

INTERPRETACIÓN DE UNA SECCIÓN GRAVIMAGNETOMÉTRICA SOBRE PAMPA DE LAS INVERNADAS, SIERRA GRANDE DE SAN LUIS

José KOSTADINOFF¹, Gabriela FERRACUTTI¹ y Ernesto BJERG¹

¹ INGEOSUR - CONICET y Departamento de Geología-Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.
E-mails: gfkostad@criba.edu.ar; gferrac@uns.edu.ar

RESUMEN

Un perfil gravimétrico y magnetométrico realizado en el sector noroeste de la Sierra Grande de San Luis mostró máximos relativos de gravedad en una zona donde se hallan afloramientos de rocas máficas-ultramáficas incluidas en cuerpos graníticos ordovícicos. Asimismo se pudo comparar las anomalías gravimétricas de Bouguer con las del campo magnético terrestre. Los modelos geofísicos fueron elaborados en base a las densidades determinadas para las rocas aflorantes en esta región (granitoides, gneises, máficas y ultramáficas) y el valor teórico para la corteza superior. Como resultado se sugiere que las inclusiones de rocas máficas-ultramáficas en los cuerpos graníticos representan el 40 % del volumen de estas últimas. Por ello se considera que el área de pampa de las Invernadas es potencialmente interesante desde el punto de vista económico debido a que las anomalías gravimagnetométricas indican la posibilidad de hallar en profundidad rocas máficas-ultramáficas mineralizadas dado que los parámetros geofísicos medidos son similares a los obtenidos en el área de Río de Las Águilas, en el sector sur de estas sierras.

Palabras clave: *Geofísica, gravimetría, magnetometría, máficas-ultramáficas, Pampa de las Invernadas.*

ABSTRACT: *Interpretation of a gravimagnetometric section over Pampa de las Invernadas, Sierra Grande de San Luis.* A geophysical profile in the NW part of the Sierra Grande de San Luis has shown the existence of gravity field anomalies in an area with outcrops of mafic-ultramafic rocks hosted by Ordovician granitic bodies. Bouguer gravity anomalies were compared with those of the earth magnetic field. Geophysical models were constructed based on the measured density of the units outcropping in this area (granitoids, gneisses, mafic and ultramafic rocks) and the theoretical value of the upper crust. As a result, it is suggested that mafic-ultramafic inclusions in the granitic bodies constitute up to 40 % of the total volume of the last ones. These results suggest that Pampa de las Invernadas area could be of economic significance, since its geophysical signature is similar to that of the Río de Las Águilas mafic-ultramafic complex, in the southern portion of this region. In this complex a significant mineralization of base metals and platinum group minerals has been established.

Keywords: *Geophysics, gravimetric, magnetometric, mafic-ultramafic, Pampa de las Invernadas.*

INTRODUCCIÓN

La pampa de las Invernadas se halla ubicada en el extremo noroeste de la sierra Grande de San Luis formando parte de las Sierras Pampeanas. Esta es una de las planicies topográficamente más altas de la sierra. Hacia el noroeste de la misma se desarrolla el valle de San Francisco del Monte de Oro y la sierra de Socoscora (Fig. 1). En esta área se realizó una prospección geofísica con el fin de ubicar las dimensiones de los cuerpos máficos y ultramáficos allí presentes para que en posteriores investigaciones se identifiquen su composición geoquímica y petrográfica. Esta investigación servirá además para correlacionar este

lineamiento de rocas intrusivas con las más estudiadas al este el sector denominado de la faja de rocas máficas-ultramáficas de Virorco-Las Águilas.

La metodología empleada consistió en determinar las anomalías del campo gravitatorio y magnético a lo largo de un perfil este-oeste en el sector donde se observan los afloramientos más destacables de este tipo de rocas.

ANTECEDENTES

La estructura y petrografía de este bloque fue descrita por Pastore y Gonzalez (1954). Sobre las márgenes del río Claro se encuentran afloramientos de rocas básicas, que

según Merodio *et al.* (1978), forman parte de un cuerpo que denominan San Francisco del Monte de Oro. Estas rocas básicas son clasificadas por estos autores como metabasitas.

