánica en relación a frentes magmáticos en desplazamiento (Hedenquist *et al.* 1996) y que ~ 1 Ma es el período estimado para la vida intrusiva e hidrotermal de sistemas porfiricos (Silberman 1985, Sillitoe 2000), la edad de $11,2 \pm 0,4$ Ma sugiere que la actividad volcánica en las Sierras Pampeanas de San Luis comenzó, al menos, entre los 12 y 13 Ma.

En base a las edades mencionadas precedentemente, puede ser razonablemente inferida una vinculación genética entre los depósitos La Reynela, La Carpa y Diente Verde. En particular, la separa-

CUADRO 2: Dataciones K-Ar de muestras de la faja metalogenética de San Luis.

Nº de muestra y localidad	Descripción de la muestra	Material datado	Edad K-Ar	Referencia
C 41, Tres Cerritos, Distrito La Carolina	Domo andesítico	Roca total	8,2 ± 0,4 Ma	Sruoga <i>et al.</i> (1996)
Mgte. 1, noroeste del Cerro Mogote, sector sudeste del distrito La Carolina	Alteración hidrotermal	Illita	7,8 ± 0,2 Ma	Urbina (2005b)
C 3, Cerro Tomolasta, Distrito La Carolina	Domo lacítico	Sanidina	7,5 ± 0,4 Ma	Urbina <i>et al.</i> (1995)
C 4, Cerro Pan de Azúcar, Distrito La Carolina	Domo lacítico	Roca total	7,3 ± 0,4 Ma	Urbina <i>et al.</i> (1995)
C 46 Distrito La Carolina	Dique traquítico	Sanidina	6,3 ± 0,3 Ma	Sruoga <i>et al.</i> (1996)
DV37S, depósito Diente Verde, Distrito Cañada Honda	Alteración hidrotermal	Illita	11,2 ± 0,4 Ma	Urbina y Sruoga (2008)
Lcpa. 1, depósito La Carpa, Distrito Cañada Honda	Alteración hidrotermal	Illita	9,9 ± 0,3 Ma	Urbina (2005b)
DV5, Cerro Diente Verde, Distrito Cañada Honda	Dique anular andesítico	Roca total	9,5 ± 0,5 Ma	Urbina <i>et al.</i> (1995)
CVM7, Cerro del Valle, Distrito Cañada Honda	Domo andesítico	Roca total	8,49 ± 0,2 Ma	Urbina y Oggier (2001)
LR 1-4, depósito La Reynela, Distrito Cañada Honda	Alteración hidrotermal	Illita	7,3 ± 0,2 Ma	Urbina y Oggier (2001)
7124 H706/88, Distrito Cerros del Rosario	Dacita	Roca total	2,6 ± 0,6 Ma	Ramos <i>et al.</i> (1991)
7121 H704/88, Distrito El Morro	Andesita pre-caldera	Roca total	6,4 ± 0,6 Ma	Ramos <i>et al.</i> (1991)
7122 P574/88, Distrito El Morro	Andesita intracaldera	Roca total	2,6 ± 0,7 Ma	Ramos <i>et al.</i> (1991)
7123 P596/88, Distrito El Morro	Dique traquiandesítico	Roca total	1,9 ± 0,2 Ma	Ramos <i>et al.</i> (1991)

ción temporal de aproximadamente 1 Ma entre la formación de los dos últimos, otorga sustento a la hipótesis de un distrito de tipo intrusión central para Cañada Honda. No obstante, cabe aclarar que la vida del sistema hidrotermal en el área se ha extendido por un período de aproximadamente 3,5 Ma excediendo ampliamente el máximo de 2 Ma considerado por Silberman (1985) para sistemas hidrotermales mayores. Por lo tanto, el lapso de tiempo de alrededor de 3,5 Ma entre la formación de Diente Verde y La Reynela estaría reflejando distintos pulsos hidrotermales en Cañada Honda, esto es, superposición de eventos de mineralización que individualmente fueron, probablemente, de corta vida.

A su vez, los depósitos La Reynela, La Carpa y Diente Verde se formaron, al menos en parte contemporáneamente con la actividad volcánica e hidrotermal del distrito La Carolina. En este sector, las eda-

des superpuestas de lacitas frescas y alteradas (7,5 ± 0,4 Ma y 7,3 ± 0,4 Ma) y los 7,8 ± 0,2 Ma (Urbina *et al.* 1995, Urbina 2005c) obtenidos para illita procedente de la alteración hidrotermal asociada a una mineralización de tipo *stockwork*/diseminada de pirita, sugieren que el sistema hidrotermal probablemente fue de corta duración. No obstante, la superposición de algunas edades de mineralización de Cañada Honda y La Carolina indica que los sistemas hidrotermales fueron, al menos en forma parcial, simultáneamente activos en ambos distritos. Por otro lado, el emplazamiento póstumo de un dique traquítico en el distrito de La Carolina a los 6,3 ± 0,3 Ma (Sruoga *et al.* 1996) es casi simultáneo con la andesita pre-caldera de El Morro y claramente precede la mayor actividad volcánica en el extremo este de la faja que se halla caracterizada por una composición shoshonítica. Esta última, corresponde a los es-

tudios finales del volcanismo que se extingue entre los 6,4 ± 0,6 Ma y 1,9 ± 0,2 Ma (Ramos *et al.* 1991). La actividad volcánica en el distrito de La Carolina cesó aproximadamente al mismo tiempo en que comenzaban las erupciones en el distrito de El Morro (Urbina 2002).

