

Volcanismo y mineralización asociada en el área del cerro Tiporco, provincia de San Luis, Argentina

Oscar D. IBANES¹, Patricia SRUOGA², Nilda E. URBINA³ y José M. GARRO³

Resumen: El área del cerro Tiporco está situada al oeste del campo volcánico Cerros del Rosario, a 66 km al noreste de la ciudad de San Luis. En la cantera Santa Isabel-Córdoba aflora una secuencia piroclástica (Volcaniclastitas Lomitas) asignada al Plioceno y dispuesta sobre las sedimentitas miocenas de la Fm. Santa Isabel. Dentro de la secuencia se diferencian dos unidades, inferior y superior, compuestas por brechas líticas co-ignimbriticas, depósitos de surge e ignimbritas. En las inmediaciones del cerro Tiporco afloran espesos bancos de brechas líticas co-ignimbriticas y de ignimbritas. El volcanismo en el área está caracterizado por actividad explosiva inicial, con erupciones ignimbriticas recurrentes y episodios freatomagmáticos intercalados (surges), para luego finalizar con el emplazamiento de domos y coladas asociadas (cerros Tiporco y Lomita). Tanto las brechas co-ignimbriticas como la asociación litofacial ignimbritas-surges-domos indican un carácter proximal respecto del centro emisor. Dicho emplazamiento estaría controlado por un sistema de fallas NO-SE. La mineralización asociada al volcanismo consiste en vetas de ónice calcáreo y aragonita, venillas de calcita y manifestaciones travertínicas. Estas últimas estarían indicando los niveles más superficiales de un sistema epitermal y un grado de erosión muy bajo. En consecuencia, es posible inferir la presencia de manifestaciones metalíferas en profundidad como parte del mismo sistema hidrotermal.

Abstract: *VOLCANISM AND ASSOCIATED MINERALIZATION IN THE CERRO TIPORCO AREA, SAN LUIS PROVINCE, ARGENTINA.* The Tiporco area is located west of the Cerros del Rosario volcanic field and 66 km northeast of San Luis city. In the Santa Isabel-Córdoba quarry, a pyroclastic sequence has been recognized (Volcaniclastitas Lomitas) lying on sedimentary rocks which belong to the Miocene Santa Isabel Formation. The stratigraphic arrangement indicates a Pliocene age. Within the sequence, upper and lower units may be distinguished, encompassing co-ignimbrite lithic breccias, surges and ignimbrite deposits. The volcanism in this area is characterized by initial explosive activity, with recurrent ignimbritic eruptions and phreatomagmatic episodes (surges), ending with the emplacement of domes and associated lava flows (Tiporco and Lomita). Both the pyroclastics and the lavas represent near-vent facies. A well defined NW-SE fault system controlled the emplacement of the volcanics. The associated mineralization consists of calcareous onyx and aragonite veins, calcite veinlets and travertine manifestations. The latter indicate a paleosurface consistent with the superficial levels of an epithermal system and very scarce erosion. In consequence, it is possible to infer the presence of metalliferous manifestations at depth as part of the same hydrothermal system.

Palabras claves: Tiporco. Santa Isabel. Volcanismo. Plioceno. Ignimbritas. Ónice Calcáreo.

Keywords: Tiporco. Santa Isabel. Pliocene. Volcanism. Ignimbrites. Calcareous Onyx.

Introducción

La zona de estudio corresponde al área del cerro Tiporco, localizada a 66 km al noreste de la ciudad de San Luis, en el departamento de Coronel Pringles y forma parte del distrito volcánico de Cerros del Rosario (*Figura 1*). Abarca una superficie aproximada de 25 km² (32° 55' 28" S – 65° 48' 53" O y 32° 58' 18" S – 65° 44' 53" O).

¹) CONICET – Dpto. de Geología, Universidad Nacional de San Luis. E-mail: oscar.ibanes@gmail.com

²) CONICET – SEGEMAR.

³) Dpto. de Geología, Universidad Nacional de San Luis.

Los antecedentes corresponden a trabajos de carácter regional (Brogioni 1987, 1988, 1990) y local (Lacreu y Di Paola, 1992; Lacreu, 1997, 2000). Estos autores realizaron una caracterización de las mineralizaciones de ónice calcáreo y las secuencias volcánicas presentes en la cantera Santa Isabel-Córdoba. Es importante aclarar que aún no se dispone de edades absolutas del volcanismo de la zona; para el área de Cerros del Rosario una dacita arrojó una edad puntual de $2,6 \pm 0,6$ Ma (Ramos *et al.*, 1991).

En las décadas del 70 y 80 del siglo pasado, la zona tuvo una importante actividad minera, explotándose principalmente las vetas de ónice calcáreo como roca de aplicación y secundariamente los depósitos de travertino. Actualmente, se continúa con extracciones esporádicas de ónice en las canteras Santa Isabel y Córdoba.