El basamento, de edades proterozoica a paleozoica temprana (von Gosen *et al.* 2002); precámbrica a paleozoica (Sims *et al.* 1998, Rapela *et al.* 1998, Hauzenberger *et al.*, 1996), precámbrica- paleozoica temprana (Malvicini y Brogioni 1996), precámbrica tardía-ordovícica (Gervilla *et al.* 1997) de las Sierras de San Luis está constituido por rocas metamórficas (Kilmurray y Villar 1981, Ortiz Suarez *et al.* 1992) y en menor abundancia granitoides de edad precámbrica a devónica-carbonífera (Linares y Latorre

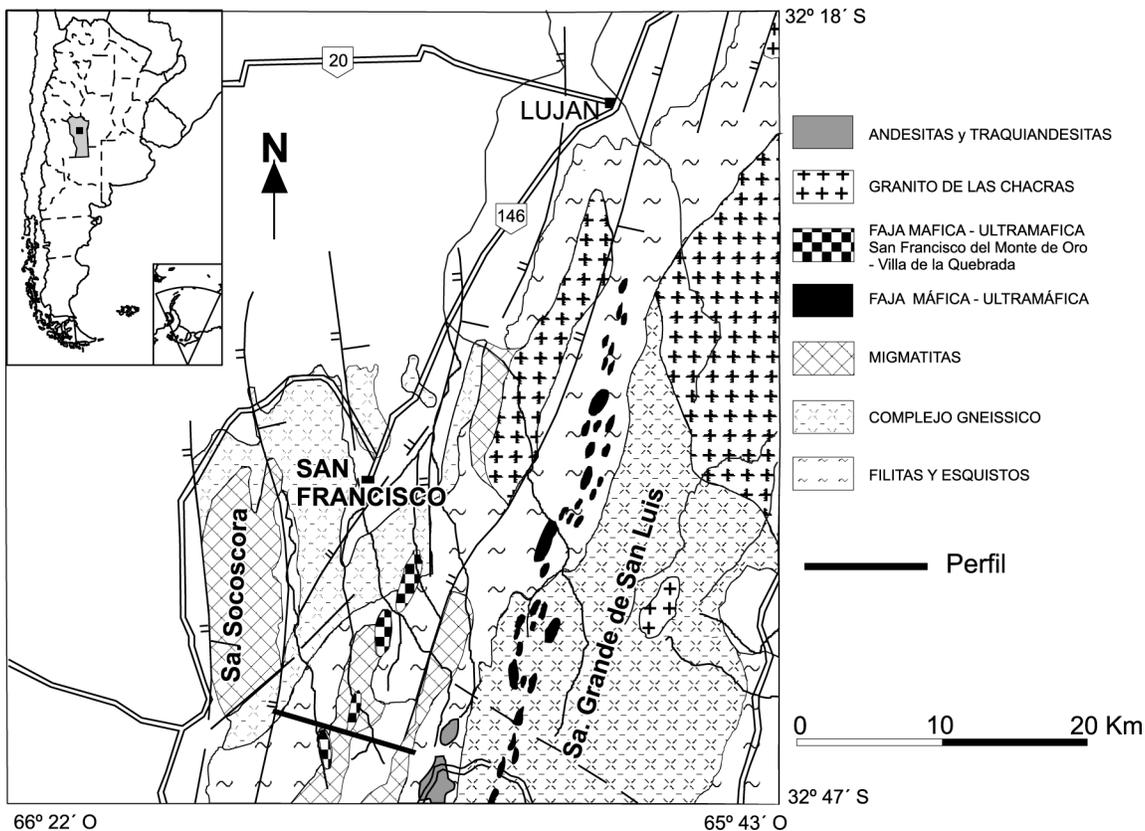


Figura 1: Mapa de ubicación del área de trabajo.

1973), aplitas, pegmatitas y rocas máficas-ultramáficas.

