

PROSPECCIÓN GEOFÍSICA DE LAS ROCAS MÁFICAS - ULTRAMÁFICAS DEL
ÁREA SAN JOSÉ - SECTOR NE DE LAS SIERRAS DE SAN LUIS

Jose Kostadinoff², Ernesto Bjerg¹⁻², Aberra Mogessie³ y Ariel Raniolo⁴

¹INGEOSUR (CONICET-UNS)

²Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Argentina. E-mail: gfkostad@criba.edu.ar

³Institute of Earth Sciences, Karl Franzens University, Universitätsplatz 2, A8010- Graz, Austria.

⁴ CONICET - Departamento de Ingeniería, Universidad Nacional del Sur, Av. Alem 1253, B8000ICN Bahía Blanca, Argentina.

Resumen

El afloramiento de rocas máficas-ultramáficas denominado San José se halla emplazado en el noreste de la localidad de La Carolina en la Sierras Grande de San Luis. La exploración geofísica de este afloramiento presenta numerosos problemas debido a su estructura y a su composición mineralógica. Los métodos de autopotencial fueron utilizados en la investigación de mineralizaciones de sulfuros polimetálicos. Se emplearon varios métodos para confirmar o desechar la presencia de minerales de interés minero. En esta investigación se interrelacionó los resultados de las prospecciones de autopotencial, gravimetría, radiación gama, susceptibilidad magnética y magnéticas. El análisis de los perfiles mostró la existencia de anomalías del campo magnético terrestre debido a rocas de alta susceptibilidad por la presencia de moderadas concentraciones de magnetita. Los análisis geoquímicos de las rocas superficiales indican la casi nula existencia de sulfuros lo cual se correlaciona con las bajas anomalías de autopotencial asumiendo que en el yacimiento no se hallaron en superficie sulfuros ó grafito.

Abstract

The outcrop of mafic-ultramafic rocks denominated San José is located northeast of La Carolina town in the Sierra Grande of San Luis. The geophysical exploration of this outcrop presents numerous problems due to its structure and mineralogical composition. Selfpotential methodology is used in the location of polymetalic sulphide mineralisations, but they need of the concurrence of other geophysical methodologies to solve the problem due to the presence of other minerals of low mining interest. The results of this investigation are based on the applications of prospectings of selfpotential, gravimetric, gamma ray radiation, magnetic and magnetic susceptibility. An analysis of the profiles indicated the areas where rocks have high magnetic susceptibility due to the presence of magnetite. Geochemical analysis of the superficial rocks indicates the absence of sulphides, which is correlated with the low selfpotential anomalies.

Introducción

De los tres bloques del basamento cristalino de la Sierra de San Luis sólo se ha explorado el sector sur del Bloque Central denominado Complejo Metamórfico Pringles (Sims and Skirrow, 1997; Hauzenberger et al., 2001), (Fig. 1). Las rocas máficas-ultramáficas forman un conjunto de afloramientos discontinuos que se disponen a lo largo del centro de este Bloque. Esta faja se extiende en dirección NNE-SSO a lo largo de aproximadamente 70 km,

concordantemente con la estructura regional dominante en este sector de la sierra (Figura 1). Los cuerpos más destacados son los ubicados al sur, los cuales se hallan asociados a una extensa anomalía gravimétrica que integra los afloramientos de las localidades de El Durazno, Las Águilas, Las Higueras, Virorco, El Fierro y La Bolsa (Kostadinoff et al., 1998b). Hacia el norte, continuando la faja de rocas máficas-ultramáficas, se hallan los afloramientos de Las Meladas, Piedra del Agua, San José, San Pedro, Almacén El Puestito y La Jovita, véase la descripción geológica del Boletín de la Dirección Nacional de Minería realizada por Pastore y González (1954).