Esta evidencia sugiere la existencia de al menos dos eventos magmáticos y períodos de mineralización asociada diferentes, acompañando la migración hacia el este del frente volcánico: uno de 12-13 Ma a 6,3 Ma en la mitad oeste de la faja y otro de 6,4 Ma a 1,9 Ma en el extremo este de la misma (Urbina 2002). Además, el cambio en el estilo de la mineralización a lo largo de la faja, con concentración de depósitos ricos en sulfuros metalíferos en la parte oeste y depósitos carbonáticos en el extremo este de la faja, podrían reflejar una progresiva disminución de la profundidad de erosión en sentido oeste-este al mismo tiempo que disminuye la edad de las rocas.

LA FAJA DE SAN LUIS EN EL CONTEXTO METALOGENÉTICO DE LA FLAT SLAB

En los Andes Centrales, el segmento 27°-33° S es particularmente importante debido a que contiene los mayores centros de mineralización de tipo porfírico y epitermal de edad neógena. Esos centros de mineralización están asociados con deformación de tipo compresivo y magmatismo calcoalcalino que migró abruptamente hacia el este a partir de finales del Mioceno temprano (18 Ma) como consecuencia de la disminución del ángulo de subducción (Kay *et al.* 1999 y referencias allí citadas). Esta región constituye el segmento de subducción subhorizontal de los Andes centrales (Barazangi e Isacks 1976) y se halla caracterizada por ausencia de actividad volcánica en los últimos dos millones de años. La importancia metalogenética de este segmento andino fue destacada por Sillitoe *et al.* (1991) debido a la localización de los principales depósitos de las fajas chilenas de Mari-