Según Hauzenberger *et al.* (1996, 2001) y Sims *et al.* (1998), el basamento cristalino de la Sierra de San Luis está constituido por tres bloques principales separados por zonas de milonitas: 1) el bloque este (BE=Complejo Metamórfico Conlara) comprende gneises y migmatitas de alto grado; 2) el bloque central (BC=Complejo Metamórfico Pringles) cuyo grado metamórfico varía de facies esquistos verdes a anfíbolita, y localmente a facies granulita en la vecindad de los cuerpos máficos, se compone de filitas, micaesquistos, gneises, migmatitas, intercalaciones de cuerpos máficos-ultramáficos, cuerpos tonalíticos-granodioríticos y pegmatitas y, 3) el bloque oeste (BO=Complejo Metamórfico Nogolí) formado mayormente por ortogneises migmatíticos y gneises de alto grado con lentes de anfíbolitas.

En cuanto a los afloramientos ígneos máficos ultramáficos más estudiados hasta la fecha corresponden a Las Águilas, Las Higueras, Virorco, Escuela Las Pircas, El

Fierro, La Melada y La Gruta, todos ellos ubicados en el faldeo oriental de las Sierras de San Luis. La edad de las rocas ígneas ha sido considerada como precámbrica (Sabalúa *et al.* 1981). Más recientemente Sato *et al.* (2002) determinaron, en base a una isócrona Sm-Nd, una edad mesoproterozoica temprana (1502 ± 95 Ma) para las rocas máficas-ultramáficas del sector oeste de la Sierra de San Luis.

Sims y Skirrow (1997) y Pieters y Skirrow (1997) elaboraron informes geológicos y metalogénicos de toda el área de las sierras de San Luis con una clara interpretación del potencial económico de la región. La zona noroeste, valle de San Francisco del Monte de Oro y la Sierra de Socoscora, fueron estudiadas por Carugno Duran (1998, 2001) y Carugno Duran y Ortiz Suárez (2000). La geofísica de este sector de las sierras fue realizada por Kostadinoff *et al.* (2003) encontrándose que anomalías del campo gravitatorio y magnético, de gran extensión areal, estaban asociadas a afloramientos de rocas básicas.

Con el fin de examinar en profundidad las

características geológicas y estructurales de las unidades metamórficas e intrusivas del basamento de las sierras de San Luis y Comechingones, Chernicoff y Ramos (2003) analizan los mapas aeromagnéticos obtenidos en el convenio entre el SEGEMAR y el AGSO de Australia.

METODOLOGÍA

Las mediciones geofísicas incluyeron determinaciones gravimétricas, magnetométricas, de densidad y susceptibilidad magnética. Los valores del campo gravitatorio se obtuvieron con un gravímetro Worden, realizándose un perfil sobre la ruta 9, con un total de 20 estaciones medidas con una separación de 500 metros. Para la ubicación de las estaciones de medición y la altimetría necesaria para el cálculo de las anomalías de Bouguer se utilizaron mapas de la Dirección de Catastro de la Provincia de San Luis en escala 1: 20 000. La posición de las estaciones se obtuvo con posicionadores satelitales. El valor base de gravimetría se transportó del valor absoluto de la

plaza Pringles de la ciudad de San Luis (979401 miligales) el cual fue extraído del catálogo de estaciones gravimétricas del Observatorio Astronómico de La Plata (Mateo *et al.* 1976). La deriva instrumental del gravímetro se determinó realizando una observación de apertura y cierre en una subestación realizada en la localidad de La Carolina. La corrección topográfica no se consideró debido a que las estaciones se hallan ubicadas sobre una planicie y el efecto de las elevaciones (y depresiones) regionales afecta a todas por igual debido a la cercanía entre las mismas.

Los valores del campo magnético terrestre se determinaron con un magnetómetro de precesión protónica Geometric G-826. Para establecer las anomalías de este campo se consideró la variación diurna geomagnética para ello se realizó la apertura y cierre de las mediciones la estación inicial de este trabajo. Por la velocidad de la realización de este perfil (10 km) se verificó que la misma era despreciable menor de 5 nanoTeslas. Para obtener las anomalías magnéticas producidas por las rocas máficas-ultramáficas en el sector superior de la corteza terrestre se restó a las observaciones de campo el valor del *International Geomagnetic Reference Field* (IGRF).