En este trabajo se presentan los avances preliminares del análisis litofacial del volcanismo, el control estructural de su emplazamiento y su relación con las mineralizaciones presentes en la zona. Los resultados alcanzados se hallan enmarcados en el desarrollo de la tesis doctoral del primer autor, cuyo fin es contribuir al conocimiento integral de la evolución de la faja volcánica terciaria.

Marco geológico y tectónico

Las sierras de San Luis constituyen un bloque de las Sierras Pampeanas occidentales conformado por rocas cristalinas ígneo-metamórficas que presentan una compleja evolución geológica, la cual se remonta al Precámbrico-Ordovícico, con los ciclos Pampeano y Famatiniano. Durante el Devónico y Carbonífero tuvo lugar el emplazamiento de cuerpos graníticos. Las rocas poseen una estructuración en bloques de bordes empinados hacia el O y suaves pendientes hacia el E, como resultado de levantamientos diferenciales producto de la reactivación de planos de fracturas N-S, E-O y NE-SO durante el ciclo orogénico andino (Gordillo y Lencinas, 1979; Criado Roqué *et al.*, 1981; Costa *et al.*, 2001). Esta estructuración en un ambiente transpresivo a transtensivo (Urbina y Sruoga, 2009) incrementó los índices de permeabilidad cortical y controló durante el neógeno el emplazamiento de magmas y mineralizaciones hidrotermales asociadas.

La Faja Volcánica Terciaria (FVT) se halla localizada a ~750 km de la trinchera oceánica en la zona de transición sureste del segmento de la *flat slab* pampeana que se extiende desde los 27° a los 33° S (Jordan *et al.*, 1983; Kay *et al.*, 1987, 1988, entre otros) y que se encuentra caracterizado por la ausencia de manifestaciones volcánicas modernas. Asociada directamente a la horizontalización de la placa de Nazca ($<10^\circ$, Pardo *et al.*, 2002), la FVT delata la migración que experimentó el arco volcánico a partir de los 18 Ma desde la cordillera de los Andes hasta las Sierras Pampeanas (Ramos *et al.*, 1991). Las rocas volcánicas se distribuyen a lo largo de una faja de 80 km, con orientación ONO y dispuesta casi perpendicularmente a las fallas inversas que delimitan el borde oeste de las sierras de San Luis.

En la FVT es posible distinguir unidades lávico/hipabisales de composición andesítica a traquítica y términos volcánicas asociados (Urbina y Sruoga, 2009), concentrados en los distritos La Carolina, Cañada Honda, Cerros Largos-Cerros del Rosario y El Morro. La actividad volcánica se inició hace 12-13 Ma (Urbina y Sruoga, 2008), migró hacia el SE a lo largo de 80 km alcanzando el extremo este de la faja a los 6,4 Ma y finalizó a los 1,9 Ma indicando un rápido desplazamiento del frente volcánico (Urbina y Sruoga, 2009).

Estudios geoquímicos realizados por Brogioni (1987) y Urbina *et al.* (1997) indican que los magmas mesosilícicos corresponden a series calcoalcalinas normales a alto potasio

y shoshoníticas y muestran un progresivo incremento en el contenido de potasio con la disminución de la edad. Además, 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 que los magmas son compatibles con un ambiente de arco vinculado a subducción en margen continental.

Análisis litofacial

El análisis litofacial de la zona de estudio permitió distinguir entre facies piroclásticas y facies efusivas en las canteras Santa Isabel y Córdoba y en el cerro Tiporco (Figuras 1 y 2).

SECTOR CANTERAS SANTA ISABEL Y CÓRDOBA, FACIES PIROCLÁSTICAS. Conocida como “Volcaniclastitas Lomitas” (Lacreu y Di Paola, 1992), esta unidad es la de mayor extensión areal en la zona de estudio. Dispuesta en capas horizontales a subhorizontales, en discordancia erosiva sobre las sedimentitas miocenas de la Formación Santa Isabel, es la facies que presenta mayor heterogeneidad litológica e incluye brechas líticas co-ignimbriticas, depósitos de *surge* e ignimbritas (Figura 2). El conjunto es de color blanco grisáceo, con tonalidades amarillentas y aflora en la zona de las canteras. Solamente en el sector del ónice calcáreo es posible reconstruir el perfil completo de la secuencia, con espesores que alcanzan los 13,7 m. Dentro de la secuencia, es posible diferenciar dos unidades: 1) inferior y 2) superior (Figura 3).