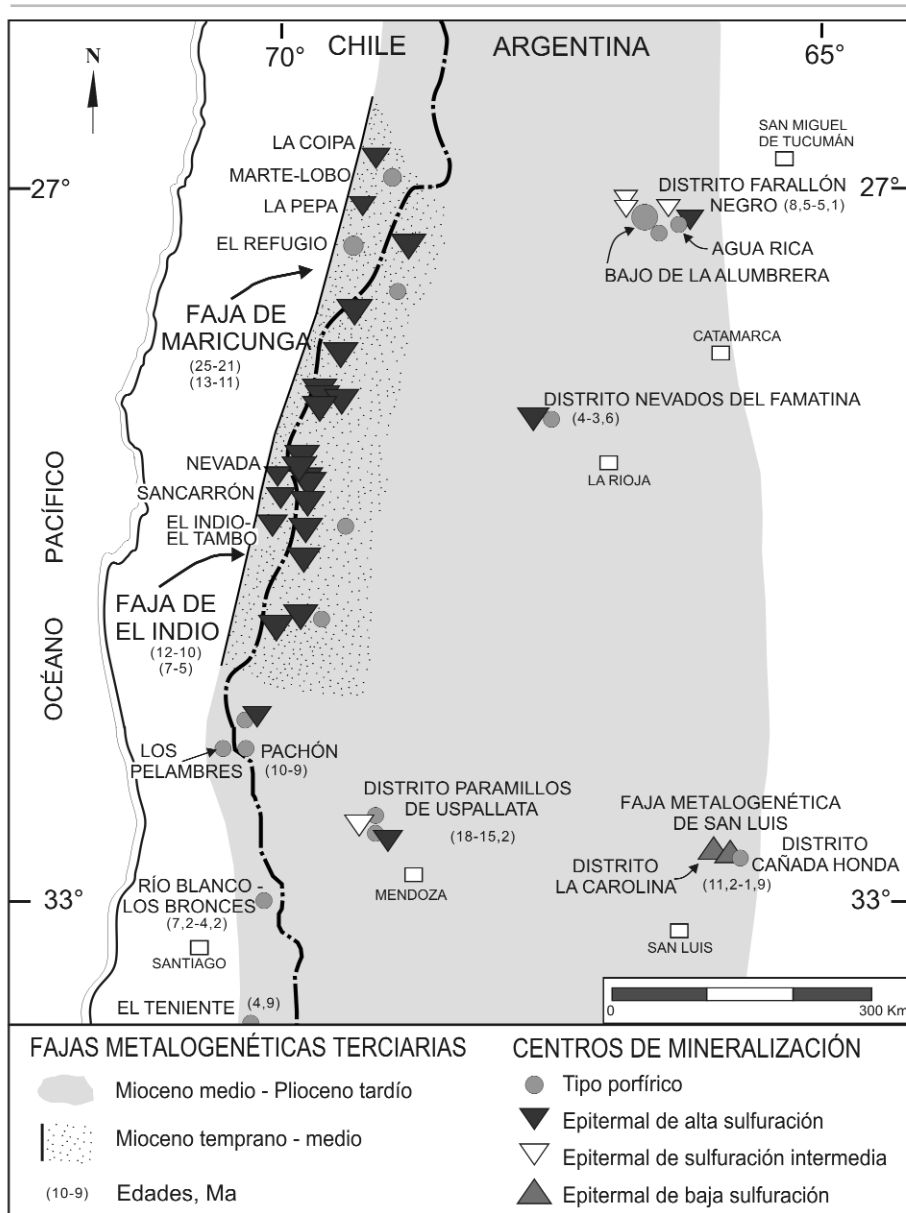


Figura 2: Distribución de depósitos y prospectos seleccionados de oro-cobre en la región subducción horizontal de los Andes Centrales. Edades según Ramos *et al.* (1991), Sillitoe *et al.* (1991), Urbina *et al.* (1995), Losada-Calderón y McPhail (1996), Sruoga *et al.* (1996), Sasso y Clark (1998), Kay *et al.* (1999), Vargas *et al.* (1999), Urbina y Oggier (2001), Urbina (2005c), Urbina y Sruoga (2008).

cunga y El Indio, y el depósito de cobre porfírico rico en oro Bajo de la Alumbra en Argentina. Poco después, Sillitoe (1992), infirió la extensión de esa faja angosta que incluye Maricunga y El Indio, sobre la vertiente argentina. En la década de los 90 fueron realizados numerosos descubrimientos a lo largo de ~500 kilómetros (27° 30' -31° 30' S) en la Cordillera de los Andes, los cuales constituyen interesantes prospectos y depósi-

tos (Fig. 2). En la parte norte de esa faja angosta, Laguna Verde, Cerro Bonete, La Chola, Río Blanco, Macho Muerto, Cerro Amarillo, La Flecha, entre otros, son principalmente prospectos de oro epitermal de alta sulfuración. En menor proporción, también hay otras mineralizaciones de tipo epitermal y porfíricas de oro-cobre, las cuales son consideradas como la prolongación austral en Argentina de la faja chilena de Maricunga de edad mioce-

na temprana. La parte sur de esa faja contiene principalmente depósitos de oro epitermales de alta sulfuración y también, en menor cantidad, prospectos y depósitos de tipo porfírico de oro-cobre así como otros epitermales. Manifestaciones tales como Taguas, Los Amarillos, Lama, Veladero norte y sur, Guanaco Zonzo, Zancarrón-Chezanco, Río Frío, Carmen, La Coipita, Poposa, entre otros, son consideradas como la contraparte argentina de la faja chilena de El Indio de edad miocena media. Como sugirió Sillitoe (1992), es ahora evidente que todos esos nuevos prospectos argentinos junto con los bien conocidos depósitos de las fajas chilenas de Maricunga y El Indio, constituyen una única, continua y angosta faja de edad miocena temprana a media (Urbina 2000, 2003) (Fig. 2).

Con la migración hacia el este de la actividad volcánica en el segmento de subducción horizontal, aparecen otros depósitos y prospectos importantes (Fig. 2). Los distritos más destacables son: *Distrito Nevados del Famatina:* con el depósito porfírico de Cu-Mo-Au y el relacionado depósito epitermal de alta sulfuración de Cu-Au La Mejicana que es periférico al pórfido (Losada-Calderón y Mc Phail 1996).

Distrito Farallón Negro: con el depósito de cobre porfírico rico en oro Bajo de la Alumbra (Sasso y Clark 1998) hospedado por un gran estravolcán (Llambías 1970, 1972) y las vetas epitermales de sulfuración intermedia Farallón Negro-Alto de la Blenda, las cuales, aunque se formaron casi simultáneamente con el depósito porfírico, están localizadas distalmente respecto del mismo. Ubicado más al este, el depósito porfírico de Cu-Au-Mo Agua Rica (exMi Vida) y el sistema asociado de vetas epitermales de Cu-Au de alta sulfuración que se encuentra espacialmente yuxtapuesto al pórfido de Agua Rica (Koukharsky y Mirré 1976, Roco y Koukharsky 1999).

Finalmente, la faja metalogenética de San Luis con el Distrito La Carolina y Cañada Honda motivo del presente trabajo. También y aunque no existen datos de al-

teración y mineralización hidrotermal, debe incluirse la zona de Pocho, Córdoba (Kay y Gordillo 1994) no sólo por las similitudes con la FMSL desde el punto de vista geoquímico y geocronológico sino porque su ubicación, alejada de la trinchera oceánica, constituye también una evidencia del desplazamiento del arco magmático hacia el este.