Numerosos entes estatales y privados orientaron sus estudios hacia la determinación de la factibilidad económica de explotación de los sulfuros polimetálicos (Cu, Ni y Co), minerales de Cr y las concentraciones anómalas de metales del grupo del Platino (Pd, Pt, Os, Ir y Rh) en esta faja de rocas máficas-ultramáficas, particularmente en el área de Las Águilas. Entre las investigaciones más relevantes caben destacarse los trabajos de la Dirección General de Fabricaciones Militares (DGFM) realizados en las décadas del '70 y '80 (Sabalúa *et al.*, 1981 y Sabalúa, 1986), el Proyecto de Cooperación Argentino Australiano del Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR) para el mapeo geocientífico de las Sierras Pampeanas a fines de los '90 (Sims y Skirrow, 1997 y Sims *et al.*, 1998).

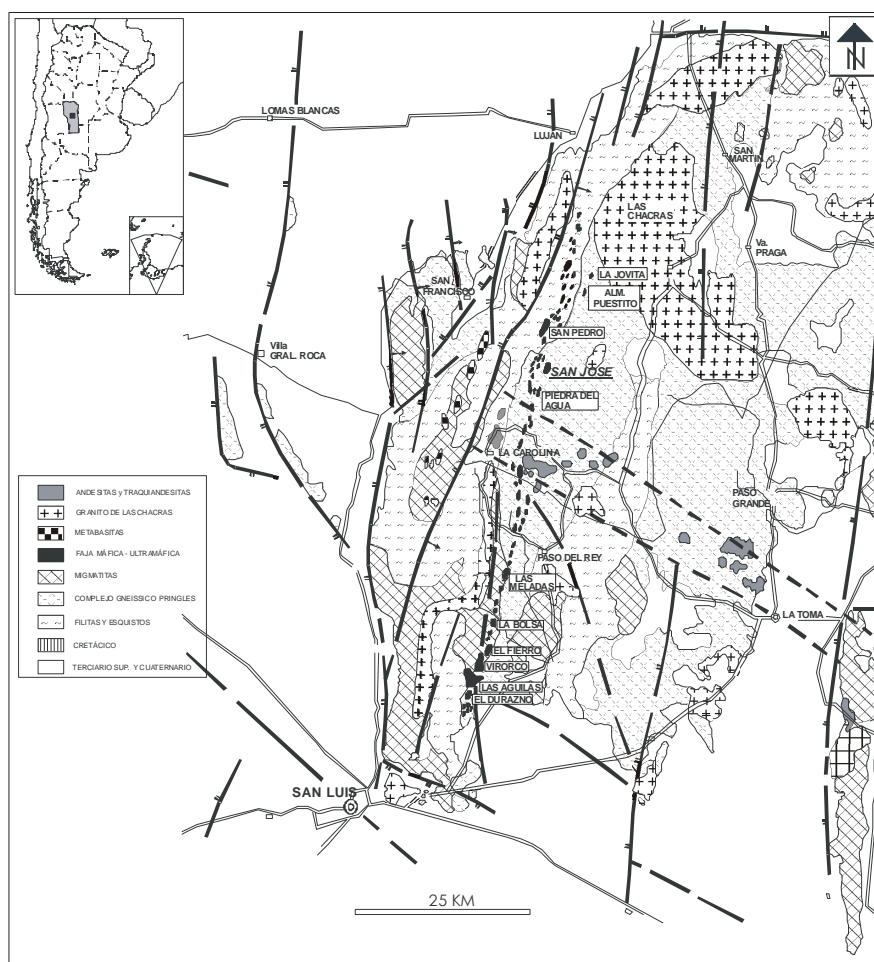


Figura 1: Mapa de los afloramientos de rocas máficas-ultramáficas de las Sierras de San Luis.

En los últimos cinco años varias empresas mineras han realizado prospecciones geofísicas y geológicas culminando en perforaciones de las cuales aún no se conocen resultados

Un considerable número de investigadores del país y del exterior han realizado estudios geológicos y geofísicos sobre las rocas máficas-ultramáficas y su entorno ígneo-metamórfico. Entre las publicaciones más sobresalientes caben mencionarse las contribuciones de Bjerg *et al.* (1996), Kostadinoff *et al.* (1998a-b), Chernicoff y Ramos (2003), Kostadinoff *et al.* (2004) y Kostadinoff *et al.* (2005).