1) *Unidad Inferior.* Con un espesor total de 6 m, esta unidad está compuesta de base a techo por:

0-1 m. *Brechas líticas* poco consolidadas, de color gris oscuro, clasto sostén en banco masivo. Presentan un neto predominio (95%) de litoclastos de origen metamórfico (esquistos cuarzo-micáceos, metacuarcitas y escasos granitoides), de forma subangulosa a subredondeada. El tamaño de los fragmentos varía entre 0,3 y 30 cm de diámetro. La escasa matriz está compuesta por cristaloclastos (cuarzo, biotita, feldespato y ónice calcáreo) y por fragmentos

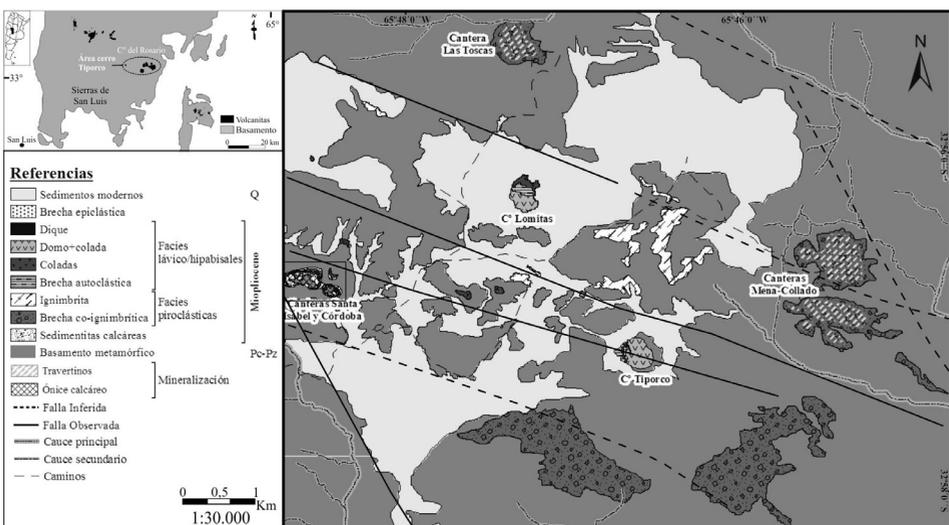


Figura 1. Mapa geológico del área del cerro Tiporco y ubicación de la zona de estudio en las Sierras de San Luis.

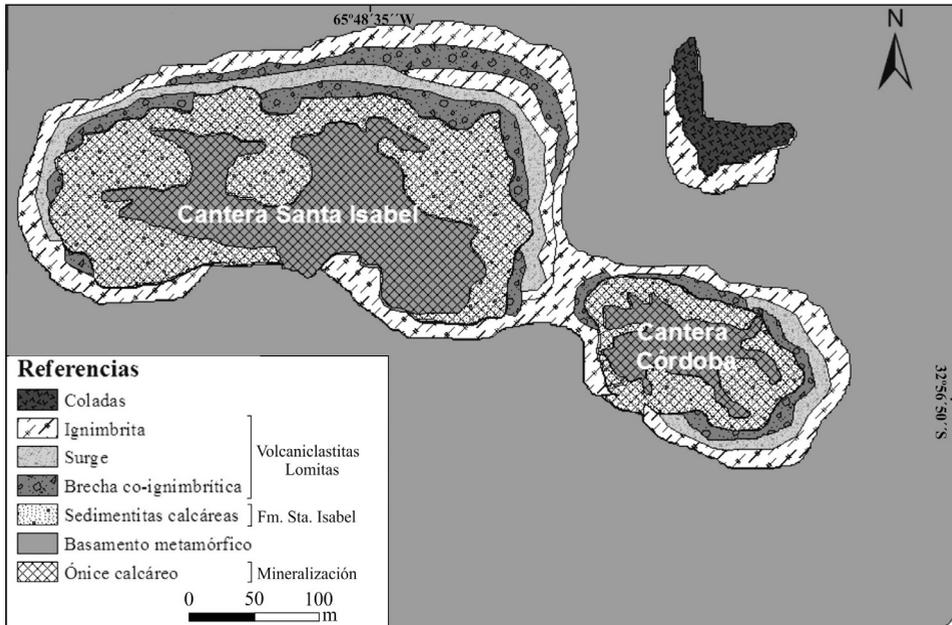


Figura 2. Mapa geológico de detalle de las canteras de ónice calcáreo Santa Isabel y Córdoba. Nótese la secuencia y distribución de las “Volcaniclastitas Lomitas”.

pumíceos (5%) subangulosos de 0,3 a 1,9 cm. Por sus características litológicas y yacencia este depósito es interpretado como brechas líticas co-ignimbriticas.