Así, los prospectos y depósitos epitermales y de tipo porfirico más importantes en el segmento de subducción subhorizontal de Argentina, están localizados dentro de dos fajas parcialmente superpuestas de edades miocena temprana a media y miocena media a tardía pliocena, respectivamente (Urbina 2000, 2003) (Fig. 2).

En este contexto, la faja metalogenética de San Luis refleja la extraordinaria expansión del arco magmático en el segmento de subducción subhorizontal a los 33° S y es genéticamente similar a la situación del distrito de Farallón Negro a los 27° S. Ambos distritos están asociados a magmas calcoalcalinos de alto potasio a shoshoníticos, exhiben enriquecimiento en LILE y LREE, $La/Yb < 20$, $Ba/La > 20$ (Fig. 3a y b). Estos rasgos geoquímicos similares entre ambos distritos indican condiciones análogas de generación y mecanismos de diferenciación de los magmas y un mismo ambiente tectónico. Los mismos son consistentes con magmas derivados por cristalización fraccionada a baja presión, controlada por plagioclasa, piroxeno y hornblenda, a partir de una fuente libre de granate y en un ambiente de arco volcánico vinculado a subducción (Urbina 2005d). La ubicación del distrito de Farallón Negro y de la faja metalogenética a distancias extraordinarias (600-700 kilómetros) al este de la trinchera oceánica, en fajas transversales al arco localizadas en las zonas de transición norte y sur del segmento donde se registra la variación en el ángulo de subducción, merece una reflexión adicional. Existe consenso general acerca de que la horizontalización de la placa de Nazca entre los 27° y 33° S está relacionada con la subducción de la dorsal asísmica Juan Fernández (Barazangi e Isacks 1976, Cross y Pilger 1982, Cahill y Isacks 1992, Gutscher *et al.* 2000, Ramos *et al.* 2002, y referencias allí citadas). Al sur de los 33° S la subducción es particularmente pronunciada. Varios autores que han discutido datos telesísmicos alcanzaron diferentes conclusiones. Algunos interpretaron el cambio brusco en el buzamiento de la placa oceánica de $< 10^\circ$ a 25° - 30° alrededor de los 33° S como implicando una fractura (Barazangi e Isacks 1976) mientras que otros han sugerido una flexura en la placa subductada (Cahill e Isacks 1992, Pardo *et al.* 2002). Al norte de los 27° S el cambio en la in-

clinación de la placa oceánica horizontalizada es menos drástico que en el límite sur. Para el magmatismo a la latitud del distrito de Farallón Negro, Sasso y Clark (1998), propusieron un modelo geodinámico que considera la denominada *Easter Hot Line* por Bonatti *et al.* (1997) como reflejando una anisotropía cortical mayor y debilidad estructural que pudieron causar fracturas en la placa subductada permitiendo de esa manera el ascenso astenosférico en la zona de transición de bajo a alto ángulo.

Independientemente de si han estado involucradas fracturas o flexuras en las zonas de transición norte y sur del segmento de subducción subhorizontal, la localización del distrito de Farallón Negro y de la faja metalogenética de San Luis, pueden ser tomadas como una fuerte evidencia de discontinuidades, inestabilidades o zonas de debilidad estructural (Urbina 2003 y 2005d, Urbina y Sruoga 2006). Esas zonas controlaron el ascenso de los magmas y el desarrollo de la mineralización y alteración hidrotermales asociadas como se ilustra en la figura 4. Este modelo provee una explicación razonable para la ubicación del distrito de Farallón Negro y de la faja metalogenética, particularmente para la última, que representa el evento volcánico y metalogenético neógeno más oriental dentro del segmento de subducción horizontal.