Con las anomalías calculadas se construyeron los perfiles que fueron utilizados en la elaboración del modelo geofísico-geológico de esta área.

La densidad de las muestras de rocas fue determinada en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Carreteras de la Universidad Nacional del Sur. La susceptibilidad magnética de las rocas se midió in situ con un susceptibilímetro de inducción (marca Kappameter K-2).

RESULTADOS

De acuerdo a Sims y Skirrow (1997) el área de Pampa de las Invernadas se halla ubicada entre el Complejo Metamórfico Pringles y el Complejo Metamórfico Nogolí, pero en el sector donde se realizó el perfil gravimagnético son dominantes las intrusiones ordovícicas (granitoides). Por su parte, Sato *et al.* (2003) incluyen a esta zona

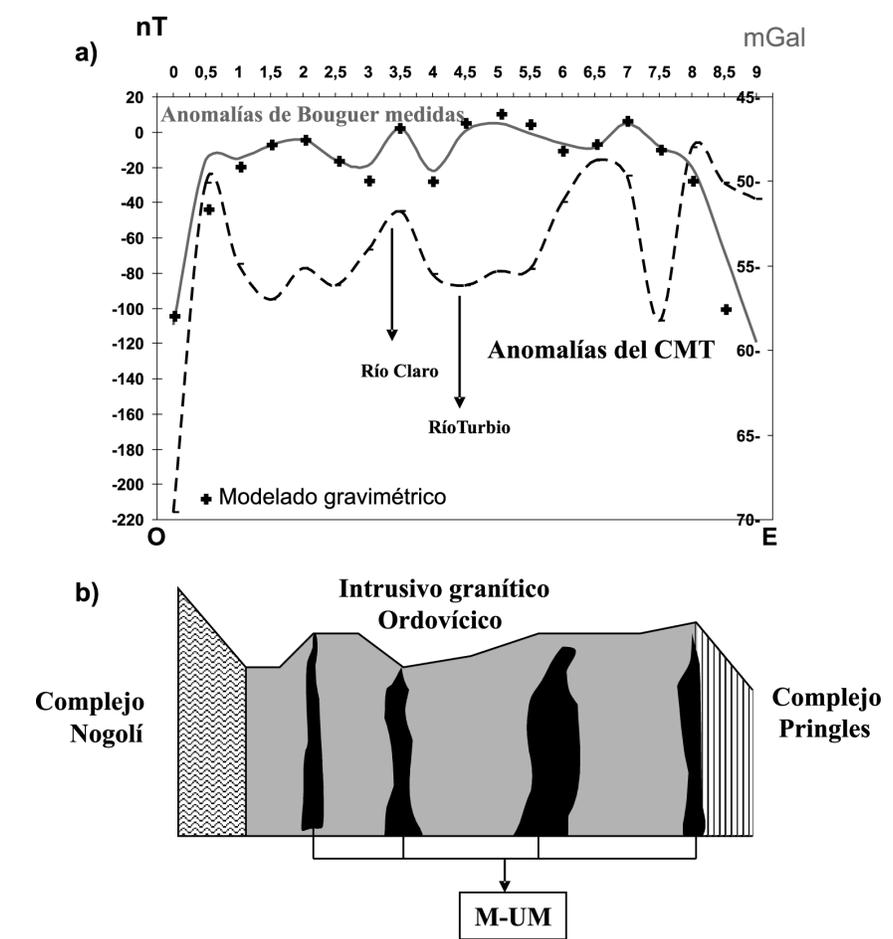


Figura 2: a) Anomalías gravimétricas de Bouguer medidas, anomalías del campo magnético terrestre (CMT) y modelado gravimétrico en el perfil realizado en la Pampa de las Invernadas; b) modelo geológico obtenido a partir de los datos medidos.

en el sector del Complejo Metamórfico Nogolí (Fig. 1).