1-1,50 m. *Toba lapillítica vitrocrystalinas*, de color gris claro, exhiben estratificación planar y entrecruzada de bajo ángulo del orden de centímetros a metros en bancos de 1 a 3 cm. Fragmentos de proyección balística (*bomb sag*) de hasta 10 cm perturban la estratificación de la base. Al microscopio las tobas muestran un elevado contenido de vitroclastos subangulosos, como pómez y trizas, de tamaños de 0,4 hasta 1,2 mm. Los cristaloclastos son de cuarzo, biotita, muscovita y escasa plagioclasa y apatita. Escasos litoclastos de hasta 4 cm de diámetro comprenden esquistos cuarzo-micáceos y granitoides. A 20 cm de la base del depósito, se puede observar un banco de ~1 cm de espesor compuesto casi exclusivamente por fragmentos líticos de esquistos cuarzo-micáceos. Se interpreta como depósitos de flujo piroclástico diluido (*surges*).

1,5-6 m. *Toba lapillítica* blanco-grisácea, matriz sostén en banco masivo y homogéneo. La matriz (70%) está compuesta por abundantes vitroclastos (trizas y pómez) sudredondeados a subangulosos de 0,2 a 1,5 cm de tamaño. Los fenocomponentes (30%) corresponden a fragmentos pumíceos con escasa deformación y tamaños máximos de 4 cm. Los cristaloclastos abarcan fragmentos de cuarzo, muscovita, biotita, escaso anfíbol y plagioclasa, con tamaños de 0,2 a 1 cm. Es notable la escasez de litoclastos, representados por unos pocos fragmentos de esquistos cuarzo-micáceos y metacuarcitas, cuyo tamaño no supera 1,2 cm. Se interpreta como depósito de flujo piroclástico denso (ignimbrita).

2) *Unidad Superior*: con un espesor de 8 m, esta unidad se dispone en discordancia erosiva sobre las tobas lapillíticas de la unidad inferior. Como rasgo distintivo, presenta participación de litoclastos de origen volcánico.

6-7,5 m. *Brechas líticas* muy similares a las descriptas en la *unidad inferior*. La única diferencia

es que los fragmentos líticos son andesíticos y tienen mayor tamaño. Se interpreta como depósito de brechas líticas co-ignimbríticas.

7,5-13,7 m. *Tobas lapillíticas* masivas blanco grisáceas. Se disponen en discordancia erosiva sobre las brechas líticas anteriores. Este depósito exhibe en su base, y con espesor de aproximadamente 90 cm, una zona de gradación inversa de sus fenocomponentes. Se interpreta como depósito de flujo piroclástico denso (ignimbrita).

FACIES EFUSIVAS. Corresponden a los términos superiores de la secuencia litofacial estudiada y se hallan distribuidos hacia el cuadrante noreste de la cantera. Esta facies de composición modal andesítica está representada por un domo, coladas y brechas autoclásticas asociadas. El cuerpo dómico conocido como “Cerro Lomitas” (Lacreu y Di Paola, 1992) distante 2,6 km hacia el NE de las canteras de ónice calcáreo (Figura 1) corresponde a un asomo de geometría ovalada, con su eje mayor orientado en sentido norte-sur. Las coladas se presentan en pequeños afloramientos de geometría mantiforme y espesores que no superan el metro. Los niveles de brechas autoclásticas se hallan asociadas al domo y están comúnmente afectadas por un intenso hidrotermalismo que se manifiesta en forma de enjambres de venas y vetillas de calcita.

SECTOR ÁREA CERRO TIPORCO (Figura 1), facies piroclásticas. En este sector los afloramientos se presentan aislados y sin base expuesta. Se han reconocido depósitos de brechas líticas co-ignimbríticas (Figura 4A) y de ignimbritas (Figura 4B), correlacionables con la secuencia descripta anteriormente.

Brechas líticas, color blanco amarillento, clasto sostén con gradaciones localizadas a matriz sostén en banco masivo de ~20 m de espesor. El depósito se halla compuesto por litoclastos subangulosos a subredondeados de basamento ígneo-metamórfico (70%) y de andesitas (30%), de 3 hasta 20 cm y de 1 hasta 15 cm de tamaño, respectivamente. La participación de cristaloclastos es baja y comprende fragmentos de cuarzo, muscovita, biotita, feldespato y anfíbol. Los vitroclastos corresponden a fragmentos pumíceos de hasta 2 cm. La matriz presenta una fuerte impregnación carbonática y son frecuentes las venas, vetillas y drusas de calcita y aragonita. Al microscopio, estas brechas son similares a las descriptas para el sector de la cantera Santa Isabel-Córdoba. Localmente, por encima de los depósitos de brechas se disponen potentes bancos de travertino.

Tobas lapillíticas, masivas, de color blanco grisáceo, matriz sostén con espesores de hasta ~4 m. La matriz (75%) está compuesta por abundantes vitroclastos (pómez y trizas) tamaño ceniza y los fenocomponentes (25%) están representados por pómez sin deformar de hasta 5 cm de tamaño. Los cristaloclastos, derivados en mayor medida del basamento ígneo-metamórfico y en menor proporción de rocas volcánicas, corresponden a cuarzo, micas y feldespato. Los litoclastos son muy escasos y consisten en fragmentos de esquistos cuarzo-metamórficos y andesitas, de modo subordinado. Al igual que en las brechas líticas, en estas tobas son frecuentes las venas y vetillas de calcita (<2 cm de espesor) cortando la roca y una fuerte impregnación de carbonatos de calcio en la matriz. Corresponde a un depósito de flujo piroclástico denso (ignimbrita).