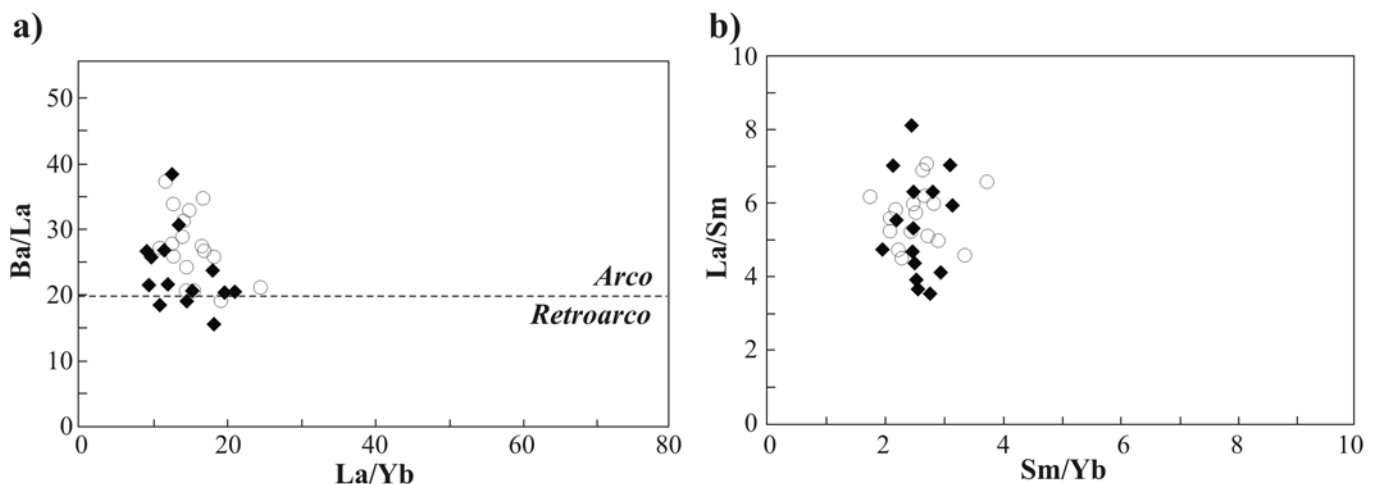


Figura 3: a) Gráfico de Ba/La versus La/Yb y b) Gráfico de La/Sm versus Sm/Yb para la faja de San Luis (círculos blancos) (Urbina *et al.* 1997) y el distrito Farallón Negro (rombos llenos) (Sasso y Clark 1998).

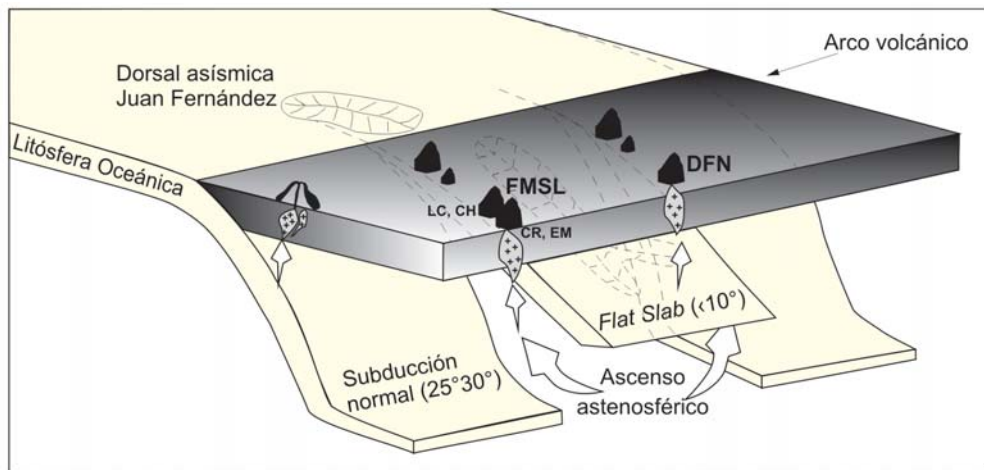


Figura 4: Diagrama esquemático mostrando la horizontalización de la placa de Nazca en relación con la subducción de la dorsal asísmica Juan Fernández. En la placa suprayacente se localizan las fajas volcánicas subtransversales al arco correspondientes a la faja metalogenética de San Luis (FMSL) y al distrito Farallón Negro (DFN). Primer evento Mioceno tardío (12-13 a 6,3 Ma), (LC) distrito La Carolina; (CH) distrito Cañada Honda. Segundo evento Mioceno tardío a Plioceno tardío (6,4 a 1,9 Ma), (CR) distrito Cerros del Rosario; (EM) distrito El Morro. Modificado de Kerrich *et al.* (2000).

CONCLUSIONES

La integración de los estudios metalogenéticos, geocronológicos y geoquímicos han permitido definir la identidad y caracterizar la faja metalogenética de San Luis (FMSL) en un marco regional. A modo de conclusión merecen destacarse los siguientes aspectos:

Las mineralizaciones de tipo epitermal y porfírico poseen una estrecha relación espacio-temporal con el volcanismo neógeno. Los magmas mesosilícicos constituyen series calcoalcalinas normal, de alto potasio y shoshonítica emplazadas en ambiente de arco alejado de la trinchera y vinculado a subducción en margen continental.

El sector oeste de la faja es el que reviste mayor importancia metalogenética. El distrito La Carolina abarca depósitos epitermales de baja sulfuración de oro-plata, ricos en sulfuros de metales base, asociados a un complejo volcánico de tipo *maar*-diatrama-domo. Cañada Honda es un distrito de tipo intrusión central con el depósito de cobre porfírico rico en oro Diente Verde relacionado a un estratovolcán parcialmente preservado.