Debido a los excelentes resultados logrados en la detección de sulfuros en la zona de Virorco y La Bolsa, Kostadinoff *et al.* (2005), se resolvió estudiar uno de los afloramientos más significativos en el extremo norte de las sierras Grandes de San Luis, Fig. 1. El área seleccionada se encuentra a 14 km al noreste la localidad de La Carolina y en cercanías del paraje denominado Piedra de Agua.

Como herramienta de prospección geofísica se utilizó el método de autopotencial, complementado con observaciones del campo gravitatorio y magnético terrestre y mediciones de radiación total gama y susceptibilidad magnética de las rocas máficas - ultramáficas. Las densidades de las rocas más conspicuas se determinaron en los laboratorios de la Universidad Nacional del Sur, valores que fueron utilizados para elaborar modelos gravimétricos que dimensionen en profundidad este afloramiento.

Metodología geofísica

Para estudiar el desarrollo, profundidad y ancho de las rocas máficas-ultramáficas de un sector que se halla en medio de rocas migmatíticas y gneises del bloque Central se realizaron dos perfiles gravimétricos. Estos se lograron con una observación cada 10 metros a lo largo de una extensión de 160 metros. Las determinaciones del campo magnético terrestre ejecutadas en las mismas posiciones que las gravimétricas, sirvieron para ubicar las anomalías que producen minerales como los sulfuros (pirrotina) y óxidos (magnetita) en las zonas de alteración o contacto con las rocas de caja. Una vez dimensionados los cuerpos, se procedió a levantar perfiles de autopotencial para determinar las áreas donde se ubican los mayores valores de voltaje negativo indicativo de altas concentraciones de sulfuros. Se complementó este trabajo con mediciones de susceptibilidad magnética de las rocas de la región (mineralizadas y de caja) para ajustar el cálculo de los modelos geológicos.

Las secciones magnéticas se realizaron con magnetómetros de precesión protónica del tipo Geometric y los perfiles de autopotencial con un equipo marca ABEM Terrameter SAS 300C. Para este último se utilizaron electrodos rellenos de una solución de SO₄Cu saturada para evitar la polarización que perturbaría las mediciones.

Las ubicaciones geográficas de los perfiles y estaciones a relevar fueron establecidas con un navegador GPS marca Garmin. Una vez medido el campo magnético terrestre se le sustrajo el campo del núcleo modelado por IGRF (International Geomagnetic Reference Field), definiendo así las anomalías magnéticas correspondientes.

Los análisis geoquímicos para hallar la concentración de elementos mayoritarios y minoritarios con el fin de compararlos con los resultados geofísicos fueron realizados en Activation Laboratorios Inc. de Canadá.

Resultados

Debemos señalar que el cuerpo de San José forma parte de una serie de afloramientos lenticulares que ocupan la parte norte de la faja de rocas máficas-ultramáficas del Bloque Central (Fig. 1 y 2a). Estos cuerpos están enmarcados por una caja gnéisica-migmatítica de alto grado que grada externamente en sentido E-O a micaesquistos y filitas. Toda la secuencia basamental presenta intensa deformación dúctil, desarrollada sobre el gradiente metamórfico previo atribuido al emplazamiento de los cuerpos máfico-ultramáficos (Delpino *et al.*, 2001). La mayor densidad y el bajo contenido de elementos radiactivos de las rocas máficas y ultramáficas referidos a las rocas de caja hicieron fácil el dimensionamiento de estos intrusivos aún cuando se hallan cubiertos por sedimentos modernos. Esto ya ha sido determinado y probado en el sector sur de la faja de rocas máficas y ultramáficas en la zona de Virorco - Las Águilas, Kostadinoff *et al.* (1998a).

En el paraje denominado San José se observa que la intensidad de radiación gama disminuye cuando se incrementa la anomalía gravimétrica de Bouguer confirmando la existencia de una signatura mantélica para estos afloramientos, Figura 3a. Asimismo esto es verificado por los análisis geoquímicos que indican bajas concentraciones de elementos como el U (0,1 a 0,22 ppm), Th (0,54 a 0,66 ppm) y K (0,16 a 0,35%).