FACIES EFUSIVA. Los afloramientos se disponen en el centro y norte del sector del cerro Tiporco. De acuerdo con el modo de emplazamiento es posible distinguir: domo, dique, coladas y brechas autoclásticas asociadas. Sobre la base del conteo modal de fenocristales, todas las manifestaciones presentan una composición andesítica.

El domo del cerro Tiporco, con una altura de ~90 m y forma semicircular, es la expresión morfológica de origen volcánico más sobresaliente de la zona. En el cuadrante noroeste del domo se reconoce un cuerpo tabular y discordante que corresponde a un dique de 30 m de

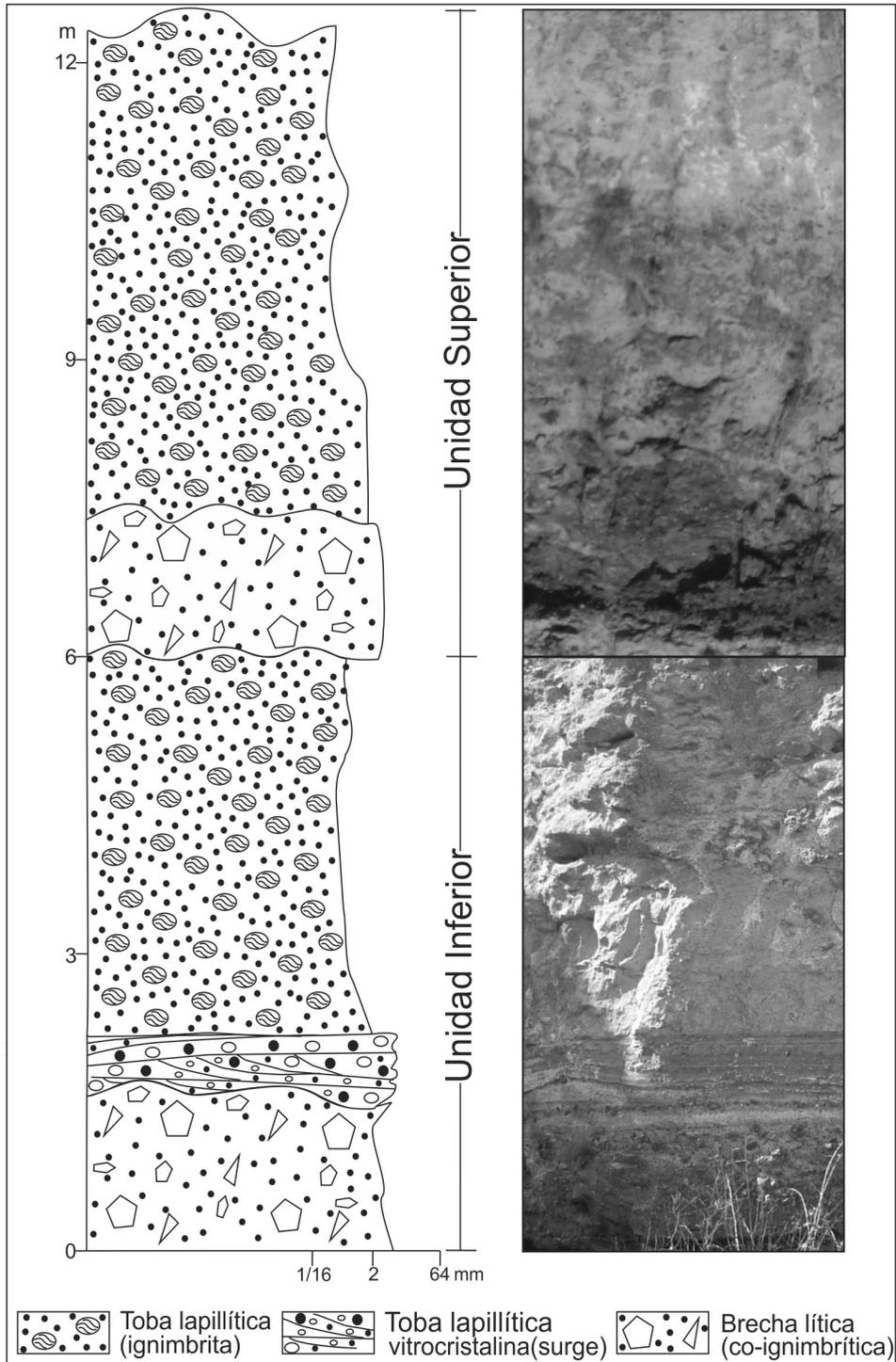


Figura 3. Perfil columnar de la secuencia piroclástica identificada en las canteras de ónice calcáreo conocida como Volcaniclastitas Lomitas (véase descripción en el texto).