Las anomalías gravimétricas residuales de Bouguer halladas en Pampa de las Invernadas son positivas y referidas a sus bordes llegan al valor +12 mGal (Fig. 2).

Los granitoides hallados en la zona del perfil tienen una densidad comprendida entre 2,53 a 2,63 gr/cm³ y las rocas del Complejo Metamórfico Pringles entre 2,71 a 2,73 gr/cm³. Por lo tanto el contraste de densidad promedio es de -0,04 gr/cm³, situación que implicaría anomalías gravimétricas residuales de Bouguer negativas. Además se debe considerar que estas se verían aumentadas en magnitud por isostasia considerando el espesamiento de corteza debido a la altura de esta región de la Sierra Grande de San Luis. Esta situación se presenta también en el sector noroeste

en las sierras de Socoscora, tal como lo expresaran Kostadinoff *et al.* (2003).

Por lo tanto siguiendo las conclusiones halladas en las sierras de Socoscora se elaboró un modelo de corteza superior en el cual las densidades encontradas en Pampa de las Invernadas se ajustan a las anomalías gravimétricas determinadas en este trabajo. Con el programa GeolinkTM se obtuvo un contraste de densidad teórico de +0,10 gr/cm³ referidas a las rocas de caja (Formación Nogolí) o sea una densidad promedio de 2,83 gr/cm³. Dado que la densidad de los granitoides ordovícicos es del orden de 2,63 gr/cm³, el contraste de densidad antes indicado puede ser atribuido a la presencia de inclusiones de rocas máficas y ultramáficas en dichos cuerpos (Fig. 3). Además, en el sector se ha reconocido la presencia de piroxenitas, gabroides, di-

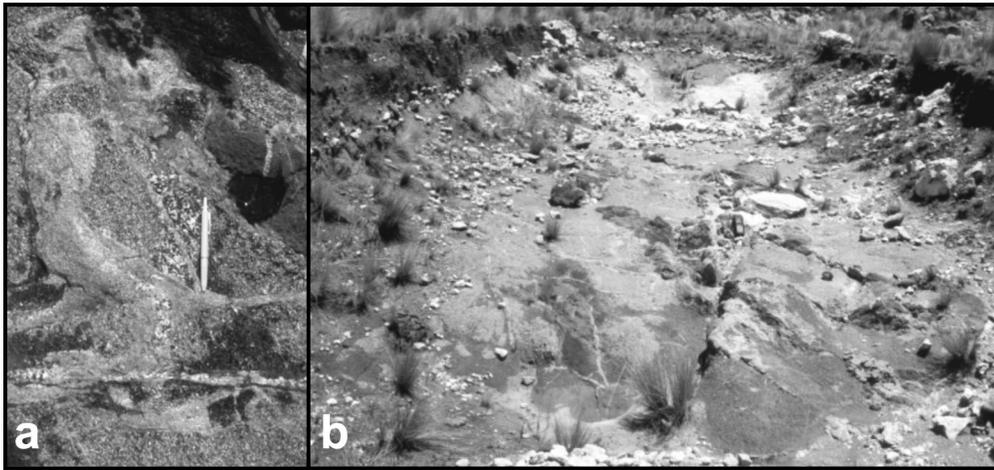


Figura 3: Afloramiento de rocas máficas con diferenciados pegmatoides.

ferenciados pegmatíticos máficos y metabasitas, éstas últimas ya descritas por Merodio *et al.* (1978). La densidad de las mismas varían entre 2,94 y 3,11 gr/cm³. Si la parte superior de la corteza terrestre tiene una densidad de 2,67 gr/cm³ y la hallada por el modelo Geolink™ es 2,83 gr/cm³ esto nos lleva a considerar un exceso de masa dentro de los granitoides debido a la intrusión rocas máficas y ultramáficas que podrían llegar hasta un 40 % de la roca total. Sobre el perfil gravimétrico de la figura 2 es posible ver oscilaciones de ± 1 a 2 mGal en coincidencia con los afloramientos que existen en esa zona. Merece destacarse que las anomalías del campo magnético terrestre acompañan a las gravimétricas. Anomalías entre 40 y 60 nT sugieren la existencia de bajas proporciones de minerales ferromagnéticos (magnetita y/o sulfuros). La susceptibilidad magnética observada en las rocas básicas se encuentra entre 0,000400 y 0,001500 SI, valores concordantes con los máximos de magnetismo medidos.