Es destacable el pequeño incremento de la anomalía de Bouguer (Figura 3a) sobre el afloramiento de rocas máficas, menor de 1,2 mGal, que permite postular que el volumen de roca de este cuerpo es muy pequeño, posiblemente una escama tectónica. Sirva de comparación que en el caso del cuerpo de Virorco -Las Águilas cuyo desarrollo verificado por perforaciones es mayor de 350 metros de profundidad la anomalía gravimétrica es mayor a 15 mGal (Bjerg *et al.*, 1996).

En la Figura 3b es posible ver como la susceptibilidad magnética está asociada a los afloramientos de las rocas máficas con picos de hasta 0,001500 SI. Los bordes oeste y este, con valores menores de 0,000700 SI, corresponden a las rocas de caja (complejo gnéisico). Aquí se hace notable la diferencia con los valores de susceptibilidad hallados en el cuerpo de Virorco-Las Águilas, 0,000400 SI para los cuerpos máficos-ultramáficos (sin mineralización) y de 0,001500 SI para las rocas de caja (Kostadinoff *et al.* 1998^a y 1998^b). Por lo tanto este tipo de anomalía sólo puede ser atribuida a la existencia de moderadas cantidades de magnetita en el cuerpo de rocas máficas de San José.

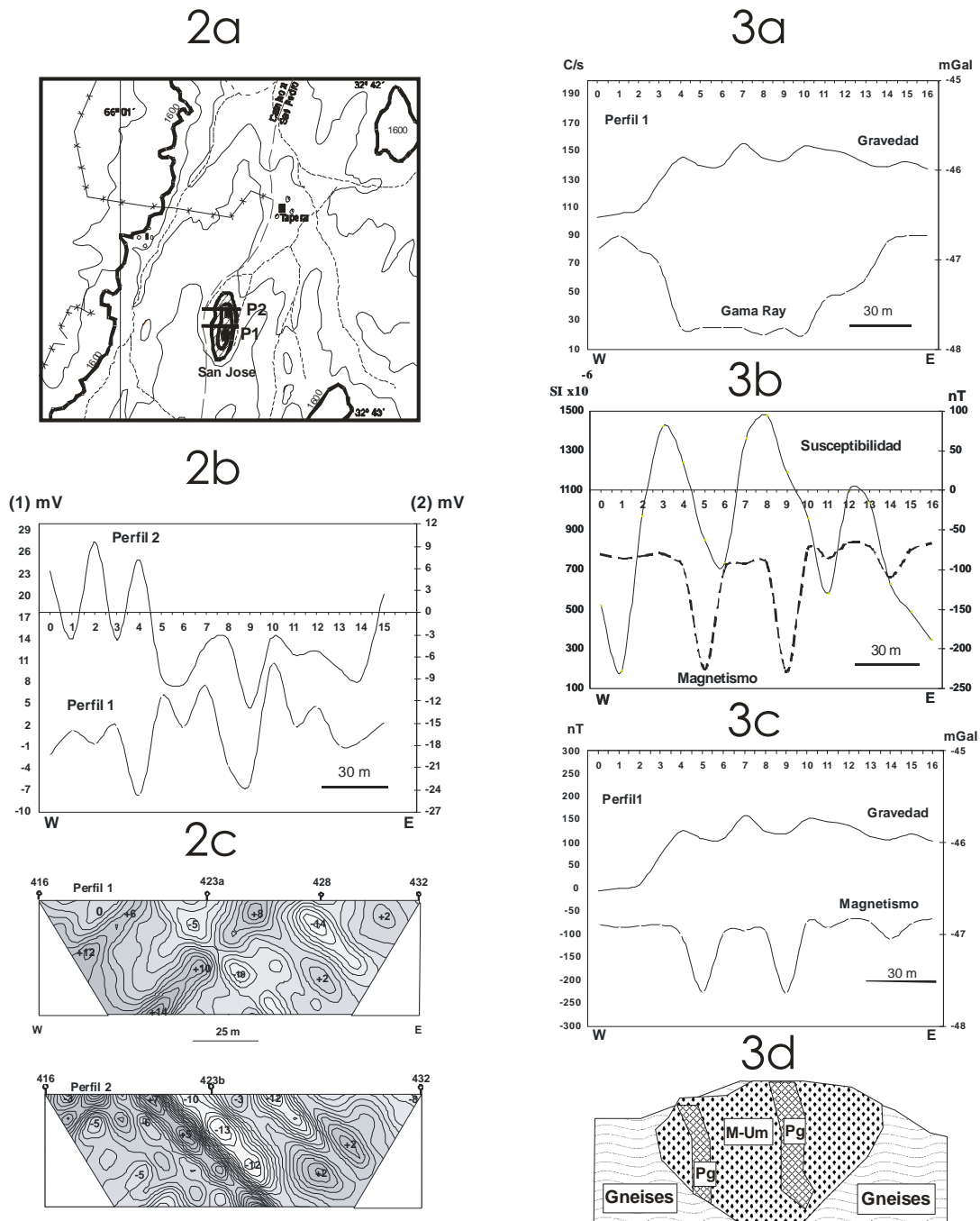
Los perfiles de anomalías de gravedad (Bouguer) y magnetismo (Figura 3c) muestran en las estacas número 5, 9 y 14 una gran correlación; allí se ubican los mínimos gravimétricos con los mínimos magnéticos. Esto se corresponde con la ubicación de diques pegmatíticos similares a los hallados en esta faja en el afloramiento de La Bolsa (Kostadinoff *et al.*, 2005) donde se determinó que cuanto menor es la concentración de minerales máficos menor es la anomalía magnética.