Figura 4. Área cerro Tiporco, facies piroclásticas. A) Brechas co-ignimbriticas. B) Toba lapillítica (ignimbrita).

largo y 4 m de espesor. Las coladas (*Figura 5A*) se presentan en paquetes con espesores que no superan los 20 m, aunque localmente son más delgados (< 1 m). Las brechas autoclásticas (*Figura 5B*), se observan asociadas al domo (cerca de la base) y a las coladas.

El estudio petrográfico de las rocas lávicas e hipabisales revela que no hay diferencia entre domo, diques, coladas y brechas autoclásticas. Se trata de rocas pardo grisáceas, compuestas por fenocristales de plagioclasa, anfíbol, sanidina y opacos inmersos en una pasta que exhibe textura felsítica y en algunos casos microfelsítica compuesta por agregados anhedrales de cuarzo-feldespato.

Mineralización y estructuras

La mineralización, asociada al volcanismo, está representada por carbonatos de calcio (ónice calcáreo, aragonita, calcita; *Figura 6A*) y travertino (Lacreu y Di Paola, 1992). El ónice calcáreo de color verde amarillento a verde grisáceo es el carbonato hipogénico más abundante. Es de tipo vetiforme y se aloja tanto en fracturas del basamento metamórfico como en las sedimentitas de la Formación Santa Isabel (*Figura 2*). De forma subordinada, la aragonita de color gris amarillenta se presenta rellenando fracturas que afectan al ónice y a la roca de caja. Finalmente y en menor proporción que aragonita, se observan venas y vetillas de calcita rellenando la mineralización antes mencionada. La mejor exposición de esta asociación de carbonatos de calcio se presenta en las canteras Santa Isabel-Córdoba.

El travertino, de color blanco grisáceo, conforma espesos bancos de varios metros de espesor alojados principalmente por encima de las brechas líticas co-ígnimbríticas (*Figura 6B*), los cuales exhiben venas y vetillas de calcita-aragonita. La exposición del travertino revela el nivel de una paleosuperficie y corresponde, por lo tanto, a los niveles más superficiales de un sistema epitermal, indicando que el grado de erosión fue muy bajo. En consecuencia, se puede inferir la posible presencia de manifestaciones metalíferas en profundidad como parte del mismo sistema hidrotermal.

El estudio estructural preliminar ha permitido reconocer un control ejercido por fallas y fajas de deformación frágil-dúctil de rumbo NO-SE (*Figura 1*) en el emplazamiento del volcanismo y mineralizaciones asociadas (Garro, 2011). En una etapa tardía en la evolución de este sistema, fallas y fajas de deformación frágil-dúctil de orientación ONO-ESE y cinemática directa-senestral habrían modificado las características del distrito.