Los resultados obtenidos indican que la faja máfica-ultramáfica San Francisco del Monte de Oro -Villa de la Quebrada (Sato *et al.* 2003) tendría una expresión geofísica (anomalía gravimagnetométrica) de 7,5 km de ancho en el sector norte de Pampa de la Invernadas.

CONCLUSIONES

En este sector de la pampa de las Inver-

nadas se hallan afloramientos de rocas máficas-ultramáficas e inclusiones de las mismas en los cuerpos granitoides ordovícicos generando anomalías geofísicas mayores que +12 mGal y entre 80 y 200 nT. Por otra parte la densidad promedio de 2,83 gr/cm³ obtenida en base a las determinaciones realizadas sobre los granitoides ordovícicos (2,63 gr/cm³) y las rocas máficas-ultramáficas (2,94 y 3,11 gr/cm³), sugiere que la proporción de inclusiones de estas últimas en los cuerpos graníticos debe ser del orden del 40%.

El área de pampa de las Invernadas es potencialmente interesante desde el punto de vista económico debido a las anomalías gravimagnetométricas, las cuales sugieren la posibilidad de hallar en profundidad rocas máficas-ultramáficas similares a las del área de Río de Las Águilas en la porción sur de esta faja de rocas máficas-ultramáficas.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. G. Alvarez por su colaboración en el cálculo de las anomalías magnéticas. Al alumno de la carrera de Geología de la UNS Federico Gay por su apoyo en la campaña de observaciones geofísicas. Este trabajo fue financiado con fondos del proyecto PID N° 2479/00 del CONICET otorgado a JK y del proyecto 24/H085 de la SGCYT-UNS a EB.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Carugno Duran, A. 1998. Geología y Petrología de la Sierra de Socoscora. Provincia de San Luis. República Argentina. 2° Congreso Uruguayo de Geología, Actas: 108-112, Punta del Este.
- Carugno Duran, A. y Ortiz Suarez, A., 2000. The news evidence evidence of precambrian island arc in the Pampeanas Orientales terranes, Argentina. 31° International Geological Congress, Actas CD-ROM, Río de Janeiro.
- Carugno Duran, A. 2001. Estudio preliminar de un arco magmático proterozoico superior en la sierra de Socoscora-San Luis. República Argentina. 11° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Uruguayo de Geología, Actas CD-ROM, trabajo 214, Montevideo.
- Chernicoff, C.J. y Ramos, V.A. 2003. El basamento de las Sierras de San Luis: nuevas evidencias magnéticas y sus implicancias tectónicas. Revista de la Asociación Geológica Argentina 58(4): 511-524.
- Gervilla, F., Sanchez-Anguita, A., Acevedo, R.D., Fenoll Hach-Alí, P. y Paniagua, A. 1997. Platinum-group element sulpharsenides and Pd bismuthotellurides in the metamorphosed Ni-Cu deposit at Las Águilas (province of San Luis, Argentina). Mineralogical Magazine 61: 861-877.
- Hauzenberger, Ch., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E. A. y Kostadinoff, J. 1996. Granulite facies metamorphism in crystalline basement and ultramafic rocks in the Sierras Pampeanas Range, Province os San Luis, Argentina. Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft 141: 110-111.
- Hauzenberger, Ch., Mogessie, A., Hoinkes, G., Fel-