Las observaciones de autopotencial realizadas en el intrusivo de La Bolsa (Kostadinoff *et al.*, 2005), dieron valores muy negativos (menores de -50 mV) asociadas a concentraciones de sulfuros de más del 1 %, situación que no se repitió en esta investigación del afloramiento.

Los análisis geoquímicos en las rocas máficas de San José indican bajas concentraciones de S (< de 0,001 a 0,092 %) en coincidencia con los valores altos de autopotencial, mayores de -12 mV, véase Figuras 2b donde se representan los perfiles 1 y 2.

Para determinar los valores de autopotencial en profundidad se utilizó la misma metodología de medición que en el caso de Virorco y La Bolsa (Kostadinoff *et al.*, 2005). En ambas secciones de autopotencial, Figura 2c, se observa en profundidad una similitud en la

geometría de los valores positivos y negativos. Los valores negativos en superficie coinciden con los afloramientos de las rocas máficas y las positivas con las rocas de caja y pegmatitas que las atraviesan. Los valores negativos en el afloramiento de rocas máficas de San José es cinco veces menor que los hallados en Virorco y La Bolsa por Kostadinoff *et al.* (2005). Por lo tanto son sólo un indicio de la presencia de óxidos de Fe y alteraciones con nulo contenido de sulfuros.



Figuras 2 y 3: Relaciones geofísicas parametrales y modelo geológico-geofísico

Conclusiones

La radiactividad medida sobre los afloramientos de rocas máficas ultramáficas de esta área indican que son rocas mantélicas lo cual es verificado por los análisis geoquímicos (bajos contenidos de U y Th).

Las anomalías gravitatorias de Bouguer halladas en los perfiles realizados sobre este afloramiento son muy pequeñas (menores de 1 mGal) lo que implica un desarrollo en profundidad muy pobre.

Las anomalías magnéticas en las zonas de los afloramientos de rocas máficas ultramáficas se correlacionan con las anomalías gravimétricas de Bouguer permitiendo identificar los lugares donde se encuentran (por defecto) los cuerpos pegmatoideos.

Los valores de autopotencial son muy pequeños, lo que indica una muy baja concentración de sulfuros situación esta que es verificada por los análisis geoquímicos, donde el S se encuentra en concentraciones menores de 0,1 %.

Se concluye, en base a estos estudios geofísicos, que este cuerpo (Figura 3d) tiene un nulo interés prospectivo para evaluar la presencia de sulfuros polimetálicos.

Agradecimientos

A la Dra. Guillermina Alvarez por 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 por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), proyecto PID N° 2479/00.

Trabajos citados en el texto

Bjerg, E., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Stumpfl, E. y Hauzenberger, Ch., 1996.