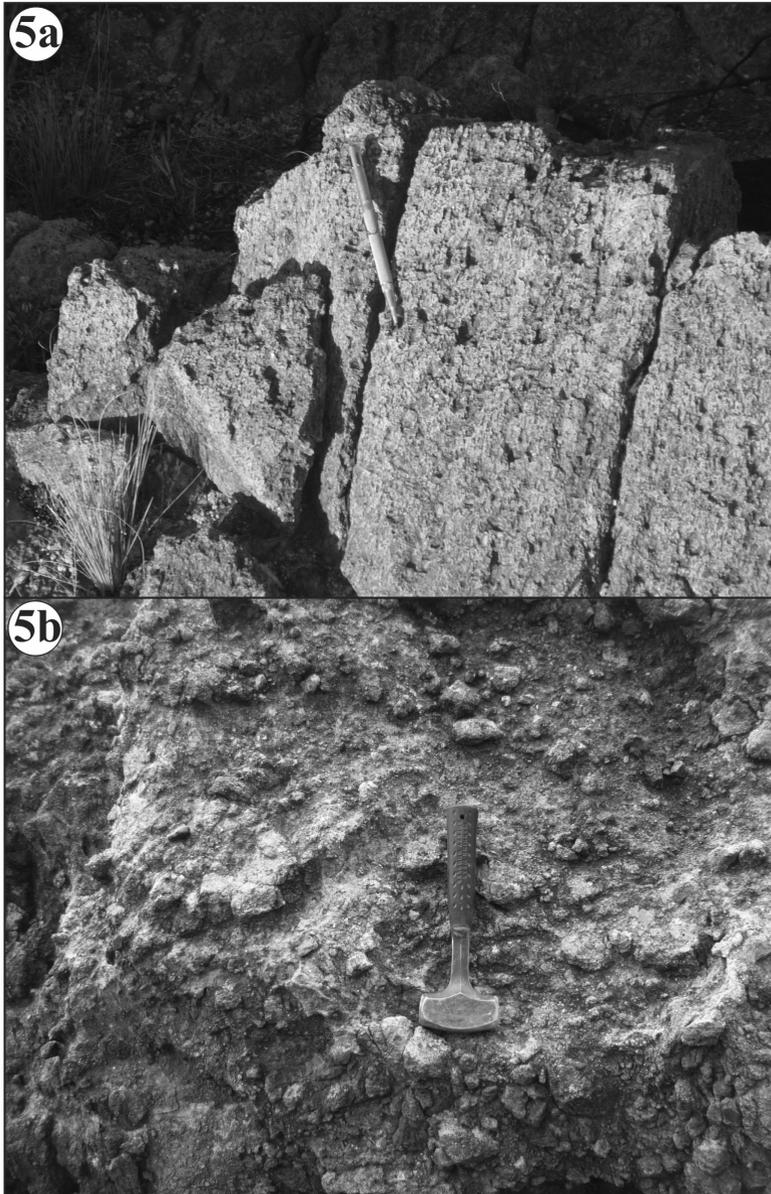


Figura 5. Área cerro Tiporeco, facies efusivas. A) Coladas b) Brechas autoclásticas.

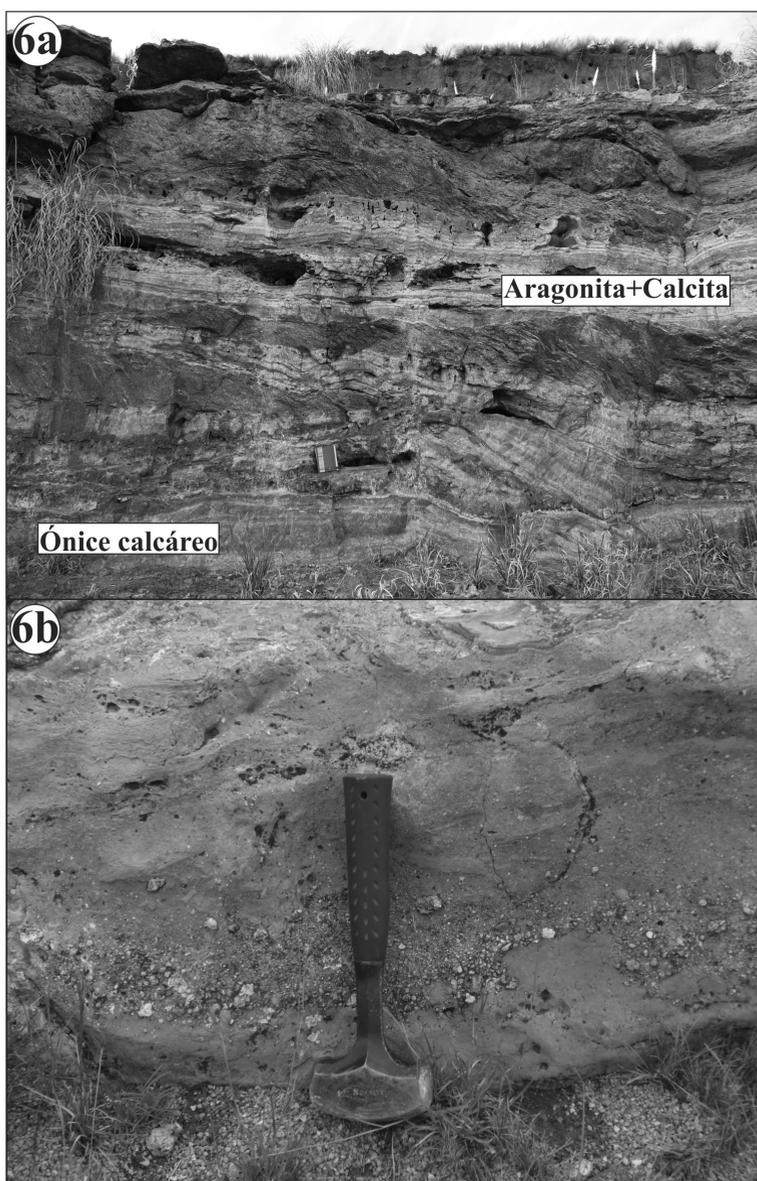


Figura 6. Mineralización. A) Asociación hipogénica de carbonatos ónice calcáreo + aragonita + calcita. B) Foto de detalle de travertino desarrollado sobre brechas co-ignimbríticas.

Conclusiones

El volcanismo en el área del Tiporco se halla caracterizado por actividad explosiva inicial, con erupciones ignimbríticas recurrentes y episodios freatomagmáticos intercalados (*surges*), para luego finalizar con el emplazamiento de domos y coladas asociadas (cerros Tiporco y Lomitas).