La actividad volcánica y mineralizaciones asociadas abarcaron un lapso de ~10 Ma, durante el cual tuvo lugar un rápida migración del frente volcánico hacia el este. Se han distinguido dos eventos magmático-hidrotermales: 1) de 12-13 a 6,3 Ma en la mitad occidental, siendo Cañada

Honda el distrito de mayor antigüedad y 2) de 6,4 a 1,9 Ma en la mitad oriental de la faja. Futuros estudios geocronológicos permitirán acotar con precisión la evolución temporal de cada uno de los distritos. En el marco regional de subducción horizontal (*flat slab*) la faja metalogenética comparte con el distrito Farallón Negro una serie de rasgos geoquímicos y tectónicos de primer orden. Constituyen fajas sub-transversales al arco y lineamientos en la placa suprayacente que estarían reflejando inhomogeneidades corticales mayores, las cuales controlaron el ascenso de los magmas y la formación de mineralizaciones hidrotermales en los límites norte y sur de la subducción horizontal.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto de Investigación N° 348903 financiado por el Sistema de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Luis, Argentina. Se agradece al Dr. Carlos Costa (UNSL) por la lectura del manuscrito y los interesantes comentarios vertidos sobre el mismo. Nuestro reconocimiento a la asistencia provista por el Sr. Jorge Lascko en la realización de las ilustraciones. Finalmente, apreciamos la revisión del árbitro anónimo y de la Dra. M. Koukhar-sky. En especial, las sugerencias aportadas por esta última contribuyeron a enriquecer la versión original del manuscrito.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Barazangi, M. e Isacks, B. 1976. Spatial distribution of earthquakes and subduction of the Nazca plate beneath South America. *Geology* 4: 686-692.
- Bassi, H.G. 1992. The Sierra Alta de San Luis: A case of regmagenic control of gold mineralization. *Basement Tectonics* 9: 211-222.
- Bonatti, E., Harrison, C.G.A., Fisher, D.E., Honnorez, J., Schilling, J.G., Stipp, J.J. y Zentilli, M. 1997. Easter volcanic chain (Southeast Pacific): A mantle hot line. *Journal of Geophysical Research* 82: 2457-2478.
- Brogioni, N. 1987. Petrología del vulcanismo Mio-Plioceno de la Provincia de San Luis. *Revista del Museo de La Plata, Sección Geología* 10(83): 71-100.
- Brogioni, N. 1990. Geología y petrografía del vulcanismo Mio-Plioceno de la Provincia de San Luis. *Revista del Museo de La Plata, Sección Geología* 10(90): 197-214.
- Cahill, T. e Isacks, B.L. 1992. Seismicity and the shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research* 97: 17503-17529.
- Costa, C.H., Murillo, V., Sagripanti, G. y Gardini, C. 2001. Quaternary intraplate deformation in the southeastern Sierras Pampeanas, Argentina. *Journal of Seismology* 5: 399-409.
- Criado Roqué, P., Mombrú, C. y Ramos, V.A. 1981. Estructura e interpretación tectónica. En *Geología y recursos naturales de la Provincia de San Luis. Relatorio 8° Congreso Geológico Argentino*: 155-192. San Luis.
- Cross, T. y Pilger, R. 1982. Controls of subduction geometry, location of magmatic arc, and