- fernig, A., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Delpino, S. y Dimieri, L. 2001. Metamorphic evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: granulite facies metamorphism related to mafic intrusions. *Mineralogy and Petrology* 71: 95-126.
- Kilmurray, J. O. y Villar, L. M. 1981. El basamento de la Sierra de San Luis y su petrología. En Yrigoyen, M. (ed.) *Geología y recursos naturales de la provincia de San Luis*, 8° Congreso Geológico Argentino, Relatorio 33-54, San Luis.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Raniolo, A. y Santiago, E. 2003. Anomalías del campo gravitatorio y magnético terrestre en la sierra de Socoscora, provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(4): 505-511.
- Linares, E. y Latorre, C. 1973. Nuevas edades radiométricas por el método potasio-argón de rocas graníticas de Córdoba y San Luis. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas: 405-410, Buenos Aires.
- Malvicini, L. y Brogioni, N. 1996. Las Águilas Este Deposit: shear zone hosted hydrothermal Cu-Ni sulfide and platinum-group elements mineralization in the mafic-ultramafic complex of San Luis Range, Argentina. *Geology and Ore Deposits of the American Cordillera, Symposium Proceedings, 1475-1485*, Reno.
- Mateo, J., Levin, E., Cabrera, A.L., Gudoias, B., Font, G. y Mateo, A.J. 1976. Catálogo general de estaciones gravimétricas. Observatorio Astronómico. Universidad Nacional de La Plata. Serie Geodésica 9, 118 p., La Plata.
- Merodio, J.C., Dalla Salda, L.H. y Rapela, C.W. 1978. Estudio petrológico y geoquímico preliminar del cuerpo básico de la región de San Francisco del Monte de Oro, provincia de San Luis. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 33(2): 122-138.
- Ortiz Suarez, A., Prozzi, C. y Llambías, E.J. 1992. Geología de la parte sur de la Sierra de San Luis y granitoides asociados, Argentina. *Estudios Geológicos* 48: 269-277.
- Pastore, F. y Gonzalez, R.R.L., 1954. Descripción geológica de la Hoja 23g. San Francisco. San Luis. Servicio Geológico Nacional, Boletín 80, 61 p., Buenos Aires.
- Pieters, P. y Skirrow, R. 1997. Informe geológico y metalogenético de las sierras de San Luis y Comechingones, provincia de San Luis y Córdoba. Servicio Geológico Minero Argentino. Proyecto de Cooperación Argentino-Australiano, 129 p., Buenos Aires.
- Rapela, C.W., Pankhurst, R.J., Casquet, C., Baldo, E., Saavedra, J. y Galindo, C. 1998. Early evolution of the Proto-Andean margin of South America. *Geology* 26: 707-710.
- Sabalúa, J., Chabert, M. y Santamaría, G. 1981. Mineralización de sulfuros de hierro, cobre y níquel, en el cuerpo básico de Las Águilas, Provincia de San Luis. 8° Congreso Geológico Argentino, Actas 4: 497-507, San Luis.
- Sato, A.M., Gonzalez, P.D. y Llambías, E.J. 2003. Evolución del orógeno Famatiniano en la sierra de San Luis: magmatismo de arco, deformación y metamorfismo de bajo y alto grado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(4): 487-504.
- Sims, J. y Skirrow, R. 1997. Report on 1:100 000 Scale Geological and Metallogenic Maps. Sheet 3366-15. Province of San Luis. Servicio Geológico Minero Argentino. Proyecto de Cooperación Argentino-Australiano, 58 p., Buenos Aires.
- Sims, J.P., Ireland, T.R., Camacho A., Lyons, P., Pieters, P.E., Skirrow, R.G., Stuart-Smith, P.G. y Miró R. 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina. En Pankhurst, R. y Rapela C. (eds.) *Implications for the Paleozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin, implications for the Proto-Andean margin of Gondwana*. Geological Society, Special Publication 142: 259-281, London.
- Von Gosen, W., Loske, W. y Prozzi, C. 2002. New isotopic dating of intrusive rocks in the Sierra de San Luis (Argentina): implications for the geodynamic history of the Eastern Sierras Pampeanas. *Journal of South American Earth Sciences* 15: 237-250.

Recibido: 26 de noviembre, 2009

Aceptado: 10 de agosto, 2010