Entre las litofacies reconocidas, tanto los depósitos de brechas líticas co-ignimbríticas como la asociación litofacial de ignimbríticas, surges y domos indican un carácter proximal con respecto al centro de emisión.

Un sistema bien definido de fallas con orientación NO-SE habría controlado el emplazamiento tanto de las facies piroclásticas como lávicas. Se prevén futuros estudios con el fin de reunir evidencias que permitan proponer o descartar la formación de una caldera asociada con los eventos eruptivos ignimbríticos.

Desde una perspectiva netamente morfológica, los depósitos abarcados por el presente trabajo corresponden a los tipos vetiforme y mantiforme.

La exposición de travertinos corresponde a los niveles más superficiales de un sistema epitermal, y además indican que el grado de erosión fue muy bajo. En consecuencia, es posible inferir la presencia de manifestaciones metalíferas en profundidad como parte del mismo sistema hidrotermal.

La comprobación de depósitos de metales preciosos en profundidad, posibilitaría tipificar al mismo como un epitermal de baja sulfuración, ya que las manifestaciones superficiales lo sugieren. El sistema hidrotermal estaría genéticamente asociado a la actividad volcánica descripta.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Proyecto de Investigación N° 348903 “Metalogénesis de la Provincia de San Luis” del Sistema de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de San Luis, perteneciente al Programa de Incentivos a la investigación. Se agradece la revisión del manuscrito al Dr. Ricardo Etcheverry quien aportó sugerencias para enriquecer la versión original del mismo.

Bibliografía

- Brogioni, N. 1987. Petrología y vulcanismo Mio – Plioceno de la Provincia de San Luis. Revista del Museo de La Plata. Sección Geología, 10: 71–100.
- Brogioni, N. 1988. Caracteres Geológicos y clasificación de los domos volcánicos Mio–Pliocenos de San Luis. Revista del Museo de La Plata. Sección Geología, 10: 101–112.
- 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: 197–214.
- Costa, C., Murillo, V., Sagripanti, G. y Gardini, C. 2001. Quaternary intraplate deformation in the southeastern Sierras Pampeanas, Argentina. Journal of Seismology, 5: 399–409.
- Criado Roque, P., Mombrú, C. y Ramos, V. 1981. Estructura e interpretación tectónica. En: Yrigoyen, M. (Ed.), Geología de la provincia de San Luis. VIII Congreso Geológico Argentino, San Luis, Actas: 155–192.
- Garro, J.M. 2011. [Control estructural de las mineralizaciones asociadas al vulcanismo terciario, áreas cantera Santa Isabel y cerro Tiporco, provincia de San Luis, Argentina. Tesis de Licenciatura, inédito (en ejecución)].

- Gordillo, C.E. y Lencinas, A.N. 1979. Sierras Pampeanas de Córdoba y San Luis. En: A. P. Leanza (Ed.), *Geología Regional Argentina*, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Tomo I: 577-650.
- 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., Maksae, 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., Maksae, V., Mpodozis, C., Moscoso, R., Nasi, C. y Gordillo, C. 1988. Tertiary Andean Magmatismo in Argentina and Chile between 28° and 33° S: Correlation of chemistry with a changing Benioff zone. *Journal of South American Earth Sciences*, 1: 21-38.
- Lacrau, H.L. 1997. Litología carbonática plio-holocénica Argentina. VIII Congreso Geológico Chileno, Antofagasta, Actas 2: 1028-1032.
- Lacrau, H.L. 2000. Modelo Genético del Yacimiento de Onice Calcáreo Santa Isabel, Pcia. de San Luis, Argentina. IX Congreso Geológico Chileno, Puerto Varas, Actas 1: 250-254.
- Lacrau, H.L. y Di Paola, E.C. 1992. Secuencias epiclásticas y volcánicas en la cantera Santa Isabel y alrededores, Dpto. Cnel. Pringles, Pcia. San Luis. IV Reunión Argentina de Sedimentología, Mar del Plata, Argentina, Actas 1: 219-226.
- 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.A., Munizaga, F. y Kay, S.M. 1991. El magmatismo Cenozoico a los 33° S de latitud: Geocronología y Relaciones tectónicas. VI Congreso Geológico Chileno, Viña del Mar, Resúmenes Expandidos: 892-896.
- Urbina, N.E. y Sruoga, P. 2008. K-Ar mineral age constraints on the Diente Verde porphyry deposit formation, San Luis, Argentina. VI South American Symposium on Isotope Geology, Buenos Aires. Resúmenes, 37: 4.
- Urbina, N.E. y Sruoga, P. 2009. La faja metalogénica de San Luis, Sierras Pampeanas: mineralización y geocronología en el contexto metalogénico regional. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64: 635-645.
- 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.

Recibido: 25 de octubre de 2011
Aceptado: 15 de diciembre de 2011