- tectonics of arc and back-arc regions. Geological Society of America, Bulletin 93: 545-562.
- Gordillo, C.E. y Lencinas, A.M. 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, 1: 577-650, Córdoba.
- Gutscher, M.A., Spakman, W., Bijwaard, H. y Engdahl, E.R. 2000. Geodynamics of flat subduction: seismicity and tomographic constraints from the Andean margin. *Tectonics* 19: 814-833.
- Hedenquist, J.W., Izawa, E., Arribas, A. y White, N.C. 1996. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration. *Society of Resource Geology of Japan, Resource Geology Special Publication Number 1*, 16 p. Tokyo.
- Isacks, B.L. 1988. Uplift of the central Andean plateau and bending of the Bolivian Orocline. *Journal of Geophysical Research* 93: 3211-3231.
- Jordan, T.E., Isacks, B.L., Allmendinger, R.W., Brewer, J.A., Ramos, V.A. y Ando, C.J. 1983. Andean tectonics related to geometry of subducted Nazca plate. *Geological Society of America Bulletin* 94: 341-361.
- Kay, S.M. y Gordillo, C.E. 1994. Pocho volcanic rocks and the melting of depleted continental lithosphere above a shallowly dipping subduction zone in the central Andes. *Contribution to Mineralogy and Petrology* 117: 25-44.
- Kay, S.M., Makshev, V., Moscoso, R., Mpodozis, C. y Nasi, C. 1987. Probing the evolving Andean lithosphere: Mid-late Tertiary magmatism in Chile (29°-30°30' S) over the modern zone of subhorizontal subduction. *Journal of Geophysical Research* 92: 6173-6189.
- Kay, S.M., Makshev, V., Mpodozis, C., Moscoso, R., Nasi, C. y Gordillo, C.E. 1988. Tertiary Andean magmatism in Argentina and Chile between 28-33° S: Correlation of magmatic chemistry with a changing Benioff zone. *Journal of South American Earth Sciences* 1: 21-38.
- Kay, S.M., Mpodozis, C. y Coira, B. 1999. Neogene Magmatism, Tectonism, and Mineral Deposits of the Central Andes (22° to 33° S Latitude). En Skinner, B.J. (ed.) *Geology and Ore Deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists, Special Publication 7: 27-59.
- Kerrick, R., Goldfarb, R., Groves, D. y Garwin, S. 2000. The Geodynamics of World-Class Gold Deposits: Characteristics, Space-Time Distribution, and Origins. En Hagemann, S. G. y Brown, P.E. (eds.) *Gold in 2000*. Society of Economic Geologists, *Reviews in Economic Geology* 13: 501-551.
- Koukharsky, M. y Mirrè, J.C. 1976. Mi Vida prospect: A porphyry copper-type deposit in northwestern Argentina. *Economic Geology* 71: 849-863.
- Lacreu, H.L. 1996. Analogías Geológicas y Geoquímicas de Yacimientos de Onices Calcáreos Argentinos. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 375-386, Buenos Aires.
- Lacreu, H.L., 2000. Modelo genético del yacimiento de onice calcáreo Santa Isabel, Provincia de San Luis, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 250-254, Puerto Varas.
- Lacreu, H.L. y Di Paola, E. 1992. Secuencias epiclásticas y volcánicas en la cantera Santa Isabel y alrededores, Depto. Cnel. Pringles, pcia. De San Luis. 4° Reunión Argentina de Sedimentología, Actas 1: 219-226, Mar del Plata.
- Losada-Calderón, A.J. y McPhail, D.C. 1996. Porphyry and High-Sulfidation Epithermal Mineralization in the Nevados del Famatina Mining District, Argentina. En Camus, F., Sillitoe, R.H. y Petersen, R. (eds.) *Andean Copper Deposits: New Discoveries, Mineralization, Styles and Metallogeny*. Society of Economic Geologists, Special Publication Number 5: 91-117.
- Llambías, E.J. 1970. Geología de los yacimientos mineros Agua de Dionisio, Provincia de Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 1: 2-32.
- Llambías, E.J. 1972. Estructura del grupo volcánico Farallón Negro, Catamarca, República Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 27: 161-169.
- Llambías, E.J. y Brogioni, N. 1981. Magmatismo mesozoico y cenozoico. 8° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 101-115, San Luis.
- Malvicini, L. y Urbina, N.E. 1994. Mina La Rica, un depósito epitermal de tipo sericitita-adularia asociado a rocas volcánicas terciarias de la Sierra de San Luis, República Argentina. 7° Congreso Geológico Chileno, Actas 2: 853-854, Concepción.
- Márquez Zavalía, M.F. y Galliski, M.A. 1994. Mineralogía y paragénesis de "La Estancia", un depósito epitermal de la Sierra de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49: 39-47.
- Oggier, F.P. y Urbina, N.E. 2001. El depósito epitermal La Rubia-Los Quirquinchos, San Luis. 7° Congreso Argentino de Geología Económica, Actas 1: 189-194, Salta.
- Oggier, F.P., Urbina, N.E. y Guerstein, P.G. 2000. La Reynela: un depósito epitermal rico en sulfuros de metales base. San Luis, Argentina. 9° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 316-320, Puerto Varas.
- Otamendi, J.E. 1990. El Terciario volcánico en la Sierra del Morro, provincia de San Luis, República Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino, Actas 2: 35-38. San Juan.
- Pardo, M., Comte, D. y Monfret, T. 2002. Seismotectonic and stress distribution in the central Chile subduction zone. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 11-22.
- Ramos, V., Munizaga, F. y Kay, S.M. 1991. El magmatismo Cenozoico a los 33° S de Latitud: Geocronología y Relaciones Tectónicas. 6° Congreso Geológico Chileno, Actas 1: 892-896, Viña del Mar.
- Ramos, V.A., Cristallini, E.O. y Pérez, D.J. 2002. The Pampean flat-slab of the Central Andes. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 59-78.
- Roco, R. y Koukharsky, M. 1999. El pórfido cupro-molibdenífero Agua Rica y las manifestaciones epitermales asociadas, Catamarca. En E. O. Zappettini (ed.) *Recursos Minerales de la República Argentina*, Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35: 1479-1492. Buenos Aires.
- Sasso, A.M. y Clark, A.H. 1998. The Farallón Negro Group, Northwest Argentina: Magmatic, Hydrothermal and Tectonic Evolution and Implications for Cu-Au Metallogeny in the Andean Back-arc. *Society of Economic Geologists Newsletter* 34: 1-18.
- Silberman, M.L. 1985. Geochronology of hydrothermal alteration and mineralization: Tertiary hydrothermal precious-metal deposits in the Great Basin. *U. S. Geological Survey Bulletin* 1646: 55-70.
- Sillitoe, R.H. 1992. Gold and Copper Metallogeny of the Central Andes - Past, Present, and