Faja de rocas ultramáficas de las sierras de San Luis nuevo hallazgo de minerales del grupo del platino. III Jornadas de Mineralogía, Petrografía y Metalogénesis de rocas máficas y ultramáficas. Instituto de Recursos Naturales. Universidad Nacional de La Plata. Actas. Publicación N° 5: 303-310. La Plata.

Chernicoff, C. J. y Ramos, V., 2003. El basamento de la Sierra de San Luis: Nuevas evidencias magnéticas y sus implicaciones tectónicas. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 58 (4): 511-524.

Delpino, S., Dimieri, L., Bjerg, E., Kostadinoff, J., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch. y Felfernig, A., 2001. Geometrical analysis and timing of structures on mafic-ultramafic bodies and high-grade metamorphic rocks, Sierras Grandes of San Luis, Argentina. Journal of South American Earth Science, 14 (1): 101-112.

Hauzenberger, A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Felfernig, A., Bjerg, E.A., Kostadinoff, J., Delpino, S. and Dimieri, L., 2001. Metamorphic evolution of the Sierras de San Luis, Argentina: Granulate facies Metamorphism related to mafic intrusions. Hauzenberger, Mineralogy and Petrology (71), 95-126.

Kostadinoff, J., Bjerg, E., Delpino, S., Dimieri, L., Raniolo, A., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch. y Felfernig, A., 1998a. Anomalías geofísicas en rocas máficas-ultramáficas de las Sierras Grandes de San Luis, Argentina. IV Reunión de Mineralogía y Metalogénesis. IV Jornadas de mineralogía y Petrografía, Metalogénesis de rocas Máficas y Ultramáficas: 139-146. Bahía Blanca, Argentina.

Kostadinoff, J., Bjerg, E., Delpino, S., Dimieri, L., Mogessie, A., Hoinkes, G., Hauzenberger, Ch. y Felfernig, A., 1998b. Geophysical anomalies in the Sierras Pampeanas of San Luis,

- Argentina. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 53 (4): 549-552.
- Kostadinoff, J., Bjerg, E., Mogessie, A., Raniolo, A., Alvarez, G. y Santiago, E., 2004. Métodos geofísicos utilizados en la prospección geofísica del yacimiento de Las Águilas, provincia de San Luis. Revista Asociación Geológica Argentina, 59 (1): 121-128.
- Kostadinoff, J., Delpino, S., Bjerg, E., Mogessie, A., Raniolo, A., Arrese, M. y Ferracutti, G., 2005. Prospección geológica y geofísica de sulfuros en el área de Virorco-La Bolsa, provincia de San Luis. Revista Asociación Geológica Argentina, 60 (3): 559-566.
- Pastore, F. y González, R.R.L., 1954. Descripción Geológica de la Hoja 23g, San Francisco (San Luis). Boletín 80. Dirección Nacional de Minería. Buenos Aires.**
- Sabalúa, J., Chabert, M. y Santamaría, G., 1981. Mineralizaciones de sulfuros de Hierro, Cobre y Níquel en el cuerpo básico de Las Águilas, provincia de San Luis. VIII Congreso Geológico Argentino. Actas 4: 497-507. San Luis.
- Sabalúa, J., 1986. El yacimiento de níquel-cobre-cobalto de Las Águilas, provincia de San Luis. Informe Final de la Dirección General de Fabricaciones Militares: 32 p. Mendoza. (Inédito).
- Sharma, P., 1986. Geophysical Methods in Geology. Prentice Hall. Chapter 6: 290-292. New Jersey.
- Sims, J. and Skirrow, R., 1997. Report on 1:100 000 Scale Geological and Metallogenic Maps. Sheet 3366-21. Province of San Luis. Servicio Geológico Minero Argentino. 59 p.. Buenos Aires.
- Sims, J., Ireland, T., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P., Skirrow, R., Stuart-Smith, P. and Miró, R., 1998. U-Pb, Th-Pb and Ar-Ar geochronology from the southern Sierras Pampeanas, Argentina: implications for the Palaeozoic tectonic evolution of the western Gondwana margin. In: Pankhurst, R. and Rapela, C. (ed.) The Proto-Andean Margin of Gondwana. Geological Society, London, Special Publication, 142: 259-281.