- Future Exploration Objectives. *Economic Geology* 87: 2205-2216.
- Sillitoe, R. H. 2000. Gold-rich Porphyry Deposits: Descriptive and Genetic Models and Their Role in Exploration and Discovery. En Hagemann, S.G. and Brown, P.E. (eds.) *Gold in 2000*. Society of Economic Geologists, Reviews in *Economic Geology* 13: 315-345.
- Sillitoe, R.H., McKee, E.H. y Vila, T. 1991. Reconnaissance K-Ar Geochronology of the Maricunga Gold-Silver Belt, Northern Chile. *Economic Geology* 86: 1261-1270.
- Sruoga, P., Urbina, N.E. y Malvicini, L. 1996. El Volcanismo Terciario y los depósitos hidrotermales (Au,Cu) asociados en La Carolina y Diente Verde, San Luis, Argentina. 13° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 89-100. Buenos Aires.
- Súarez Funes, L.N. 2007. Geología y metalogénesis del sector suroeste del Cerro Diente Verde, San Luis, Argentina. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis (inédito), 80 p., San Luis.
- Urbina, N.E. 2000. Epithermal deposits in Argentina: A topical overview of the principal types of gold and gold-copper deposits. Annual Meeting of The Society of Resource Geology of Japan, Abstracts with Programs O-07: 33, Tokio.
- Urbina, N.E. 2002. K-Ar geochronology of the San Luis Gold Belt, Central Argentina: A Review. 5° International Symposium on Andean Geodynamics, Actas: 657-660, Toulouse.
- Urbina, N.E. 2003. Epithermal gold deposits in Argentina and their geologic settings: 18 Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium. *Terra Nostra* 2: 79.
- Urbina, N.E. 2005a. La actividad hidrotermal vinculada al volcanismo Terciario de San Luis, Argentina. En Aceñolaza, F.G., Aceñolaza, G. F., Hünicken, M., Rossi, J.N. y Toselli, A.J., (eds), Simposio Bodenbender. Instituto Superior de Correlación Geológica, Serie Correlación Geológica, 19: 123-132, Revista.
- Urbina, N.E. 2005b. Cenozoic magmatism and mineralization in the Sierras Pampeanas of San Luis, Argentina. En Rhoden, H.N., Steininger, R.C., and Vikre, P.G. (eds.) Geological Society of Nevada Symposium 2005, Window to the World, Proceedings 2: 787-796. Reno, Nevada.
- Urbina, N.E. 2005c. New insights into the timing of gold systems in the Tertiary metallogenic belt of San Luis, Argentina. 6° International Symposium on Andean Geodynamics, Actas: 752-755, Barcelona.
- Urbina, N.E. 2005d. The San Luis Gold Belt of Argentina in a regional metallogenic context. 19° Colloquium on Latin American Geosciences. *Terra Nostra* 5(1): 127-128.
- Urbina, N.E. y Oggier, F.P. 2001. New K-Ar ages of volcanic rocks and associated mineralization in Cañada Honda district, San Luis, Argentina. 3° South American Symposium On Isotope Geology Volume, Sociedad Geológica de Chile, CD-ROM: 539-542, Pucón.
- Urbina, N.E. y Sruoga, P. 2006. Segmentación tectónica de los Andes a la latitud de 27° y 33° S: Implicancias en el magmatismo y mineralización asociada. 13° Reunión de Tectónica, Actas: 60-61, San Luis.
- Urbina, N.E. y Sruoga, P. 2008. K-Ar mineral age constraints on the Diente Verde porphyry deposit formation, San Luis, Argentina. 6° South American Symposium on Isotope Geology. (Bariloche) . Extended Abstracts 37, 4p., Buenos Aires.
- Urbina, N.E. Sruoga P. y Malvicini, L. 1995. El volcanismo Mioceno y la mineralización aurífera asociada en La Carolina y Diente Verde, provincia de San Luis, Argentina. 9° Congreso Latinoamericano de Geología, CD-ROM: 1-13, Caracas.
- Urbina, N.E., Sruoga, P. y Malvicini, L. 1997. Late Tertiary Gold-Bearing Volcanic Belt in the Sierras Pampeanas of San Luis, Argentina. *International Geology Review* 39: 287-306.
- Urbina, N.E., Guerstein, P.G. y Malvicini, L. 1998. Hallazgo de telururos de Ag y Au-Ag en el yacimiento diseminado La Carolina, Provincia de San Luis, Argentina. 4° Reunión de Mineralogía y Metalogenia, Actas: 275-279, Bahía Blanca.
- Vargas, R., Gustafson, L., Vukasovic, M., Tidy, E. y Skewes, M. 1999. Ore Breccias in the Río Blanco-Los Bronces Porphyry Copper Deposit, Chile. En Skinner, B.J. (ed.) *Geology and Ore Deposits of the Central Andes*. Society of Economic Geologists, Special Publication 7: 281-297.
- Vázquez, S. 2007. Geología y metalogénesis del sector NE del Cerro Diente Verde y mineralizaciones asociadas, Cañada Honda, San Luis, Argentina. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de San Luis (inédito), 93 p., San Luis.

Recibido: 8 de octubre, 2008

Aceptado: 2 de junio, 2009